

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние параметров режима аргонодуговой сварки одиночными импульсами тока на конструктивные размеры сварных соединений

УДК 621.791.754'293.01

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Пушкарёв Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Скрипко С.И.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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

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

ПРИКАЗ

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ 10.12.2021 А.А. Першина
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ВКР бакалавра
(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Пушкарёву Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Влияние параметров режима аргонодуговой сварки одиночными импульсами тока на конструктивные размеры сварных соединений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.12.2021 №343-10/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	2.06.2022
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Изучить влияние режима аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на геометрические параметры сварных стыковых соединений между пластинами циркония марки Э110 и между пластинами нержавеющей стали 12Х18Н10Т.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы на предмет особенностей процесса сварки циркониевых сплавов, нержавеющей аустенитных хромоникелевых сталей, а также особенностей сварки неплавящимся электродом в импульсном режиме 2. Обзор свариваемых материалов 3. Анализ способов сварки 4. Выбор сварочных материалов 5. Анализ влияния параметров режима сварки на размеры сварных соединений 6. Проведение экспериментов по влиянию силы тока и времени импульса на конструктивные размеры сварных соединений между пластинами циркония толщиной 0,5 мм 7. Проведение экспериментов по влиянию формы импульса на сварные соединения между пластинами стали 12Х18Н10Т толщиной 0,8 мм 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 9. Социальная ответственность 10. Заключение
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Фотографии шлифов</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1-7, 10 пп.</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>
<p>8. Финансовый менеджмент, и ресурсосбережение</p>	<p>Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН ШБИП</p>
<p>9. Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева И.И., Старший преподаватель ООД ШБИП</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>9.12.2021</p>
--	------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p> <p>1В81</p>	<p>ФИО</p> <p>Пушкарёв Алексей Сергеевич</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
---------------------------	--	----------------	-------------

Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Пушкарёву Алексею Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 рублей Оклад инженера – 10000 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент руководителя 15% Премимальный коэффициент инженера 13% Районный коэффициент 30% Накладные расходы 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	19.04.2022
--	------------

Задание выдал:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	Профессор, д.э.н.		19.04.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Пушкарёв А.С.		29.04.2022

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа		ФИО	
1В81		Пушкарёву Алексею Сергеевичу	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образован ия	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.01 Машиностроение: Оборудование и технология сварочного производства

Тема ВКР:

Влияние параметров режима аргонодуговой сварки одиночными импульсами тока на конструктивные размеры сварных соединений	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования: стыковые сварные соединения между пластинами циркония Э110 и между пластинами стали 12Х18Н10Т.</i></p> <p><i>Область применения: сварка</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория</i></p> <p><i>Размеры помещения: 20*20 м</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: компьютер, источник питания, осциллограф, амперметр, вольтметр, установка для сварки, камера,</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: изучение влияния параметров режима сварки одиночными импульсами на конструктивные параметры сварных соединений.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 28.06.2021)</p> <p>ГОСТ 22902-78. Система «человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.</p> <p>ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).</p> <p>СП 2.2.3670-20. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые: повышенным уровнем общей вибрации.</p>

	<p>2. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.</p> <p>3. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума.</p> <p>5. Производственные факторы, связанные со световой средой отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений, повышенная яркость света.</p> <p>6. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (токсические жидкости, предназначенные для обезжиривания поверхности металла, травления поверхности металла, газ - аргон), представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования.</p> <p>7. Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, такие как физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.</p> <p>Опасные факторы:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести струи жидкости (капли расплавленного металла), воздействующие на организм работающего при соприкосновении с</p>
--	---

	<p>ним;</p> <p>2. Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека;</p> <p>3. Факторы, связанные с неподвижными режущими, колющими, обдирающими, разрывающими (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) частями твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ними;</p> <p>4. Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека;</p> <p>5. Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p> <p>6. Факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: защитная маска сварщика, респираторы, костюмы изолирующие, защитная обувь, перчатки.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: предприятие относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Санитарно-защитная зона не требуется.</p> <p>Воздействие на литосферу: твёрдые отходы (огарки вольфрамового электрода, листы свариваемой стали, офисная бумага и т.д.);</p> <p>Воздействие на гидросферу: жидкие отходы (бытовые отходы);</p> <p>Воздействие на атмосферу: газообразные отходы (аргон, углекислый газ, пыль, аэрозоли окисей металлов и т.д.)</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом</p>

	<p>оборудовании промышленных объектов, аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей, аварии на электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов;</p>
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.02.2022
---	------------

Задание выдал:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Пушкарёв Алексей Сергеевич		1.04.2022

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 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

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 22.06.2022

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.02.2022	1. Литературный обзор	10
05.03.2022	2. Обзор свариваемых материалов	5
10.03.2022	3. Обзор способов сварки	10
20.03.2022	4. Обзор сварочных материалов	10
01.04.2022	5. Анализ влияния параметров режима сварки на размеры сварных соединений	10
08.04.2022	6. Влияние силы тока на сварные соединения циркония	10
25.04.2022	7. Влияние времени импульса на сварные соединения циркония	10
27.05.2022	8. Влияние времени и формы импульса на сварные соединения стали 12X18H10T	10
29.05.2022	9. Финансовый менеджмент	10
29.05.2022	10. Социальная ответственность	10
30.05.2022	11. Заключение	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		1.01.2022

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Скрипко С.И.			1.01.2022

СОГЛАСОВАНО:**Руководитель ООП**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	к.т.н.		1.01.2022

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Пушкарев Алексей Сергеевич		1.01.2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа 111 с., 14 рис., 28 табл., 28 источников.

Ключевые слова: аргодуговая сварка, цирконий, сварка в защитных газах, импульсный режим, аргодуговая сварка неплавящимся электродом.

Объектом исследования является: процесс дуговой сварки неплавящимся электродом одиночными импульсами в среде защитного газа аргона.

Предмет исследования – зависимость конструктивных параметров сварных соединений от изменения параметров режима сварки.

Цель работы – выявить влияние параметров режима аргодуговой сварки неплавящимся электродом в импульсном режиме на конструктивные параметры сварных соединений между пластинами циркония толщиной 0,5 мм и между пластинами стали 12Х18Н10Т толщиной 0,8 мм.

В процессе исследования были изучены особенности сварки циркония и нержавеющей хромоникелевых сталей и свойства данных материалов.

Проведено сравнение существующих способов сварки с исследуемым.

В результате работы было выявлено закономерности влияния параметров режима сварки на конструктивные параметры сварных соединений. Также был выявлен и устранён недостаток данного способа сварки – образование кратера в центре сварной точки.

Область применения: данный способ сварки может применяться во многих отраслях промышленности, например, в атомной, авиационной, космической, а также химической промышленности.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

режимы сварки: Основные физические показатели, которые определяют весь ход процесса сварки металла и устанавливаются, опираясь на исходные данные.

сварка: Процесс получения неразъёмного соединения посредством возникновения межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

сварное соединение: Неразъёмное соединение, выполнение сваркой, имеющее три характерные зоны, которые образуются в процессе сварки: зона сварного шва, зона сплавления изделий и зона термического влияния, а также основная часть металла, прилегающая к зоне термического влияния.

сварочное оборудование: Машины, аппараты и приспособления, необходимые для изготовления из заготовок сварных изделий.

дефекты: Любые отклонения от заданных нормативными документами параметров соединений при сварке, образовавшиеся вследствие нарушения требований к сварочным материалам, подготовке, сборке и сварке соединяемых элементов, термической и механической обработке сварных соединений и конструкции в целом.

сварная точка: Элемент точечного шва, представляющий собой в плане круг или эллипс.

цилиндричность: Отношение нижнего диаметра сварной точки к верхнему.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

PCGTAW – Pulsed Current Gas Tungsten Arc Welding – дуговая сварка вольфрамовым электродом в импульсном режиме;

ВАХ – вольтамперная характеристика;

КПД – коэффициент полезного действия;

НТИ – научно-техническое исследование;

D – верхний диаметр сварной точки, расположенный на пластине со стороны горелки, мм;

d – нижний диаметр сварной точки, расположенный на пластине обратной стороны горелки, мм;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 23949-80 «Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия»
- ГОСТ 10157-79 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия»
- ГОСТ Р ИСО 15614-5-2009 «Дуговая сварка титана, циркония и их сплавов»
- ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»
- ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности»
- СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение»
- ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
- СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
- СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения»

- Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».
- СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
- Приказ Минтруда России № 884н от 11 декабря 2020 г Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ.
- ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
- ГОСТ 12.1.019-2017 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека.
- Р 2.2.2006-05 ГИГИЕНА ТРУДА. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
- СП 51.13330.2011 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
- ГОСТ 17.0.0.01-76 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов Основные положения.
- СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Оглавление

Реферат	13
Определения, сокращения и нормативные ссылки	14
Оглавление	17
Введение.....	21
1 Обзор литературы	23
2 Обзор свариваемых материалов	24
2.1 Цирконий.....	24
2.2 Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т	25
3 Анализ способов сварки	26
3.1 Ручная дуговая сварка.....	26
3.2 Электронно-лучевая сварка.....	27
3.3 Контактная точечная сварка.....	28
3.4 Лазерная сварка	29
3.5 Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа.	31
4 Выбор сварочных материалов	33
4.1 Выбор электродов.....	33
4.2 Выбор защитного газа.....	34
5 Анализ влияния параметров режима сварки на размеры сварных соединений.	36
6 Эксперименты.....	39
6.1 Влияние силы тока на конструктивные размеры сварных соединений	39
6.2 Влияние времени импульса на конструктивные размеры сварных соединений	41
6.3 Влияние формы импульса на конструктивные размеры сварных соединений	42

7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
7.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
7.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	43
7.1.2	Анализ конкурентных технических решений	45
7.1.3	SWOT-анализ	48
7.2	Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	51
7.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	51
7.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	51
7.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	52
7.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	54
7.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	54
7.3.2	Расчет амортизационных отчислений.....	55
7.3.3	Основная заработная плата исполнителя темы.....	57
7.3.4	Расчет дополнительной заработной платы.....	59
7.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды	59
7.3.6	Накладные расходы.....	60
7.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта... ..	61
7.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	61
8	Социальная ответственность	65
	Введение по разделу.....	65
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	65
8.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	65
8.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	67

8.2 Производственная безопасность	68
8.2.1 Производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые: повышенным уровнем общей вибрации, согласно ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка воздействия на человека	68
8.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха, согласно ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.....	69
8.2.3 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции, согласно СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4	71
8.2.4 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, согласно ГОСТ ISO 9612-2016 Акустика	72
8.2.5 Производственные факторы, связанные со световой средой отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений, повышенная яркость света, согласно СП 52.13330.2016.....	73
8.2.6 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (токсические жидкости, предназначенные для обезжиривания поверхности металла, травления поверхности металла, газ - аргон), представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования, согласно ГОСТ 32423-2013	74
8.2.7 Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия	

на организм человека, такие как физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса, согласно СанПиН 1.2.3685-21.	75
8.2.8 Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, согласно ГОСТ 12.1.005-88.....	77
8.2.9 Факторы, связанные с неподвижными режущими, колющими, обдирающими, разрывающими (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) частями твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ними, согласно ГОСТ Р 56906-2016	78
8.2.10 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, согласно ГОСТ 12.1.019-2017	78
8.2.11 Факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов, согласно ГОСТ 12.1.006-84	80
8.3 Экологическая безопасность	81
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
8.5 Заключение по разделу	84
Заключение	86
Список использованных источников	87
Приложение А Графики, изображения шлифов и таблица к экспериментам	90
Приложение Б Комплект таблиц	101

Введение

Актуальность. В настоящее время сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов имеет высокое применение на предприятиях различных отраслевых направлений за счет высокого качества сварных соединений, но данный вид сварки очень сильно зависит от квалификации сварщика. В настоящее время, сварные соединения из листов циркония получают методом контактной сварки, которая обладает рядом негативных факторов, влияющих на качество соединений. Существует проблема при сварке аустенитных хромоникелевых сталей – межкристаллитная коррозия. Решение этой проблемы кроется в ограничении тепловложения в сварное соединение при сварке. В связи с этим технология сварки неплавящимся электродом одиночным импульсом в среде защитных газов может сочетать в себе положительные свойства контактной сварки, электродно-лучевой сварки, лазерной сварки и не требовать высокой квалификации сварщика, существенно ограничивать тепловложение в сварное соединение, осуществлять более широкие возможности при разработке металлоконструкций. Более широкие возможности для разработки сварки конструкций предлагаемым методом актуальны для сварки обширных конструкций, взамен контактной сварки.

Целью работы является: подбор оптимальных параметров импульса сварки неплавящимся электродом стыкового соединения между пластинами из циркония толщиной 0,5 мм, а также подбор оптимальных параметров импульса для сварки стыкового соединения между пластинами стали 12Х1Н10Т толщиной 0,8 с учетом всех особенностей данных материалов и негативных факторов, влияющих на процесс их сварки.

Для достижения цели требуется решить следующие задачи:

- Провести обзор литературы, в которой изложить все проблемы, возникающие при сварке циркония и пути их решения;
- Рассмотреть материалы пластин (химический состав, механические свойства, применение, свариваемость);
- Осуществить выбор сварочных материалов, а именно: неплавящегося электрода, защитного газа;
- Определить значения параметров режима сварки для выбранного способа сварки;

1 Обзор литературы

Поскольку нержавеющие стали широко применяют в реакторах для изготовления оболочек ТВЭЛов, деталей системы управления и защиты, корпусов реакторов, отражателей, решёток крепления, то в процессе работы эти конструкционные элементы подвергаются интенсивному облучению и за срок эксплуатации могут накопить большие дозы нейтронов. Автор описывает, что различные характеристики нержавеющих аустенитных хромоникелевых сталей под действием радиационного облучения меняются. Проявляется такой эффект, как «распухание» хромоникелевых сталей, заключающийся в как в изменении размеров и формы деталей активной зоны, так и в изменении микроструктуры и механических свойств сталей. Кроме того, под действием влажного пара такие стали подвергаются межкристаллитной коррозии и коррозионному растрескиванию. [1]. Так как в работе [2] описывается невосприимчивость циркония к излучениям элементарных частиц, то можно сделать вывод о том, что цирконий менее подвержен и негативным изменениям размеров и форм деталей, а также изменению механических свойств и микроструктуры.

На основе анализа литературы можно сказать, что цирконий, как и нержавеющая сталь используются в качестве конструкционных материалов для различных типов ядерных реакторов в соответствии со своими свойствами. В одних элементах ядерных реакторов целесообразно применять цирконий, в других – нержавеющую хромоникелевую сталь.

Также в работе [3] описывается сварка циркония методами контактной, электронно-лучевой, аргодуговой сварки. У каждого способа есть свои преимущества и недостатки, которые будут рассмотрены в данной работе.

Рассматривая вопрос о сварке нержавеющих сталей, возникает проблема в ограничении тепловложения [4]. Так как в данной работе рассматривается сварка тонких листов нержавеющих сталей, то этот вопрос наиболее актуален.

Изучаемый способ сварки позволит решить эти проблемы.

2 Обзор свариваемых материалов

2.1 Цирконий

Цирконий – металл с температурой плавления 1845 °С и крайне малым сечением поглощения тепловых нейтронов [2].

Величины сечений захвата тепловых нейтронов различных металлов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Величины сечений захвата тепловых нейтронов различных металлов [2]

Свойства	Be	Zr	Fe	Ni	Hf	V	Cd
Эффективное сечение захвата тепловых нейтронов, барн*	0,01	0,18	2,4	4,5	115	720	2400
Температура плавления, °С	1280	1845	1539	1455	2130	2000	321

*1 барн — 10^{-28} м², внесистемная единица измерения площади.

Исследования циркония показывают, что данный металл обладает рядом замечательных свойств. Несмотря на весьма высокую химическую активность цирконий является одним из наиболее коррозионностойких металлов вследствие защитного действия тонкой, но плотной и химически стойкой окисной пленки. При высоких температурах приобретает склонность к поглощению газов, поэтому его иногда применяют для изготовления некоторых электровакуумных приборов. Высокие антикоррозийные свойства циркония обеспечивают возможность его применения для изготовления ответственных деталей в химическом машиностроении, в производстве медицинских инструментов и т. п. Цирконий, в основном используется, в качестве конструкционного материала для ядерных реакторов. Объясняется это тем, что у чистого циркония высокая точка плавления (1845°С), высокая антикоррозионная стойкость, хорошая обрабатываемость и ценные механические свойства сочетаются с низкой восприимчивостью к тепловым нейтронам. Последнее свойство выявляется только при очистке циркония от примеси всегда сопутствующего ему гафния. Важность циркония для устойчивой работы ядерного реактора заключается в

том, что элементарные частицы могут преодолевать материал без затрат собственной скорости. В таком случае цирконий, для элементарных частиц, подобен стеклу, через которое проходит солнечный свет, то есть без каких-либо препятствий [3].

2.2 Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т

Помимо коррозионной стойкости, сталь 12Х18Н10Т является жаропрочной и жаростойкой. При сварке хромоникелевых аустенитных сталей существует такая проблема, как необходимость контроля тепловложения. Это необходимо для предотвращения межкристаллитной коррозии. Исследуемый способ сварки позволяет жёстко контролировать тепловложение в сварное соединение.

Согласно источнику [5] жаропрочностью является способность металлов и сплавов сохранять при повышенных температурах прочность и сопротивляемость деформированию. Жаростойкость (окалиностойкость) – способность металлов и сплавов противостоять окислению или окалинообразованию при нагреве до высоких температур.

3 Анализ способов сварки

3.1 Ручная дуговая сварка.

Ручная дуговая сварка – сварочный процесс, относящийся к сварке под воздействием электрической дуги прямой/обратной полярности либо переменным электрическим током дуги. При данном способе сварки используются сварочные плавящиеся электроды с различным типом покрытий, предохраняющих зону сварки от воздействия атмосферных газов.

Цирконий хорошо сваривается. Он гораздо лучше поддается сварке, чем некоторые из распространённых конструкционных материалов, как, например, многие легированные стали и некоторые алюминиевые сплавы. Металл имеет низкий коэффициент теплового расширения, что способствует уменьшению коробления в процессе сварки. Вследствие низкого модуля упругости циркония в готовом сварном шве остаточные напряжения малы [3].

Основной проблемой, встречающейся при сварке циркония, является загрязнение его кислородом и азотом воздуха. Большая часть трудностей, возникающих в процессе сварки, а также необходимость принятия мер предосторожности связаны с этой проблемой [3].

При повышенных температурах цирконий быстро реагирует с кислородом и азотом воздуха. Небольшие количества обоих газов повышают твёрдость и прочность на растяжение и снижают пластичность металла. Кроме того, загрязнение азотом может влиять на коррозионную стойкость в некоторых средах. Сварные швы, сделанные в атмосфере, содержащей 0.1 % азота, настолько загрязнились, что коррозионная стойкость в воде при 315°C резко падала [3].

Для эффективной защиты необходимо предохранять расплавленный металл, горячий металл вокруг электрода, а также обратную сторону сварного шва [3].

На основе анализа литературы способ ручной дуговой сварки на открытом воздухе является наименее подходящим для сварки циркония, так как

при данном способе присутствует наибольшее количество негативных факторов, влияющих на качество сварного шва. Также, данный способ сварки не подходит для нержавеющей сталей по причине большого тепловложения в сварное соединение.

Преимущества:

- доступность;
- простота использования;
- дешевизна;
- удобство применения медных подкладок.

Недостатки:

- загрязнение шва шлаком, азотом и кислородом воздуха, в следствии чего резко ухудшается качество шва, понижается коррозионная стойкость;
- большое тепловложение, вследствие чего большая разнородность зоны термического влияния, затруднение сварки тонких листов циркония;
- необходимость применения подкладок.

3.2 Электронно-лучевая сварка

Электронно-лучевая сварка – процесс сварки плавлением, при котором нагрев металла осуществляется под действием быстродвижущихся электронов. Для обеспечения данного способа сварки необходима вакуумная камера [3].

Электронный луч характеризуется высокой концентрацией тепловой энергии [3].

Пучок электронов не виден невооруженным глазом, но он представляет собой горячий расплав на поверхности образца. Только плавящаяся часть может быть видна, поэтому положение луча и пятна по диаметру видно, что плавление в расплаве рассеивается по поверхности образца только в верхней части большого подвода тепла [3].

Скорость сварки увеличивается по мере добавления тепла и энергии к сварке. Глубина и ширина шва, естественно, становятся большими.

Сварка электронным лучом имеет ряд весомых преимуществ, среди которых:

- низкое тепловложение;
- возможность сварки тонких листов металлов;
- возможность сваривать изделия большой толщины;
- обеспечение защиты зоны сварки [3].

Недостатки:

- экономические затраты на оборудование для создания вакуума;
- затраты времени на загрузку свариваемых изделий в вакуумную камеру и откачку воздуха и закачку воздуха после сварки для извлечения из камеры сваренного изделия;

- влияние собственных магнитных полей свариваемого изделия на траекторию электронного луча [3];

- трудоёмкость применения подкладок;
- низкая мобильность сварочного оборудования.

Данный метод обычно применяется, когда существует необходимость сварки в труднодоступных местах.

3.3 Контактная точечная сварка

Контактная сварка – процесс сварки термомеханическим методом, при котором происходит как частичное плавление свариваемых деталей под действием электрического тока, так и их пластическая деформация.

Точечная сварка – способ контактной сварки, при котором детали свариваются по отдельным ограниченным участкам касания – ряду точек

Имеются данные о том, что кроме возможных загрязнений, других серьезных проблем при контактной электросварке нелегированного циркония не встречается. Если бы не загрязнения сварного шва, подготовка поверхности не имела бы существенного значения.

Высокое электрическое и термическое сопротивление циркония и температурный интервал пластичности делают цирконий и его сплавы пригодными для данного вида сварки. Цирконий и его сплавы успешно подвергали точечной, шовной и Т-образной сварке.

Преимущества метода контактной электросварки:

- простая автоматизация процесса сварки;
- возможность сваривать листы толщиной от 0,1 мм.

Недостатки:

- низкая возможность к расположению сварных соединений из-за конструктивных особенностей сварочного оборудования;
- загрязнение шва окислами и атмосферными газами.

3.4 Лазерная сварка

Лазерная сварка – процесс сварки плавлением, когда расплавления соединяемых частей изделий используют энергию светового луча [6].

Изделия из циркониевого сплава свариваются в среде высокого давления 2-3 МПа. Из-за низкой теплопроводности сплавов циркония в зоне термического влияния будет наблюдаться структура, состоящая из относительно крупных зёрен.

Для сварки циркония необходимо применять метод с источником тепла высокой плотности мощности. Среда с высоким давлением не может быть достигнута при использовании контактной электросварки. Поэтому, одним из оптимальных способов является метод использования точечной лазерной сварки в среде вакуума с высоким давлением [6].

Благодаря высокой плотности энергии при лазерной сварке формируется узкий и глубокий сварной шов. В процессе плавления выделяются пары металла. Исследования многих учёных подтвердили, что изменение давления окружающей среды оказывает большое влияние на газовое испарение расплавленного металла. Таким образом, при высоком давлении окружающей

среды сварной шов получается намного менее пористым, так как газы расплавленного металла туда не попадают.

Исследуя одноимпульсный лазер в среде высокого давления, Су и др. обнаружили, что проплавление сварного шва увеличивается с ростом давления окружающей среды в режиме лазерной теплопроводной сварки. Они также изучали влияние давления окружающей среды на микроструктуру лазерных сварных швов. В их исследовании впервые наблюдалось измельчение зерна за счет гипербарической среды, что имеет большое значение для отработки металлургических эффектов при гипербарической лазерной сварке. В основном исследовалось влияние увеличения давления окружающей среды на проплавление сварного шва при лазерной сварке чистого циркония. В то же время для анализа механизма ударного уменьшения сварного шва использовались спектрометр и высокоскоростная фотосъемка плавления чистого циркония. Результаты исследований полезны для развития теории лазерной обработки в гипербарическом состоянии и содействия применению технологии лазерного производства в атомной промышленности [6].

Материал, используемый в эксперименте - чистый цирконий. Размер образца представляет собой цилиндр высотой 10 мм и диаметром 10 мм.

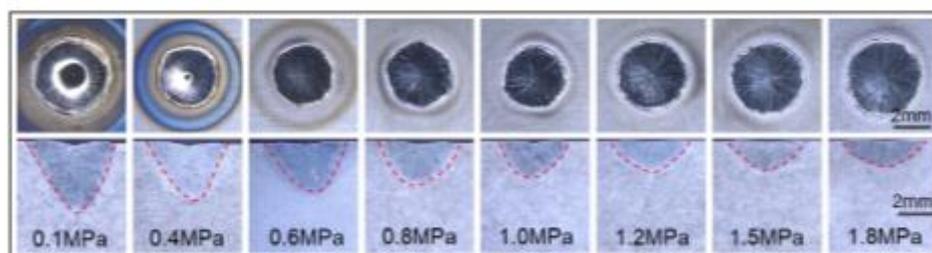


Рисунок 1 – Поверхность шва и его поперечное сечение [6]

На рисунке 1 показана поверхность сварного шва и изображение поперечного сечения точечной сварки лазерным лучом чистого циркония. Давление окружающей среды колеблется от 0,1 МПа до 1,8 МПа. Проплавление сварного шва свариваемых образцов монотонно снижалось, в то время как ширина поверхностного шва сначала уменьшалась, а затем увеличивалась с увеличением окружающей среды [6].

По сравнению с дуговой сваркой плавлением лазерная имеет следующие преимущества:

- низкое тепловложение;
- сварка в труднодоступных местах;
- высокая производительность;
- низкая трудоемкость;
- качество сварных соединений;

К недостаткам лазерной сварки следует отнести:

- дорогое оборудование;
- Повышенные требования к качеству сборки заготовок перед сваркой;
- чем больше поверхность металла обладает свойствами зеркала (отражение лучей), тем ниже КПД процесса сварки;

- в целом КПД лазерной сварки не превышает 10% и зависит от отражающей поверхности свариваемого металла;

- высокая степень опасности для человека при сварке: возможность отражения лазера от поверхности металла и тем самым направление траектории луча на человека;

Подводя итог по лазерной сварке, можно сказать, что данный метод сварки является наиболее дорогим из рассматриваемых, а также негативным фактором является свойство отражения лазерного луча, которое наиболее сильно проявляется при сварке нержавеющей сталей, в следствии чего необходимо проводить дополнительные мероприятия для обеспечения безопасности при проведении сварочных работ, а также из-за этого свойства лазерная сварка обладает низким КПД.

3.5 Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа.

Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа – метод дуговой сварки плавлением, при котором зона сварки предохраняется от воздействия

атмосферных газов потоком или средой инертного газа или смесью инертных газов. В качестве электрода используется вольфрамовый электрод.

Высокое электрическое и термическое сопротивление (сопротивление расширению) и широкий температурный интервал пластичности делают цирконий и его сплавы пригодными для данного способа электросварки [7].

При сварке тонколистового металла важно соблюсти баланс между производительностью и качеством сварного соединения. Импульсное введение тепла позволяет значительно расширить возможности регулирования тепловложения в основной металл и его проплавление [7].

Преимущества и недостатки сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов.

Преимущества:

- контроль тепловложения, за счёт возможности формирования импульса любого вида;
- качество сварного соединения;
- более широкие возможности при разработке изделий (в отличие от точечной сварки).

Недостатки:

- неизвестное влияние множества параметров на конструктивные размеры сварных соединений;
- оплавление заточки электрода;
- относительно качественная подготовка металлов перед сваркой;
- низкая проплавляющая способность [3].

В результате анализа литературных данных по изучению особенностей импульсно-дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах установлено, что основной проблемой при практическом использовании данного способа является отсутствие возможности прогнозирования влияния параметров режима сварки на свойства дугового разряда и, как следствие, на конструктивные размеры сварных соединений [7].

4 Выбор сварочных материалов

4.1 Выбор электродов

В качестве неплавящегося электрода при сварке циркония применяют вольфрам с добавками лантана, иттрия и других элементов. Использование чистого вольфрама не рекомендуется.

По сравнению с цериевыми и ториевыми, лантановые электроды имеют меньший износ рабочего конца электрода. Лантановые электроды более долговечны [8].

Согласно вышеуказанной рекомендации, выберем электрод марки WL20 для сварки циркония.

Согласно ГОСТ ISO 6849-2020 химический состав электрода WL20 в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав вольфрамового электрода WL20 [9].

Марка электрода	Вольфрам, не менее	Окись лантана	Примеси, не более
WL20	Остаток	1,8-2,2	0,1

Размеры электродов с предельными отклонениями в мм марки WL20 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры и предельные отклонения электродов марки WL20 [9]

Марка	Номинальный диаметр	Предельное отклонение	Длина
WL20	1,0; 1,6; 2,0;	$\pm 0,1; \pm 0,2$	150 ± 1

Рекомендуемые размеры диаметра вольфрамовых электродов в зависимости от толщины свариваемого алюминиевого сплава при сварке неплавящимся электродом в среде защитного газа указаны в таблице 4, где толщина металла и диаметр электродов указан в мм. [8].

Таблица 4 – Выбор диаметра вольфрамового электрода в зависимости от толщины свариваемого изделия [8]

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм
0,5...1	1
1...2	2
3...4	3

Таким образом, выберем вольфрамовый электрод марки WL20 диаметром 1 мм, для сварки листов из циркония толщиной 0,5 мм.

4.2 Выбор защитного газа

Ввиду взаимодействия расплавленного циркония или нержавеющей хромоникелевой стали с кислородом и азотом воздуха методы дуговой сварки можно применять только в атмосфере инертного газа. Большую часть сварных соединений из циркония изготавливают методом PCGTAW, используя в качестве защитной атмосферы гелий или аргон [4].

Для эффективной защиты необходимо предохранять расплавленный металл, горячий металл, а также обратную сторону сварного шва. Это требует лучшей защитной атмосферы, чем та, которую обеспечивает стандартная горелка с вольфрамовым электродом. Для сварки пластин или листов можно применять медные прокладки с пазами, в которые подаётся инертный газ [4].

Подкладка выполняет дополнительную функцию охлаждающей плиты и уменьшает время выдержки зоны термического влияния при повышенных температурах. Однако, для проведения опытов не имелась техническая возможность применения подкладки с подачей защитного газа с обратной стороны [4].

Аргон (Ar) — это инертный негорючий и невзрывоопасный газ без цвета и запаха. При нормальных условиях (20 °C и 101,3 кПа) он имеет плотность 1,66 кг/м³ [12].

Поверхностное натяжение в аргоне очень малое, поэтому в аргоне капли расплавленного металла растекаются. Это свойство ухудшает формирование шва. Однако, в аргоне, в отличие от углекислого газа, наблюдается малое разбрызгивание расплавленного металла. Также, горение дуги происходит при более низком напряжении дуги (в 1,4 – 1,7 раз ниже) чем в гелии [4].

Согласно источнику [3] сварные швы, полученные в инертной атмосфере, показали полный провар с гладкими краями, тогда как сварные швы, сделанные на воздухе, были только частично проварены и имели трещины по краям. Из этого можно сделать вывод о том, что применение инертной атмосферы будет улучшать качество любых сварных швов, полученных дуговой электросваркой.

Предпочтительно применение аргона для защиты в процессе сварки, так как более тяжёлый газ (аргон) обладает лучшими защитными свойствами, чем гелий [4], что является важным фактором при сварке циркония. Инертные газы необходимы для того, чтобы при сварке не происходило поглощение азота и кислорода из окружающей среды (для циркония). Если поглощение будет происходить, то будет наблюдаться снижение механических свойств циркония после сварки. Важность применения инертного газа при сварке нержавеющей стали заключается в следующем: как было выяснено, титан добавляют в нержавеющую сталь с целью предотвращения выделения хрома из зёрен аустенита, однако титан при взаимодействии с азотом воздуха образует нитриды и теряет способность к образованию карбидов. Выделяется хром и происходит межкристаллитная коррозия.

5 Анализ влияния параметров режима сварки на размеры сварных соединений.

Рассмотрим влияние рода тока и полярности на процесс сварки.

Прямой, называется полярность, при которой сварочный электрод, закреплённый в державке, присоединяется к отрицательной клемме источника питания дуги постоянного тока, а объект сварки – к положительной.

Обратной полярностью называется такая полярность, при которой электрод присоединяется к положительной клемме источника питания, а объект сварки к отрицательной.

При сварке на переменном токе (выходные разъёмы такого источника питания не обозначены знаками «+» и «-»), в таком случае не имеет разницы подключение клемм к электроду или свариваемому изделию), полярность дуги меняется с определённой частотой.

Таким образом при использовании в процессе сварки источника питания дуги постоянного тока (выходные разъёмы такого источника обозначены знаками «+» и «-»), имеет смысл упомянуть про полярность, так как весь процесс сварки можно провести, используя прямую или обратную полярность дуги.

Рассмотрим свойства дуги при сварке на постоянном токе.

Прямая полярность характеризуется большим проплавлением свариваемой детали. Применяется для сварки деталей большой толщины [4]. При данном способе подключения клемм, большая часть тепла концентрируется на свариваемом изделии. Электрод же нагревается гораздо меньше. Такая полярность наиболее предпочтительна в нашем случае, однако в ходе эксперимента была обнаружена неустойчивость возбуждения дуги, при использовании однополярного импульса.

Согласно источнику [10] неустойчивость возбуждения дуги связана со свойствами оксидной плёнки на поверхности сплава. При возбуждении дуги импульсом тока прямой полярности на не зачищенном листе циркония стали

дуга возбуждалась недостаточно стабильно. Возбуждение дуги на зачищенном листе (зачистка выполнялась протиранием листа с двух сторон с использованием спирта) происходило следующим образом: дуга возбуждалась на небольших областях поверхности заточки электрода, так и выше, на небольших областях цилиндрической поверхности электрода (катодные пятна). Эти области постоянно перемещались. То же самое наблюдалось и на свариваемом листе (анодные пятна). Проблему удалось решить, проанализировав источник [10]. Был применён небольшой по силе тока (20А) импульс обратной полярности перед основным импульсом прямой полярности. Дуга обратного импульса зажигалась более стабильно. На месте затухания дуги обратной полярности, при переходе тока через нулевое значение, возбуждалась дуга прямой полярности.

Однако для сварки вольфрамовым электродом нежелательно применение больших значений тока обратной полярности, так как происходит интенсивный нагрев электрода, вследствие чего нарушаются геометрические размеры заточки электрода (оплавление). Это приводит к неустойчивости возбуждения дуги в целом. Также может привести к плавлению электрода.

Для сварки циркония применяли как переменный, так и постоянный ток. Но более предпочтителен постоянный ток прямой полярности (электрод отрицательный) [3].

В случае применения переменного тока вероятность загрязнения увеличивается, вследствие перегрева электрода. Чтобы получить полный провар листа данной толщины, при переменном токе требуется большой сварочный ток, чем при постоянном. Это и является причиной увеличения объёма расплавленного металла. Для уменьшения возможности загрязнения вольфрамом желательно высокочастотное зажигание дуги (применение осциллятора). При использовании переменной полярности возрастает тепловое воздействие на вольфрамовый электрод. Возникает необходимость частой заточки электрода. В источнике [10] применяли переменный модулированный ток: чередование прямоугольных импульсов прямой и обратной полярности, импульс обратной полярности был меньше импульса прямой полярности.

Авторы работы [4] рассматривают непрерывный процесс сварки, однако на основе этих данных можно провести опыты и анализ поведения дуги в импульсном режиме.

В данной главе было рассмотрено влияние параметров режима сварки на сварные соединения и обозначено влияние прямой и обратной полярности на вольфрамовый электрод.

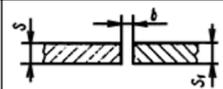
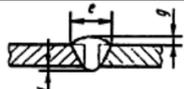
6 Эксперименты

Приведены результаты исследований по влиянию силы тока и времени импульса на конструктивные размеры сварных соединений, выполненных на пластинах циркония. Также, приведены результаты исследований по влиянию формы импульса на конструктивные размеры сварных соединений, выполненных на пластинах стали 12Х18Н10Т.

6.1 Влияние силы тока на конструктивные размеры сварных соединений

В ходе исследований использовалась подача аргона по следующей схеме: за 1 секунду до импульса начиналась подача газа, и заканчивалась через 3 секунды после сварки. подача газа осуществлялась только с верхней стороны листа, со стороны сварочной горелки.

Ток подавался одиночным прямоугольным импульсом на лист циркония. Таблица 5 – Допустимые геометрические параметры сварного соединения согласно ГОСТ 14771-76 [11]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		e , не более	g		g_1	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C2			ИН	0,5-0,9	0	+0,1	6,0	0	±0,1	0	+0,1

По началу в ходе экспериментов возникали трудности с обеспечением стабильности зажигания и горения дуги, которые удалось решить, анализируя источник [10]. Импульс тока был задан следующим образом: сначала подаётся короткий импульс обратной полярности (10А), а потом основной импульс прямой полярности. Это необходимо для стабильного зажигания и горения дуги.

В ходе экспериментов получено, что увеличение силы тока импульса прямой полярности увеличивает диаметр сварной точки. Результаты представлены на рисунке 2(приложение А).

Таблица 6 – Неизменные параметры режима сварки

Расход защитного газа (аргона), л/мин	5
Сила тока дуги обратной полярности, А	10
Длительность импульса обратной полярности, мс	10
Длительность импульса прямой полярности, мс	100
Зазор между электродом и листом, мм	1
Диаметр электрода, мм	1
Угол заточки электрода, град	60

Графики, полученные в результате экспериментов представлены на рисунках 2-4 (приложение А).

Из анализа диаграмм следует вывод, о том, что швы, полученные данным способом сварки обладают разной степенью цилиндричности. Под цилиндричностью подразумевается отношение нижней части шва (d) к верхней части (D).

В ходе экспериментов получено, что увеличение силы тока импульса увеличивает как верхний, так и нижний диаметр сварной точки, а также выявлена разница между нижним и верхним диаметром проплавления. В центре сварной точки обнаружены кратеры.

6.2 Влияние времени импульса на конструктивные размеры сварных соединений

Таблица 7 – Неизменные параметры режима сварки

Расход защитного газа (аргона), л/мин	5
Сила тока дуги обратной полярности, А	10
Сила тока дуги прямой полярности, А	100
Зазор между электродом и листом, мм	1
Диаметр электрода, мм	1
Угол заточки электрода, град	60

Графики, полученные в результате экспериментов представлены на рисунках 5-7 (приложение А).

Выводы:

1. Увеличение времени при неизменных остальных параметрах в большей степени влияет на тепловложение. В ходе экспериментов при длительности импульса 180 мс лист начинал выгибаться.

2. В области амплитуд импульса от 60 до 140 А наблюдается конусная форма шва. При 60 А и 180 А наблюдается наибольшая цилиндричность.

3. Цилиндричность увеличивается с увеличением времени импульса, начиная со 100 мс.

4. Наибольшая конусность сварного соединения наблюдается при времени импульса 100 мс.

5. Визуальный осмотр наплавленных точек показал, что в процессе сварки в верхней части сварных точек формируются кратеры, которые являются дефектами.

6.3 Влияние формы импульса на конструктивные размеры сварных соединений

Для решения проблемы образования кратеров было решено провести ряд опытов по изменению формы импульса. Предполагалось, что при прямоугольном импульсе давление дуги и нагрев свариваемого металла резко прекращают своё действие и расплавленный металл не успевает заполнить созданное давлением углубление и начинает кристаллизоваться. Опыты проводились на пластинах толщиной 0,8 мм.

Неизменными параметрами для всех импульсов являлись:

- Длительность основного импульса 50 мс.;
- Амплитуда основного импульса 200А;
- Передний фронт импульса – прямоугольный;

Формы импульсов, применённых в исследовании представлены в таблице 8 (приложение А).

Вывод:

На шлифах зёрна стали вытягиваются от участка рекристаллизации зоны термического влияния к центру сварной точки. Об этом свидетельствует снимок шлифов 1-3, рисунки 8-12 (Приложение А). На шлифах заметен кратер. Применение импульса 11 позволило получить сварное соединение без кратера. Об этом свидетельствуют рисунки 13 и 14 (Приложение А).

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

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

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании влияния параметров режима аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на конструктивные параметры сварных соединений.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Влияние параметров режима аргонодуговой сварки одиночными импульсами тока на конструктивные размеры сварных соединений» являются

предприятия по производству деталей малых толщин и размеров, применяемых в различных отраслях промышленности.

Потребители результатов исследований являются такие категории потребителей как коммерческие организации.

Таблица 9 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Реакторостроение	Приборостроение	Авиастроение
Классификация организаций	Частные мелкие	-	+	-
	Частные крупные	+	+	+
	Государственные	+	+	+

Проанализировав сегментирование рынка, можно сделать вывод, что для реализации продукции по разработанной технологии подойдет в большей степени для государственных организаций и крупных частных предприятий, а также для малых частных организаций, работающих в сфере приборостроения.

Результаты сегментирования:

- основные сегменты: государственные и крупные частные организации, работающие в сферах реакторостроения, приборостроения, авиастроения;
- основные усилия по разработке данного способа сварки будут направлены на государственные организации, работающие в сфере реакторостроения;
- в будущем разработка будет ориентироваться как на реакторостроение, так и на приборостроение;

Примером предприятия потребителя является компания НПО «Полюс», Госкорпорация «Росатом», ФГУП производственное объединение «Маяк».

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Качество сварного соединения	0,2	5	3	5	1	0,6	1
2. Производительность труда	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
3. Нетребовательность к квалификации сварщика	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
4. Универсальность метода	0,15	4	2	3	0,6	0,3	0,45
5. Безопасность метода	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	3	3	1	0,3	0,3	0,1
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	33	28	26	4,25	3,4	2,95

где Б_Е – аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

Б_И – контактная точечная сварка;

Б_В – лазерная сварка.

К_Е, К_И, К_В – конкурентоспособность разработки для соответствующих способов сварки.

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной

шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

$$K_E = 0.2 \cdot 5 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 4 = 4,2; \quad (5.2)$$

$$K_{II} = 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 = 3,4; \quad (5.3)$$

$$K_B = 0.2 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.1 \cdot 1 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 = 2,95; \quad (5.4)$$

По таблице 10 видно, что аргонодуговая сварка неплавящимся электродом может конкурировать с точечной контактной и лазерной сваркой.

Касаемо качества сварного соединения: аргонодуговая сварка в защитном газе позволяет получить сварное соединение высокого качества, так как защитный газ препятствует проникновению атмосферных газов в сварное соединение. Атмосферные газы негативно влияют на качество сварного соединения, особенно, на качество сварных соединений листов циркония. Контактная точечная сварка позволяет получить сварные соединения более низкого качества, по сравнению с лазерной сваркой и сваркой неплавящимся электродом, так как при данном способе нет возможности защиты зоны сварки инертными газами. Лазерная сварка позволяет получать сварные соединения высокого качества, если процесс сварки происходит в среде защитных газов или в вакууме.

Производительность труда. Сварка неплавящимся электродом обладает достаточно низкой производительностью, так как данная технология мало изучена. Касаемо циркония, при дальнейшем изучении данного способа сварки

автоматизировать процесс будет проще, чем лазерную сварку, так как защитный газ подаётся в зону сварки посредством горелки. Контактная сварка обладает наибольшей производительностью, так как процесс позволяет производить сразу несколько сварных соединений и легко автоматизируется. Процесс лазерной сварки также можно автоматизировать и выполнять швы с различным расположением. Однако автоматизации препятствует процесс создания вакуума или среды защитного газа в зоне сварки.

Нетребовательность к квалификации сварщика. Выполнять сварные соединения методом аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в импульсном режиме может даже человек, который никогда не занимался сваркой и у него получатся швы достаточно хорошего качества. Выполнять сварку контактным методом также может любой человек, но ему нужно пройти обучение. Для сварки лазерным методом необходимы квалифицированные операторы, которые могут составлять программы для числового программного управления.

Универсальность метода. Сварка неплавящимся электродом является наиболее универсальным методом по сравнению с другими двумя рассматриваемыми. Горелку можно легко перемещать и производить сварку в любых пространственных положениях без особых проблем. Проблема контактной сварки заключается в ограничении размеров сварных заготовок из-за конструктивных особенностей сварочного оборудования. Проблема в универсальности лазерной сварки заключается в эффекте отражения лазера от поверхности стали. Особенно этот эффект проявляется при сварке нержавеющей сталей.

Безопасность метода. Наиболее безопасным считается метод сварки неплавящимся электродом, так как помимо удара током при контактной сварке есть вероятность воздействия на человека усилия сжатия электродов. При лазерной сварке необходимо всегда учитывать то, что лазерный луч может отразиться от поверхности свариваемой стали или каких-либо других отражающих поверхностей и направиться на человека.

Цена. Оборудование для импульсной аргодуговой сварки и контактной сварки дешевле, чем для лазерной сварки. Лазерная сварка является одним из наиболее дорогих видов сварки.

Конкуренентоспособность. Сварка неплавящимся электродом в импульсном режиме является наиболее конкурентноспособной, так как контактная сварка не обеспечивает высокого качества сварных соединений, а метод лазерной сварки является слишком дорогим и не безопасным.

Предполагаемый срок эксплуатации. Сварка неплавящимся электродом и контактная сварка примерно одинаковы по своей долговечности в силу того, что в процессе работы вольфрамовые и медные электроды утрачивают свои геометрические параметры, и их необходимо перетачивать. Лазерной сварке не свойственны такие недостатки.

Целесообразность разработки заключается в том, что на предприятиях реакторостроения используется метод контактной сварки циркониевых сплавов, который даёт недостаточно высокое качество сварных соединений. Качество сварных соединений из циркония в реакторостроении играет важную роль, так как возрастает вероятность возникновения аварий на ядерных реакторах.

Экономическая эффективность заключается в том, что изучаемый способ сварки позволяет экономить на квалификации сварщиков, стоимости оборудования при этом получая высокое качество сварных соединений.

7.1.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны – это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 11 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 11 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>C1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются;</p> <p>C2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>C3. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>C4. Наличие опытного руководителя.</p> <p>C5. Нетребовательность к квалификации сварщика.</p>	<p>B1. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>B2. Публикации о проекте в тематических журналах.</p> <p>B3. Нетребовательность к квалификации сварщика позволяет легче приспособить данный метод к использованию в других странах.</p>

Продолжение таблицы 11

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие производства данного сварочного оборудования;</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Внедрение в производство конкурирующих способов сварки;</p> <p>У3. Нехватка финансирования;</p>

Второй 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. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

Таблица 13 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны					Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1	Сл2
У1	+	+	+	+	+	+	-	-
У2	+	+	+	+	+	+	-	-
У3	+	+	+	0	+	+	-	-

Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за сложности сварочного оборудования.

Что касается слабых сторон, то оборудование для данного способа сварки отсутствует в производстве.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 14 (приложение Б).

7.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 15 (приложение Б).

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (5.5)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.6)$$

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.

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.7)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (5.8)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - (104 + 14)} = 1,47; \quad (5.9)$$

Временные показатели проведения научного исследования приведены в таблице 16 (приложение Б).

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в таблице 16 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Календарный план-график проведения научного исследования приведён в таблице 17 (приложение Б).

7.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

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

7.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (5.10)$$

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, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты представлены в таблице 18 (приложение Б).

Общие материальные затраты составили 7715,147 руб.

7.3.2 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления включают в себя денежные средства, предназначенные для возмещения износа оборудования. По плану на написание выпускной квалификационной работы студенту отводится 5 месяцев. Для написания работы, а также воспроизведения процесса сварки по написанной технологии понадобятся:

- Персональный компьютер, первоначальная стоимость которого составляла 55000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Принтер, первоначальная стоимость которого 20000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Угловая шлифовальная машина, стоимость которой 7000 рублей. Срок полезного использования от 5 до 6 лет.

Для определения амортизационных отчислений, требуется сначала рассчитать норму амортизации. Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$N_a = \frac{1}{T} \cdot 100\%; \quad (5.11)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования для угловой шлифовальной машины 6 лет, а для принтера и компьютера равным 4 годам, то нормы амортизации, при подсчете по формуле (5.11) будут равны 8% для сварочного автомата, 17% для угловой шлифовальной машины, 25% для компьютера и принтера.

Рассчитываем годовые амортизационные отчисления для используемого оборудования:

$$A_{\text{Год}} (\text{угловая шлифовальная машина}) = 7000 \cdot 0,17 = 1190 \text{ рублей}; \quad (5.12)$$

$$A_{\text{Год}} (\text{компьютер}) = 55000 \cdot 0,25 = 13750 \text{ рублей}; \quad (5.13)$$

$$A_{\text{Год}} (\text{принтер}) = 20000 \cdot 0,25 = 5000 \text{ рублей}. \quad (5.14)$$

Тогда ежемесячные амортизационные отчисления составят 99 рублей для

угловой шлифовальной машины, 1146 рублей для компьютера и 417 рублей для принтера.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалификационной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на количество месяцев, отведенных на написание работы. Полученные результаты вычислений представлены в таблице 19.

При приобретении оборудования требуется также учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 19 – Расчет амортизационных отчислений для оборудования, применяемого в научно-технической работе

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления за период выполнения ВКР руб.	Общая стоимость оборудования с учетом амортизационных отчислений, руб.
Компьютер	1	55	25	5730	60730
Принтер	1	20	25	2085	22085
Шлифовальная машина	1	7	17	495	7495
Итого					90310
Итого с учетом затрат по доставке и монтажу (15%)					99341

Таким образом, если приобрести все необходимое для реализации выпускной квалификационной работы оборудование, то общая сумма затрат на оборудование, доставку, монтаж и амортизационные отчисления составит 888156,5 рублей.

7.3.3 Основная заработная плата исполнителя темы

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

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (5.15)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p \quad (5.16)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (5.17)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

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

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (5.18)$$

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

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

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

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

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

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Раз-ряд	к _т	З _{осн} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	17	63434,77
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	52	97344
Итого										160778,77

7.3.4 Расчет дополнительной заработной платы

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

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.19)$$

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

7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.20)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	63434,77	78360,6	85823,52	9515,22	11754,09	12873,53
Студент	97344	112320	127296	14601,6	16848	19094,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	55838,46					
Исполнение 2	66223,37					
Исполнение 3	74016,41					

7.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (5.21)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1029 + 73000 + 63434,77 + 97344 + 9515,215 + 14601,6 + 55838,46) \cdot 0,16 = 49709,48 \text{ руб.} \quad (5.22)$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1204 + 76000 + 78360,6 + 112320 + 11754,09 + 16848 + 66223,37) \cdot 0,16 = 57140,71 \text{ руб.} \quad (5.23)$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1134 + 81000 + 85823,52 + 127296 + 12873,53 + 19094,4 + 74016,41) \cdot 0,16 = 63266,93 \text{ руб.} \quad (5.24)$$

7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование затраты	Сумма, руб.	Удельный вес затрат, %
1	Материальные затраты	7715,17	2,21
2	Затраты на оборудование и амортизационные отчисления	99341	28,5
3	Затраты на заработную плату	160778,77	46,12
4	Отчисления во внебюджетные фонды	23605,5	6,8
5	Накладные расходы	57140,71	16,4
Итого		348581.15	100

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

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.25)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{360393,75}{458685,30} = 0,785; \quad (5.26)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{414270,20}{458685,30} = 0,903; \quad (5.27)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{458685,30}{458685,30} = 1. \quad (5.28)$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (5.29)$$

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 экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4	3
4. Энергосбережение	0,15	5	3	4
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,55	3,45

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7; \quad (5.30)$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55; \quad (5.31)$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45. \quad (5.32)$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,7}{0,785} = 5,98; \quad (5.33)$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,55}{0,903} = 3,93; \quad (5.34)$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{3,45}{1} = 3,45. \quad (5.35)$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} \quad (5.36)$$

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,785	0,903	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,55	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,98	3,93	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,657	0,576

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.

8 Социальная ответственность

Введение по разделу

Сущность научно-исследовательской работы заключается в выявлении влияния параметров режима сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа аргона на конструктивные параметры сварных соединений из листов циркония. Проводятся опыты (эксперименты), по результатам которых, полученные данные обрабатываются в программе Excel для более наглядного изучения.

Область применения распространяется на такие отрасли промышленности, как ядерная, химическая, приборостроительная отрасль. Данное исследование выполнялось в 16А корпусе ТПУ.

Рабочее место включает в себя: помещение, примерной площадью 20*20 м, два стола для размещения оборудования, стул, настольная лампа.

Для выявления влияния параметров режима сварки на сварные соединения проводятся опыты (эксперименты) на исследовательской установке, которая включает в себя: сварочный аппарат (источник питания, батарея конденсаторов, микроконтроллер, осциллятор, горелка, шланг для газа с проводом для электрода), осциллограф, видеокамера, датчики силы тока и напряжения, баллон с аргоном, компьютер, станок для заточки электродов.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования: изучение влияния параметров режима сварки одиночными импульсами на конструктивные параметры сварных соединений.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно статье 197 Трудового кодекса Российской Федерации «Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда», каждый работник имеет право на:

1. рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
2. обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
3. получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
4. 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;
5. обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счёт средств работодателя;
6. обучение безопасным методам и приёмам труда за счёт средств работодателя;
7. личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
8. внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
9. гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;

10. руководитель ВКР, как ответственный за технологический процесс сварки, принимает на себя обязательство соблюдения требований безопасности в помещении, а также выполнения и организации правил эвакуации.

8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест изложены в ГОСТ 12.3.003-86, согласно которому рабочие места сварщиков должны соответствовать следующим требованиям [13]:

- не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции;
- размещение постов аргодуговой сварки должно исключать возможность утечки и проникновения защитного газа в смежные расположенные ниже помещения;
- рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надёжность защиты;
- ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м;
- полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;
- ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м и тд.

8.2 Производственная безопасность

Для всех методов дуговой сварки плавлением в той или иной степени существует возможность опасных и вредных воздействий на сварщика в связи с факторами, отображёнными в ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Данные факторы [14] приведены в таблице 27 (приложение Б).

Таким образом, были представлены опасные и вредные производственные факторы, каждый из которых требуется проанализировать, а также разработать мероприятия по снижению их влияния на организм человека или полного их исключения из процесса производственной деятельности.

8.2.1 Производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые: повышенным уровнем общей вибрации, согласно ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка воздействия на человека [15]

Основным источником вибраций является электросварочное оборудование. Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к утомлению, неврологическому поражению и сосудистым нарушениям.

Уменьшить влияние вибрации можно несколькими способами:

- воздействием на источник возбуждения (посредством снижения или ликвидации вынуждающих сил);
- отстройкой от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- динамическим гашением колебаний – присоединением к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы;

– изменением конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

8.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха, согласно ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [16]

Высокая температура дуги (6000 – 8000 °С) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки, покрытий, флюсов переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу цеха, конденсируются и превращаются в аэрозоль конденсации, частицы которой по дисперсности приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков. Эти аэрозоли представляют главную профессиональную опасность труда сварщиков. Количество пыли в зоне дыхания сварщика зависит главным образом от способа сварки и свариваемых материалов, но в известной степени определяется и типом конструкций. Химический состав электросварочной пыли зависит от способов сварки и видов основных и сварочных материалов.

На ряду с пылью при дуговой сварке также образуются и выделяются газообразные продукты – окислы азота, окись углерода; при сварке электродом с покрытием «Б» и под флюсами – фтористые соединения.

В зоне дыхания сварщиков концентрация этих газов может достигать (мг/л): N_2O_5 0,009 – 0,018; SiF_4 , HF до 0,004 каждого, CO до 0,46. При сварке цветных металлов и их сплавов в зоне дыхания сварщика могут наблюдаться такие вредные газообразные соединения, как ZnO , SnO_2 , MnO_2 , SiO_2 и тд.

Наиболее опасны для здоровья сварщиков аэрозоли марганца, так как отравление марганцем может вызвать длительное и стойкое поражение центральной нервной системы вплоть до параличей. Острые отравление парами

цинка и свинца могут вызвать литейную лихорадку, а отравление хромовым ангидридом – бронхиальную астму. Длительное отложение пыли в легких может вызвать пневмокониозы.

Все указанные поражения могут возникнуть, если сварку выполняют с грубым нарушением правил техники безопасности и охраны труда, касающихся обеспечения общей и местной вентиляции, применении индивидуальных средств защиты (масок, респираторов), особенно при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при сварке в тесных, замкнутых отсеках при недостаточной вентиляции и т.п.

Существуют строгие требования в области вентиляции при сварочных работах. Для улавливания сварочного аэрозоля на стационарных постах, а где это возможно, и на не стационарных нужно устанавливать местные отсосы в виде вытяжного шкафа, вертикальной или наклонной панели равномерного всасывания, стола с подрешеточным отсосом и др. При сварке крупногабаритных серийных конструкций на кондукторах, манипуляторах и т.п. местные отсосы необходимо встраивать непосредственно в эти приспособления. При автоматической сварке под флюсом, в защитных газах, электрошлаковой сварке применяют устройства с местным отсосом газов.

Если в цехе расход сварочных материалов превышает 0,2 г/ч на 1 м³ объема здания, должна быть устроена механическая, общеобменная вентиляция.

При работе на нестационарных сварочных постах в замкнутых и полузамкнутых пространствах (отсеках) следует применять местные отсасывающие устройства типа эжекторов, высоковакуумных установок с обеспечением объема удаляемого воздуха от одного сварочного поста 400 – 500 м³/ч, но не менее 100 – 150 м³/ч, что обеспечивает допустимый уровень загрязненности воздуха. Максимальная разовая предельно-допустимая концентрация (ПДК) аргона в воздухе рабочего места сварщика составляет 27000 мг/м³

8.2.3 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции, согласно СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4 [17]

Недостаточная влажность, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами. Повышенный показатель относительной влажности вызывает перегрев организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 2, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, приведенных ниже.

Таблица 28 – Оптимальные величины микроклимата на рабочих местах производственных помещений СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4 [17].

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	22-24	21-25	60-40	0,1

8.2.4 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, согласно ГОСТ ISO 9612-2016 Акустика [18]

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

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих мест сварщиков характерен высокий уровень шума, который не должен превышать 80 дБА.

Уменьшить влияние данного фактора возможно путём:

- Изоляции источника шумов (установка в помещении звукопоглощающих конструкций и экранов);
- Применения глушителей аэродинамического

шума, звукопоглощающих облицовок в газоздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха;

– Применения индивидуальных средств защиты от шума (наушники, вкладыши в ушную раковину, противοшумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука).

8.2.5 Производственные факторы, связанные со световой средой отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений, повышенная яркость света, согласно СП 52.13330.2016 [19]

Сварочная дуга является источником световых лучей, яркость которых может вызвать ожог незащищенных глаз при облучении их в течение всего 10 – 15 с. Более длительное воздействие излучения дуги может привести к повреждению хрусталика глаза и потере зрения. Ультрафиолетовое излучение вызывает ожоги глаз и кожи, подобные ожогам при прямом действии ярких солнечных лучей, инфракрасное может вызвать помутнение хрусталика глаза.

Воздействие излучения дуги вредно не только для сварщиков, но и для подручных рабочих-сборщиков. Для предотвращения опасного поражения глаз обязательно применение защитных стекол – наиболее темных для сварщиков и более светлых для вспомогательных рабочих, что должно обеспечить значительное поглощение вредных излучений, связанных с горением дуги. Особую опасность в смысле поражения глаз представляет световой луч квантовых генераторов (лазеров), так как даже отраженные лучи лазера могут вызвать тяжелое повреждение глаз и кожи. Поэтому лазеры имеют автоматические устройства, предотвращающие такие поражения, но при условии строгого соблюдения производственной инструкции операторами – сварщиками, работающими на этих установках.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла.

Щитки изготавливают из изоляционного металла – фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика [20].

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в окраску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающей на стены.

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих, работающих сварщиков и вспомогательных рабочих должны применяться переносные щиты и ширмы.

8.2.6 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (токсические жидкости, предназначенные для обезжиривания поверхности металла, травления поверхности металла, газ - аргон), представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования, согласно ГОСТ 32423-2013 [21]

Сварочная химия может значительно облегчить работу сварщика, улучшить качество сварки и увеличить эксплуатационный срок непосредственно самого оборудования. Именно поэтому при выполнении сварочных работ используются специальные химические средства.

Во время механической обработки заготовки из высоколегированной стали на поверхность основного металла могут проникать частицы, искры, небольшое количество стёртого металла с режущего инструмента, различные масла и смазки, используемые в процессе металлообработки. Все эти факторы

ослабляют устойчивость детали к коррозии, делают более восприимчивой её к негативным факторам внешней среды. В результате чего верхний слой поверхности металлов разрушается от действия этих факторов и может возникнуть коррозия.

В свою очередь различные химические вещества негативно воздействуют на организм человека. Поэтому при химической обработке металлов перед сваркой необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты: перчатки, защитная одежда, очки.

8.2.7 Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, такие как физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [17].

Как любой другой вредный фактор, физические перегрузки при продолжительном воздействии на организм работника могут привести к возникновению и развитию профессиональных заболеваний.

Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса, характеризуются такими показателями, как:

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.
- К перечню вредных и опасных производственных факторов и работ,

при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры, в части факторов, связанных с тяжестью трудового процесса, относятся

(п. 5.1 Перечня, утв. Приказом Минтруда России N 988н, Минздрава России N 1420н от 31.12.2020) [22]:

- подъем, перемещение, удержание груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- рабочее положение тела работника (длительное нахождение работника в положении стоя, сидя без перерывов, лежа, на коленях, на корточках, с наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше уровня плеч руками, с неудобным размещением ног, с невозможностью изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга, длительное перемещение работника в пространстве);

- работы, связанные с постоянной ходьбой и работой стоя в течение всего рабочего дня.

- К работам, связанным с физическими перегрузками, для выполнения которых требуется обязательное психиатрическое освидетельствование, относятся, например (ч. 8 ст. 220 ТК РФ, п. 1 Правил, утв. Постановлением Правительства РФ от 23.09.2002 N 695, Перечень, утв. Постановлением Правительства РФ от 28.04.1993 N 377) [23]:

- работы, связанные с перемещением грузов вручную (груз в кг) или с приложением усилий (в Н; $1\text{Н} = 0,1\text{ кгс}$) в течение смены (для мужчин): выполняемые постоянно, - более 30 кг (или более 300 Н); величина массы груза, перемещаемого или поднимаемого вручную за смену (сменный грузооборот) при подъеме с рабочей поверхности, - более 12 т, при подъеме с пола или уровня значительно ниже рабочей поверхности - более 5 т;

- работы, связанные с длительным пребыванием в вынужденной позе, в том числе стоя;

- работы, связанные с локальным мышечным напряжением, преимущественно мышц кисти и предплечья;

- периодическое удержание на весу обеими руками груза массой более 10 кг или одной рукой более 5 кг (для мужчин);

– работы, связанные с периодическими выраженными наклонами тела (по визуальной оценке, более 30 градусов от вертикали) более 300 раз за смену; пребывание более 50% времени смены в вынужденной рабочей позе (на коленях, на корточках, лежа, с наклоном вперед, в подвеске, стоя).

Меры по устранению и/или предупреждению перечисленных факторов в соответствии МР 2.2.9.2311 – 07 [24]:

Рекомендации к организации режимов труда и отдыха работников умственного вида деятельности с различной напряженностью труда.

При пятидневной рабочей неделе и 8-ми часовой смене продолжительность обеденного перерыва составляет 30 мин, а регламентированные перерывы рекомендуется устанавливать через 2 ч от начала рабочей смены и через 2 ч после обеденного перерыва продолжительностью 5-7 мин каждый. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений, включая упражнения для глаз, в первой половине смены, а в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях.

8.2.8 Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [16]

Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800 °С, при которой одежда из любой ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) из брезентовой или специальной ткани. Куртки при работе не следует вправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщики должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой.

8.2.9 Факторы, связанные с неподвижными режущими, колющими, обдирающими, разрывающими (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) частями твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ними, согласно ГОСТ Р 56906-2016 [25]

Важное значение имеет внедрение комплексной механизации и автоматизации, что значительно уменьшает опасность травм механического характера.

Основные причины травматизма при сборке и сварке: неисправный инструмент: кувалды, молотки, гаечные ключи, зубила и т.п., отсутствие защитных очков при очистке швов от шлака; отсутствие спецодежды и других защитных средств.

Меры безопасности в этом случае: все указанные средства и инструменты следует периодически проверять; от рабочих необходимо требовать соблюдения всех правил по технике безопасности, включая работу в спецодежде, рукавицах; (где это необходимо) и т.д. Вывешивать в местах, где рабочие наиболее подвержены данному фактору, таблички\плакаты, напоминающие рабочим о применении средств индивидуальной защиты.

8.2.10 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, согласно ГОСТ 12.1.019-2017 [26]

При сварке плавлением используют источники тока с напряжением

холостого хода $U_{xx} = 45 - 80$ В, при постоянном токе $U_{xx} = 55 - 75$ В при переменном токе. Поэтому источником возникновения данного опасного фактора является источник питания сварочной дуги.

Наиболее типичные травмы, в результате воздействия на человека данного фактора является поражение электрическим током.

Учитывая непостоянную величину электрического сопротивления человеческого тела (так, при сухой коже, например, сопротивление составляет 8000-20000 Ом, а при влажных руках, повреждениях кожи сопротивление снижается до 400-1000 Ом), безопасным считают напряжение не выше 12 В. Если сварщик работает в тесном помещении, может иметь большую площадь контакта с металлической поверхностью, с целью уменьшения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдение следующих мероприятий:

Надежная изоляция всех проводов, связанных с питанием источника тока и сварочной дуги, устройство геометрически закрытых включающих устройств, заземление корпусов сварочных аппаратов. Заземлению подлежат: корпуса источников питания, аппаратного ящика, вспомогательное электрическое оборудование. Сечение заземляющих проводов должно быть не менее 25 мм². Подключением, отключением и ремонтом сварочного оборудования занимается только дежурный электромонтер. Сварщикам запрещается производить эти работы.

- Надежное устройство электрододержателя с хорошей изоляцией, которая гарантирует, что не будет случайного контакта токоведущих частей электрододержателя со свариваемым изделием или руками сварщика (ГОСТ 14651-78). Электрододержатель должен иметь высокую механическую прочность и выдерживать не менее 8000 зажимов электродов;

- Работа в исправной сухой спецодежде и рукавицах. При работе в тесных отсеках и замкнутых пространствах обязательно использование резиновых галош и ковриков, источников освещения с напряжением не свыше 6-12 В;

Наряду с соблюдением указанных требований, с целью предотвращения поражения электрическим током, необходимо проводить инструктаж о том, что

на рабочем месте запрещается притрагиваться к клеммам и зажимным болтам цепи высокого напряжения.

8.2.11 Факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов, согласно ГОСТ 12.1.006-84 [27]

Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, иммунной, сердечно-сосудистой и других систем организма человека.

В процессе длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические заболевания (выпадение волос, ломкость ногтей). При этом наблюдается вялость, снижение точности рабочих движений, возникновение болей в сердце.

При сварке существует три источника электромагнитных полей, способных оказывать биологическое воздействие на сварщика:

- Процессы в источнике питания электрической дуги сварочным током;
- Процессы в сварочной цепи, включая электрическую дугу;
- Процессы в устройствах для возбуждения или поддержания устойчивости сварочной дуги (осцилляторов и генераторов импульсов).

Для защиты сварщика от вредных воздействий необходимо использовать защитный костюм сварщика, экранировать источник питания сварочной дуги.

8.3 Экологическая безопасность

Основные источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

- Твердые отходы (огарки вольфрамового электрода, присадочная проволока, офисная бумага и тд.);
- Газообразные отходы (аргон, углекислый газ, пыль, аэрозоли окисей металлов, выделяющихся в процессе сварки и тд.);
- Жидкие отходы (бытовые отходы, образующиеся в результате влажной уборки помещений, при использовании водопровода);

Предприятие относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Санитарно-защитная зона не требуется.

Для утилизации твердых отходов на производстве используют несколько контейнеров, для разделения металлических отходов и бытового мусора. Металлические отходы выбрасываются в отдельный контейнер, который после заполнения отправляется на рассортировку по виду металла и переработку в соответствующие службы, а бытовой мусор складывается в специальный контейнер, который в последствии вывозят специализированные службы на городскую свалку. Нормативы накопления твердых коммунальных отходов на территории г. Томск, утверждённые приказом Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области от 20.07.2018 №129 [28] для научно – исследовательских, проектных институтов и конструкторских бюро предусмотрено: на 1 м² площади 3.4642 кг 0.0819м³ отходов в месяц, 41.57 кг 0.9831 м³ в год. Таким образом, обеспечивается защита селитебной зоны от твердых отходов.

Газообразные отходы перед выбросом подвергаются обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, которые защищают атмосферу от загрязнений. В связи с этим, каждый сварочный пост должен быть оборудован вытяжкой с фильтрами для улавливания выделяющихся в процессе сварки

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

Жидкие отходы сбрасываются в городскую канализацию и поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях, тем самым обеспечивается защита гидросферы от возможных загрязнений. Макулатура сдаётся специальными службами в пункты приёма макулатуры.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время сварочных работ в лаборатории основной возможной чрезвычайной ситуацией является вероятность возникновения пожара и взрыва. Вероятность возникновения пожара обусловлена скоплением пыли вокруг сварочного поста, сварочного автомата и в материнской плате источника питания сварочного автомата. Вероятность взрыва обусловлена тем, что при сварке используется аргон, находящийся под большим давлением в баллоне, который при чрезмерном нагреве и соответственно увеличении давления может взорваться.

Чтобы избежать данные ЧС нужно соблюдать требования пожарной безопасности.

С целью предотвращения возможности возникновения пожаров и взрывов требуется:

- Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- Следить за уровнем давления аргона в баллоне;
- Проверять нормированный уровень аргона в помещении, проветривать помещение;
- Следить за чистотой на рабочем месте, вытирать скопившуюся пыль;
- Следить за чистотой источника питания и его материнской платы, снимать крышку и пылесосить скопившуюся пыль;

- Все сотрудники должны быть ознакомлены с планом пожарной эвакуации и знать где находятся средства первичного тушения очага возгорания(огнетушители).

При возникновении аварии или аварийной ситуации работники должны:

- прекратить работу, отключить электрогазосварочное оборудование и обесточить помещение;

- выключить приточно-вытяжную вентиляцию и закрыть окна;

- немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную службу по номеру телефона «01» - для рабочего телефона и «101» - для сотового телефона, указав точный адрес и место возникновения пожара;

оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;

- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Места проведения сварочных работ должны быть обеспечены средствами первичного пожаротушения. В лаборатории обычно используются следующие огнетушители:

- Огнетушитель порошковый ОП-3(з);

- Огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Сварочные посты в лаборатории ТПУ относятся к категории «Г» - умеренная пожароопасность. На данном участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители располагаются на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

8.5 Заключение по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе, за исключением фактора, обладающего свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, достаточно соблюдать меры, приведённые в МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [24].

Категория по электробезопасности, согласно правилам устройства электроустановок, соответствует второму классу – «помещения с повышенной опасностью».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путём обучения в учебном центре по программе не менее 72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна быть не менее 20 часов. Определяя продолжительность подготовки, нужно учитывать теоретическое и практическое обучение, в том числе стажировку на рабочем месте. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [17] относится к категории Па (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

Помещение лаборатории категории помещения группы Г, возможный класс пожара Е. Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении: электрооборудование, установки под напряжением.

Предприятие относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Санитарно-защитная зона не требуется.

Заключение

Сравнение исследуемого способа сварки с другими способами сварки циркония и нержавеющей сталей показывает, что исследуемый способ является наиболее перспективным.

Однако для развития и внедрения на производство данного способа сварки необходимо провести ряд исследований. В данной работе были проведены исследования по влиянию силы тока, времени и формы импульса на конструктивные параметры сварных соединений. Обозначены такие проблемы, как различная цилиндричность сварных точек, образование кратеров. Проблему образования кратеров удалось решить.

Анализ графиков показывает, что при увеличении времени линейного спада заднего фронта импульса проплавление сварных точек более цилиндричное. Анализ шлифов показывает, что для уменьшения размеров кратера длительность времени линейного спада должна быть около 100 мс, однако полностью предотвратить образование кратеров не удалось. Использование медной подкладки позволяет получать сварные соединения без кратеров, используя импульсы как с линейным спадом заднего фронта разной длительности, так и прямоугольной формы. Используя форму импульса с резким спадом заднего фронта до 100А и дальнейшим линейным спадом до 0А длительностью 150мс. удалось получить сварное соединение удовлетворительного качества без использования медной подкладки, однако зёрна стали в пределах зоны термического влияния относительно крупные.

Список использованных источников

1. Бескоровайный Н.М. Конструкционные материалы ядерных реакторов / Н.М. Бескоровайный, Ю.С. Беломытцев, М.Д. Абрамович, В.К. Иванов, В.И. Шулепов. – М.: Атомиздат, 1977. – 257 с.
2. Богодухов С. И. Материаловедение / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. – М.: Машиностроение, 2020. – 504 с.
3. Металлургия циркония : пер. с англ. / Под ред. Г.А. Меерсона, Ю.В. Гагаринского. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – 419 с.
4. Васильев В. И. Введение в основы сварки / В. И. Васильев, Д. П. Ильященко, Н. В. Павлов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 317с.
5. Масаков В.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие / В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 184 с. : обл.
6. Влияние давления окружающей среды на импульсную лазерную обработку аустенитной нержавеющей стали / J. Su, Z. Zhang, M. Xiao, Z. Ye, Y. Yang // J. Mater Process, – 2001. – С. 1-54.
7. Сливинский А.А. Теплофизические особенности импульсно-дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах (обзор). / А.А. Славинский, Л.А. Жданов, В.В. Коротенко // Автоматическая сварка. – 2015. – №11 (747). – С. 32-38.
8. Дедюх Р.И. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. Технология сварки плавлением – изд. «Юрайт», 2016. – Гл. 7 – С. 103-120.
9. ГОСТ ISO 6848-2020. Дуговая сварка и резка. Электроды неплавящиеся вольфрамовые. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2020. –14 с.
10. А.С. Киселёв. Влияние параметров режима на пространственную устойчивость дуги при сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом

в среде аргона / А.С. Киселёв, А.С. Гордынец // Вестник науки Сибири. – 2013. – № 4(10). – С. 61-67.

11. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ, 2007. – С. 1-6.

12. ГОСТ 10157-2016. Аргон газообразный и жидкий. – М.: Стандартиформ, 2016. – 27 с.

13. ГОСТ 12.3.003-86. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

14. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М., 2017. – 16 с.

15. ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. – М.: Стандартиформ, 2006. – 23 с.

16. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 1989. – 50 с.

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

18. ГОСТ ISO 9612-2016. Акустика. Измерение шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. – М.: Стандартиформ, 2019. – 46 с.

19. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – М., 2017. – 135 с.

20. ГОСТ 12.4.254-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2020. – 32 с.

21. ГОСТ 32423-2013. Классификация опасности смесевой химической продукции по воздействию на организм. – М.: Стандартинформ, 2014. – 17 с.
22. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 31.12.2020 №988н/1420н. Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/1838> (дата обращения 6.06.2020). – Текст : электронный.
23. ТК РФ Статья 220. «Гарантии права работников на труд в условиях, соответствующих требованиям охраны труда»
24. МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»
25. ГОСТ Р 56906-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства. – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
26. ГОСТ 12.1.019-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2017. – 20 с.
27. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – М.: Стандартинформ, 1986. – 5 с.
28. Приказ Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области №129 от 20.07.2018. «Об утверждении нормативов накопления твёрдых коммунальных отходов на территории Томской области».

Приложение А

(обязательное)

Графики, изображения шлифов и таблица к экспериментам

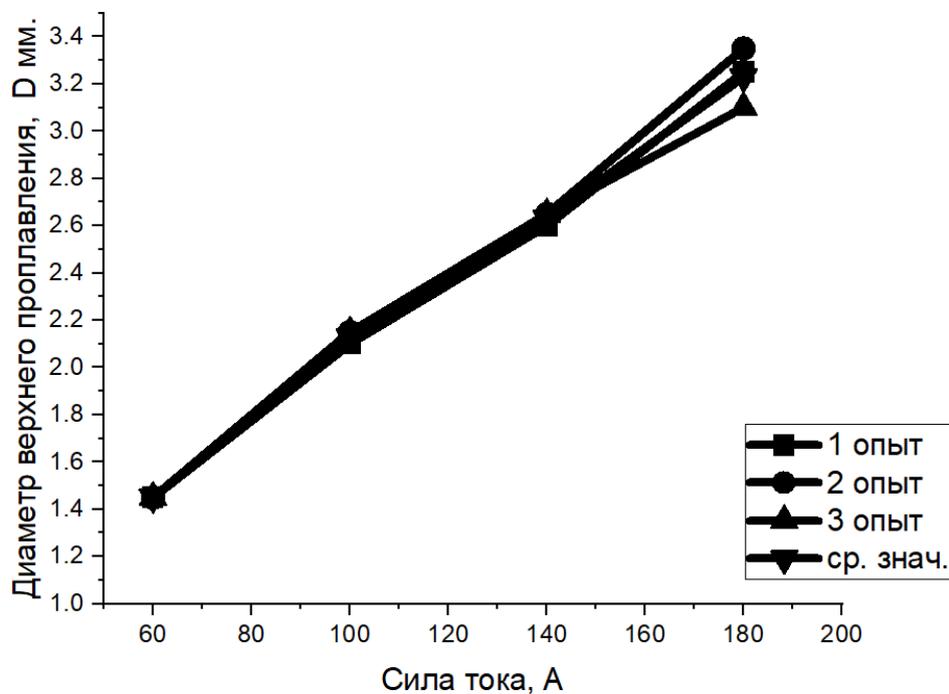


Рисунок А.2 – Зависимость диаметра шва с верхней стороны свариваемого листа (D , мм) от силы тока импульса

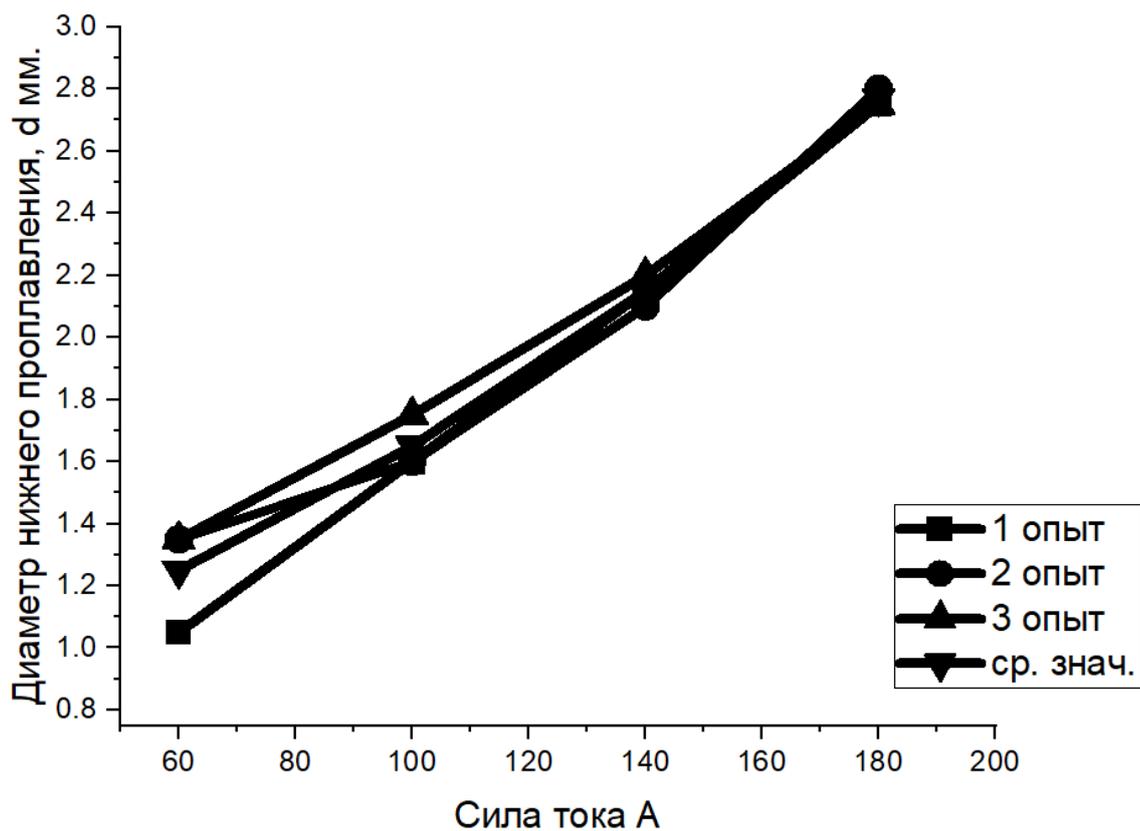


Рисунок А.3 – Зависимость диаметра шва с нижней стороны свариваемого листа (d, мм) от силы тока импульса

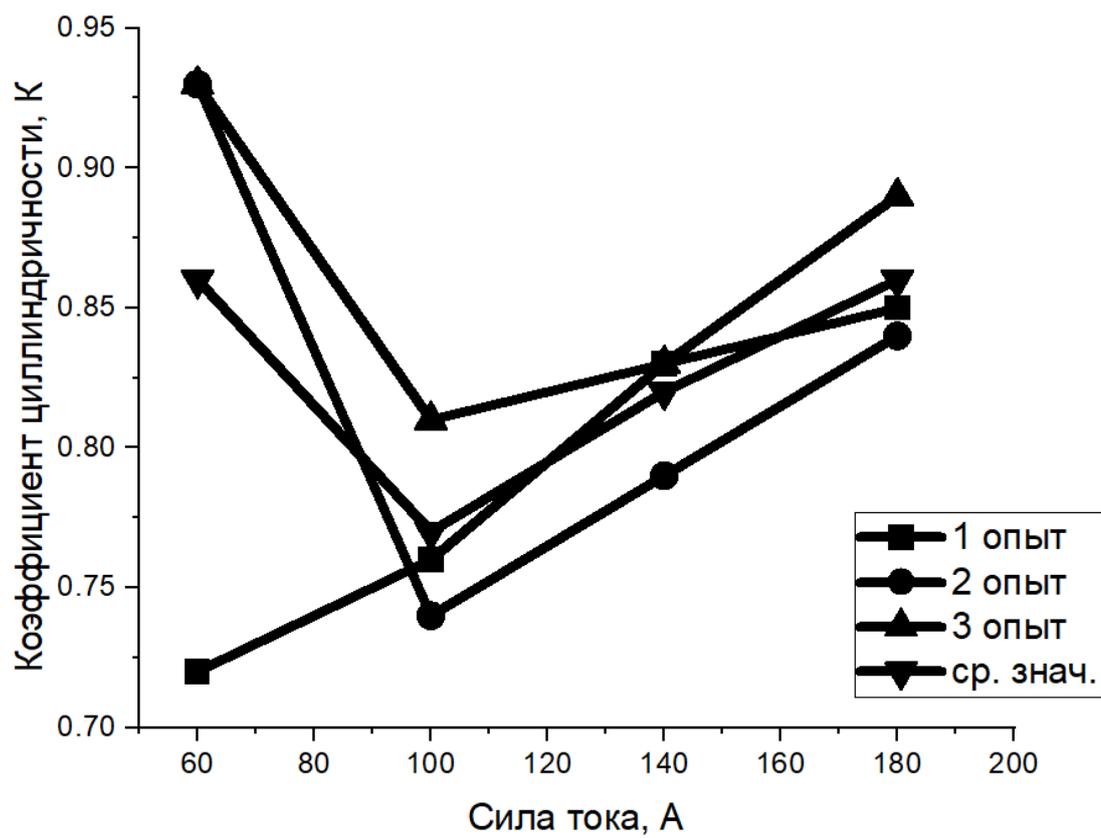


Рисунок А.4 – Зависимость коэффициента цилиндричности шва от силы тока.

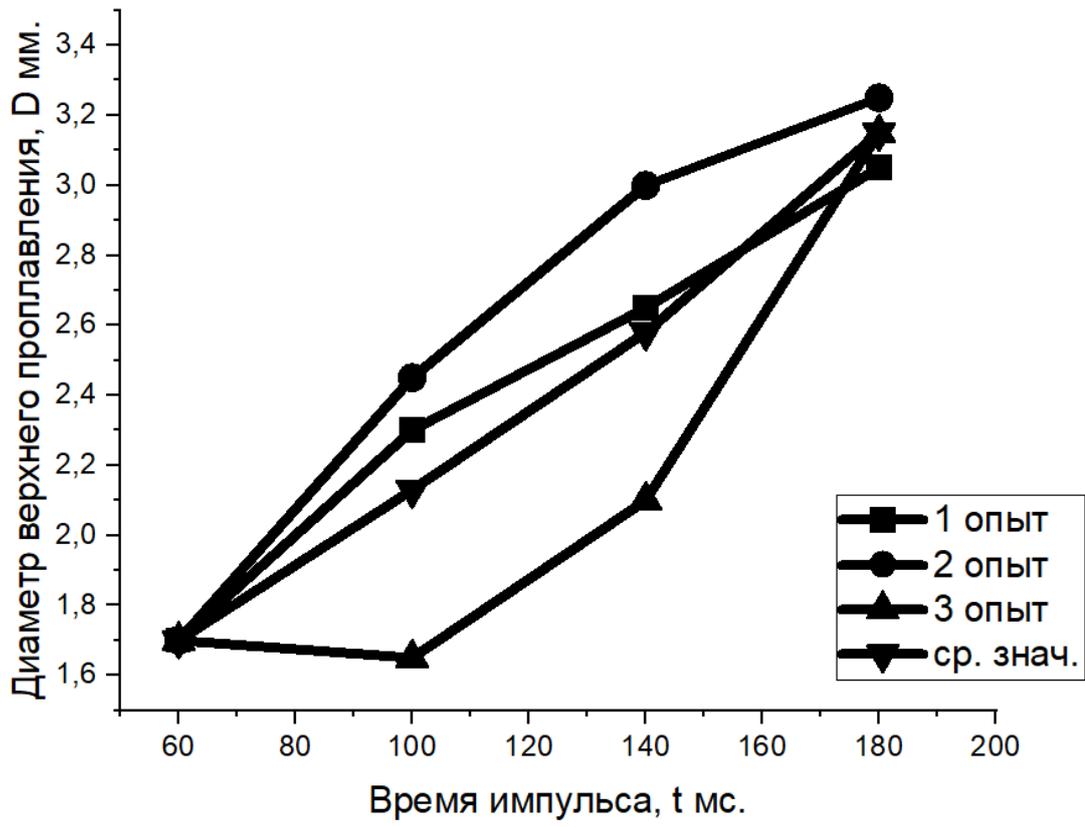


Рисунок А.5 – Зависимость верхнего диаметра шва от времени импульса

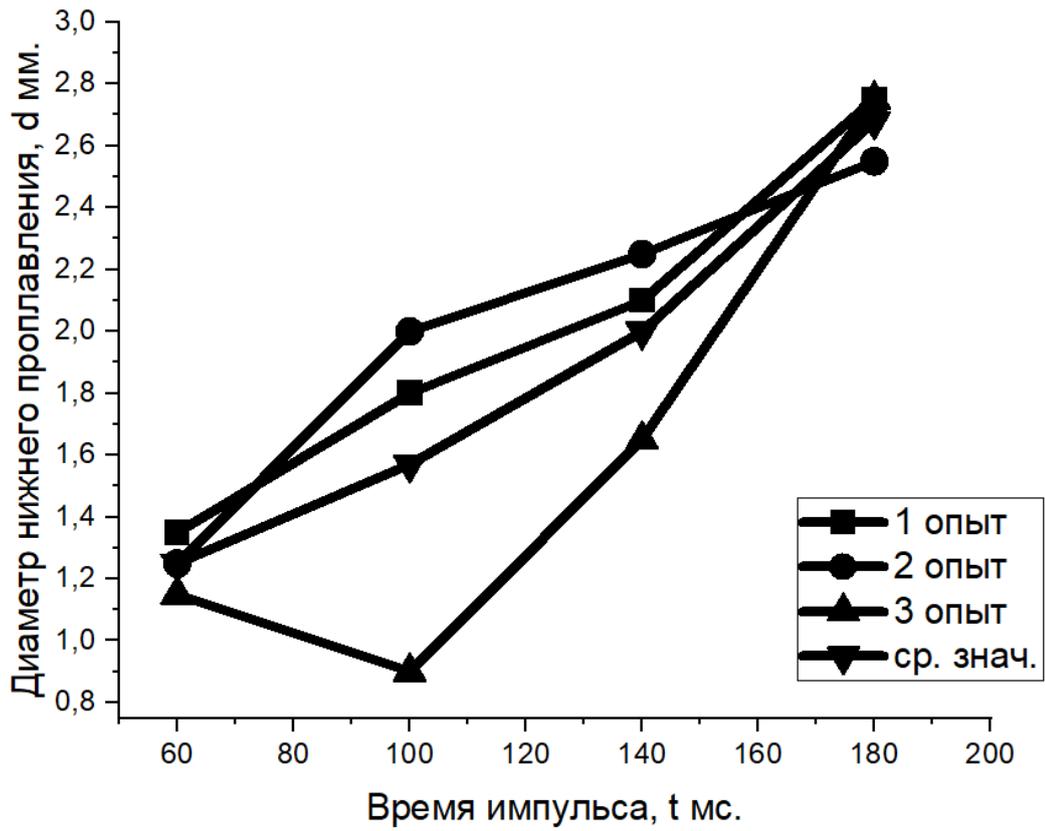


Рисунок А.6 – Зависимость нижнего диаметра от времени импульса

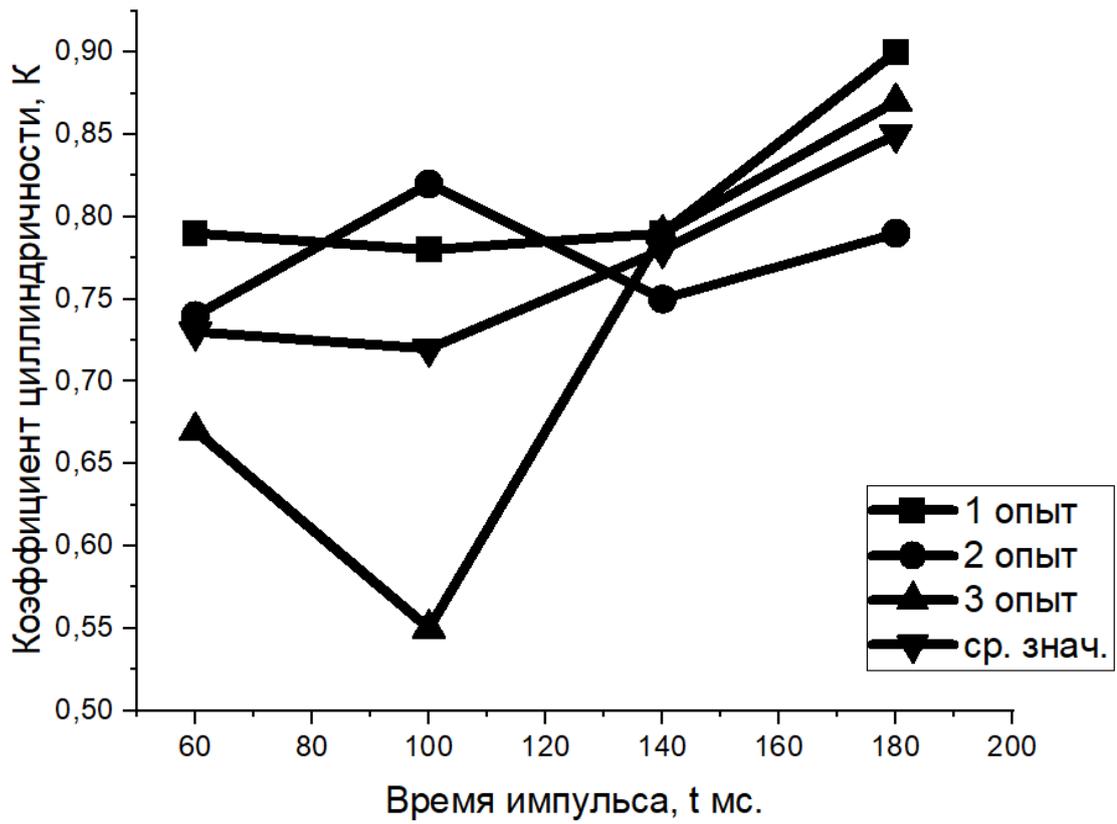


Рисунок А.7 – Зависимость коэффициента цилиндричности от времени импульса

Таблица А.8 – Формы импульсов и их влияние на геометрические размеры сварных соединений

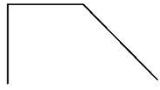
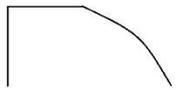
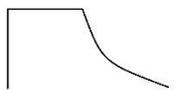
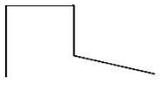
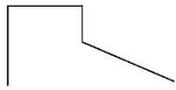
Номер шлифа	Форма импульса	Длительность заднего фронта импульса, мс	Полученные верхние диаметры сварных точек, мм	Полученные нижние диаметры сварных точек, мм
0		0	1,9	0,9
1		50	2	1,3
2		100	2,1	1,2
3		150	2,1	1,9
4		50	2	1,5
5		100	1,9	1,5
6		150	2	1,7
7		50	2,1	1,7
8		100	2,4	2,1
9		150	2,2	2
10		150	1,7	1,3
11		150	1,9	1,6



Рисунок А.8 – Шлиф 1



Рисунок А.9 – Шлиф 2



Рисунок А.10 – Шлиф 2



Рисунок А.11 – Шлиф 3



Рисунок А.12 – Шлиф 3



Рисунок А.13 – Шлиф 11

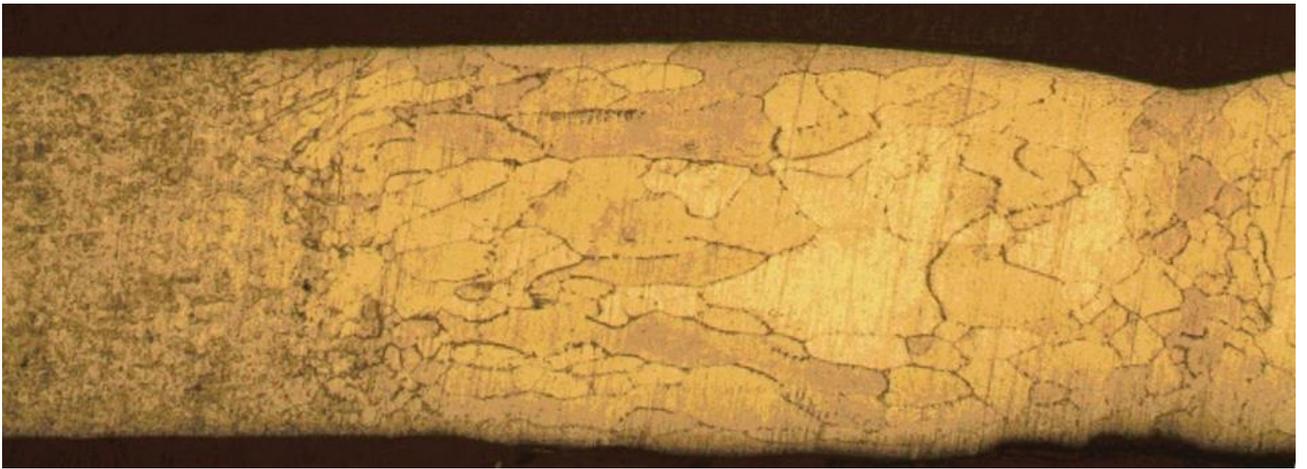


Рисунок А.14 – Шлиф 11

Приложение Б

(обязательное)

Комплект таблиц

Таблица Б.14 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются;</p> <p>С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>С4. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С5. Нетребовательность к квалификации сварщика.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие производства данного сварочного оборудования;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В2. Публикации о проекте в тематических журналах.</p> <p>В3. Нетребовательность к квалификации сварщика позволяет легче приспособить данный метод к использованию в других странах.</p>	<p>Разработка данного метода сварки повысит ресурсоэффективность и качество сварочных работ на производстве.</p>	<p>Изучение данного метода способствует разработке сварочного оборудования, его выпуску и внедрению на производство</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Внедрение в производство конкурирующих способов сварки;</p> <p>У3. Нехватка финансирования;</p>	<p>Нетребовательность к квалификации сварщика снижает экономические затраты на сварочные работы, увеличивая спрос на применение данного метода на производстве.</p>	<p>Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для проведения экспериментов</p>

Таблица Б.15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр Ассистент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Ассистент Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение экспериментов	Ассистент Бакалавр
	6	Обработка полученных экспериментальных данных	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Руководитель Бакалавр
Написание раздела «Социальная ответственность»	8	Анализ работы с точки зрения безопасности	Бакалавр
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	9	Анализ работы с экономической точки зрения	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	10	Подведение итогов, оформление работы	Бакалавр

Таблица Б.16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполни- тели	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях 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 технического задания	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Выбор направления исследований	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	2	1	1	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	2	2	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	2	2	2	2	2
Подбор и изучение материалов по теме	9	10	13	12	16	17	10,2	12,4	14,6	Студент	12	13	16	16	17	22
Проведение экспериментов	10	12	14	12	15	17	10,8	13,2	15,8	Студент, научный руководитель	11	14	15	13	18	19

Продолжение таблицы Б.16

Обработка полученных экспериментальных данных	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	Студент	7	7	9	9	9	11
Анализ результатов и проверка научным руководителем	4	4	5	6	6	8	4,8	4,8	6,2	Студент	4	5	5	4	7	7
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5
Написание раздела «Социальная ответственность»	1	2	2	3	4	4	1,8	2,8	2,8	Студент	1	2	2	1	2	2
Оформление ВКР	5	4	6	7	7	8	5,8	5,2	6,2	Студент	5	6	7	5	8	9

Таблица Б.17 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	Т _{ки} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	■													
2	Составление и утверждение плана работ	НР, Ас	1	■													
4	Выбор направле-ния исследования	Ст, Ас	2		■												
5	Календарное пла-нирование работ	Ст, НР	2		■												
6	Подбор и изуче-ние материалов по теме	Ст	16			■	■	■	■								
7	Проведение экс-периментов	Ст, Ас	13						■	■							
8	Обработка полу-ченных экспери-ментальных дан-ных	Ст	9						■	■	■						
9	Анализ результа-тов и проверка научным руково-дителем	Ст, НР	4											■			
10	Написание раз-дела «Финансо-вый менеджмент»	Ст	5												■		
11	Написание раз-дела «Социальная ответственность»	Ст	1													■	
12	Оформление ВКР	Ст	5													■	■

■ – научный руководитель; ■ – студент.

Таблица Б.18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Офисная бумага, упаковка 500 листов	Шт.	480	1	480
Ручка	Шт.	25	4	100
Тетрадь, 48 листов	Шт.	50	1	50
Картридж для принтера	Шт.	750	1	750
Защитный газ (аргон) ГОСТ 10157-79	л	40	6	240
Нарезанные заготовки из листа циркония Э110 толщиной 1 мм ТУ 96.166-92	кг	8900	0,5	4450
Нарезанные заготовки из листа стали 08Кп толщиной 2 мм ГОСТ 9045-93	кг	45,54	0,5	22,77

Продолжение таблицы Б.18

Вольфрамовые электроды WL- 20 упаковка 2x1,0 мм; 2x1,6 мм; 2x2 мм;	шт	1	1	921
Итого	7013,77			
Итого с учетом транспортно-загото- вительных расходов (10%)	7715,147			

Таблица Б.20 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по катего- риям	Трудоем- кость, чел.- дн.			Зарплата, при- ходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	3	2			4	4	6
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное пла- нирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	12	13	16	2			24	26	32

Продолжение таблицы Б.20 – Расчет основной заработной платы

7.	Создание процесса измерения толщины термоизоляционных материалов	Ст, НР							
			11	14	15	5,1	56,1	71,4	76,5
8.	Разработка методики	Ст							
			7	7	9	2	14	14	18
9.	Оценка эффективности полученных результатов	Ст							
			4	5	5	2	8	10	10
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст							
			5	5	5	2	10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст							
			1	2	2	2	2	4	4
12	Оформление ВКР	Ст							
			5	6	7	2	10	12	14
Итого							156,7	185,1	207,3

Таблица Б.27 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте

№ п/п	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1	Производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся: повышенным уровнем общей вибрации	ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка воздействия на человека.
2	Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.	ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на месте нахождения работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции;	СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
4	Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума.	ГОСТ ISO 9612-2016 Акустика. Измерение шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах.
5	Производственные факторы, связанные со световой средой: отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений, повышенная яркость света.	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.

Продолжение таблицы Б.27

6	<p>Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (токсические жидкости, предназначенные для обезжиривания поверхности металла, травления поверхности металла, газ - аргон), представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования.</p>	<p>ГОСТ 32423-2013 классификация опасности смесевой химической продукции по воздействию на организм</p>
7	<p>Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, такие как физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.</p>	<p>СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы «гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»</p>
8	<p>Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека;</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</p>
9	<p>Факторы, связанные с неподвижными режущими, колющими, обдирающими, разрывающими (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) частями твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ними;</p>	<p>ГОСТ Р 56906-2016 Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства</p>
10	<p>Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий</p>	<p>ГОСТ 12.1.019-2017 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p>

Продолжение таблицы Б.27

11	Факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
----	--	---