

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт **Неразрушающего контроля (ИНК)**

Направление подготовки **15.03.01 – Машиностроение**

Кафедра **Оборудования и технологии сварочного производства (ОТСП)**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярным импульсом тока

УДК 621.791.754'29

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Скрипко Степан Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<u>ОСТП</u>	Киселев А.С.	к.т.н., доц.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт **Неразрушающего контроля (ИНК)**

Направление подготовки **15.03.01 – Машиностроение**

Кафедра **Оборудования и технологии сварочного производства (ОТСП)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Киселев А.С.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1в21	Скрипко Степану Игоревичу

Тема работы:

Исследование процесса дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярным импульсом тока	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	Дуговая микросварка неплавящимся электродом в среде инертных газов
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Исследовать влияние параметров режима сварки на глубину проплавления и диаметр точки расплавления при дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	-

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	
-	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1в21	Скрипко Степан Игоревич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1в21	Скрипко Степану Игоревичу

Институт	неразрушающего контроля	Кафедра	Оборудования и технологии сварочного производства (ОТСП)
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	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1в21	Скрипко Степан Игоревич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Скрипко Степану Игоревичу

Институт	неразрушающего контроля	Кафедра	Оборудования и технологии сварочного производства (ОТСП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 – Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (Вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследование процесса дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока. Данный способ применяется в приборостроении, атомной промышленности, ювелирной промышленности, имплантологии, медтехники.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и проектируемого решения.	- Повышенная температура или влажность воздуха помещения; - Повышенный уровень вибрации; - Недостаточная освещённость рабочей зоны; - Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. - Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму за счет отсутствия загрязняющих веществ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. К мерам предупреждения будут относиться: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия; 2. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 3. Подготовка работающих к действию условиях ЧС; 4. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	- Правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Скрипко Степан Игоревич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 50 с., 8 рисунков, 19 таблиц, 8 источников.

Ключевые слова: микросварка, униполярный импульс, неплавящийся электрод, защитный газ, тонкостенные детали.

Объектом исследования является: процесс дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов одиночными импульсами тока.

Цель работы – исследовать влияние параметров режима сварки на проплавление изделия.

В процессе исследования проводились эксперименты по выявлению влияния параметров режима сварки на проплавление изделий

В результате исследования было выявлено что с повышением напряжения заряда накопительного конденсатора и его ёмкости увеличивается амплитуда и длительность сварочного тока. При возрастании амплитуды сварочного тока и его длительности – диаметр и глубина точки проплавления растёт. Изменение диаметра электрода в большую сторону приводит к возрастанию диаметра точки расплавления.

Область применения: приборостроение, атомная промышленность, имплантология, медтехника, ювелирная промышленность и др.

Abstract

Final qualifying work 50 pages, 8 figures, 19 tables, 8 references.

Keywords: microwelding, unipolar pulse, TIG welding, shielding gas, thin-walled parts.

The object of the research: the process micro TIG by single pulsed arc.

Purpose - to investigate the influence of welding parameters on fusion depth.

The study carried out experiments to determine the effect of welding parameters on fusion depth.

The study revealed that with increasing the charge voltage and capacitance of the storage capacitor increases the amplitude and duration of the welding current. With increasing amplitude and duration of the welding current – the diameter and fusion depth point is increasing. Changing the electrode diameter in a big way increasing the diameter of the point.

Application field: instrument making, atomic engineering, implants, medical devices, jewelry industry, etc.

Содержание

Введение.....	9
1 Обзор литературы	10
2 Объект и методы исследования	14
3 Результаты проведенного исследования	17
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения.....	20
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	20
4.2 Анализ конкурентных технических решений	21
4.3 SWOT – анализ	23
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	25
4.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	25
4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования	25
4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ	26
4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	27
4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	31
4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	31
4.6.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы ..	32
4.6.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	33
4.6.4 Накладные расходы	34
4.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	34
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	35
5 Социальная ответственность	38
5.1 Введение.....	38
5.2 Производственная безопасность	39
5.3 Экологическая безопасность.....	43
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	44
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	46
Заключение	49
Список используемых источников.....	50

Введение

Технический прогресс в различных отраслях науки и техники сопровождается непрерывной миниатюризацией различных приборов и оборудования. В связи с чем возрастает потребность в соединении деталей малых толщин. Основные способы сварки деталей малой толщины являются: газовая сварка, дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов, лазерная сварка, электроннолучевая сварка и микроплазменная сварка. Однако перечисленные способы обладают различными недостатками. Например, газовая сварка не обеспечивает высоких служебных свойств неразъемного соединения. Дуговая сварка позволяет получать сварные соединения требуемого качества, но минимальная толщину которую можно сварить это 0,5 мм. При использовании электроннолучевой и лазерной сварки обеспечивается требуемое качество неразъемного соединения деталей, но к их недостатком относятся: высокая стоимость приобретения и эксплуатации этого оборудования, опасные излучения сопровождающие процесс сварки.

Альтернативным способом сварки деталей малой толщины, является импульсная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов. Однако широкому применению этого способа препятствует отсутствие рекомендации по выбору технологических параметров режима сварки. Из-за чего возникает необходимость проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Цель данной работы заключается в исследовании влияния параметров режима сварки на проплавление изделия.

1 Обзор литературы

Для соединения деталей малых толщин и размеров широко применяют различные способы сварки плавлением в основном такие как дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов, лазерная сварка, электроннолучевая сварка и микроплазменная сварка [1, 2, 3].

Электронно-лучевая сварка позволяет получить требуемое качество сварного соединения. Сущность данного процесса состоит в использовании кинетической энергии электронов, движущихся в высоком вакууме с большой скоростью. При бомбардировке электронами поверхности металла большая часть кинетической энергии электронов превращается в теплоту, которая расходуется на расплавление металла. Однако для широкого применения этого способа сварки для соединения таких деталей препятствуют недостатки: высокая стоимость оборудования; необходимость наличия вакуумных камер, что ограничивает размеры свариваемых деталей; вредное рентгеновское излучение; необходимость высококвалифицированного персонала [4].

При лазерной сварке в качестве источника теплоты используется интенсивный остронаправленный пучок света, излучаемый оптическим квантовым генератором. Преимущества: Возможность получения швов с минимальным расплавлением металла, минимальными остаточными напряжениями и деформациями; возможность сварки через прозрачные среды, в труднодоступных местах; отсутствие потерь времени на загрузку, вакуумирование и выгрузку деталей в сравнении с электронно-лучевой сваркой, а к недостаткам относятся: высокая стоимость лазерных установок; низкий КПД лазерных установок [5].

Плазменная сварка относится к дуговым видам сварки, при этом в качестве источника нагрева свариваемых заготовок используется сжатая дуга. В зависимости от силы сварочного тока различают три разновидности плазменной сварки – микроплазменную, сварку на средних токах, сварку на больших токах. Наиболее распространена микроплазменная сварка. Микроплазменной дугой сваривают листы толщиной 0,025-0,8 мм из

углеродистой и нержавеющей стали, меди, титана, молибдена и др. Установки для микроплазменной сварки позволяют осуществлять сварку в различных режимах – непрерывном прямой и обратной полярности, импульсном прямой полярности, разно полярными импульсами [3].

По сравнению с аргонодуговой микроплазменная сварка имеет важные преимущества: изменение длины микроплазменной дуги оказывает значительно меньшее влияние на качество сварного соединения деталей малых толщин; дежурная плазменная дуга уверенно зажигается при токах менее 1 А; упрощается доступ к объекту сварки и улучшается зрительный обзор рабочего пространства. Микроплазменная сварка находит широкое применение: в радиоэлектронике и приборостроении для сварки тонких листов и фольги; в авиационной промышленности – для изготовления деталей толщиной 0,1...0,5 мм типа сильфонов, тонкостенный трубопроводов, деталей приборов из легированных сталей, алюминиевых сплавов, тугоплавких металлов; в производстве и ремонте деталей электроники и космонавтики, измерительных инструментов, ювелирных изделий, металлических фильтров, термонапар и тонкостенных трубок, зубопротезирования [3].

Проведение плазменной сварки требует высокой культуры производства, соблюдения технологий заготовки и сборки, тщательного обеспечения условий охлаждения плазматронов и правил их эксплуатации. Даже небольшие нарушения режима охлаждения плазматрона приводят к его разрушению вследствие высоких температур и малого диаметра сопла [3].

Дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов одиночными импульсами тока является альтернативным способом сварки деталей малых толщин и размеров. Суть этого способа заключается в том, что плавление свариваемых деталей осуществляется кратковременно горящим, порядка 1...200 мс, дуговым разрядом. В качестве неплавящегося электрода используют вольфрамовый пруток диаметром 0,5...1 мм. При этом форма импульса сварочного тока характеризуется: быстрым его нарастанием от нуля до амплитудного значения, с последующим спадом по экспоненциальному

закону до нулевого значения. Этот способ является перспективным и экономичным по сравнению с другими способами сварки [6,7,8].

Оборудование для реализации этого способа сварки, серийно производят фирмы: «Sunstone engineering», «Lampert» и «Primotec». Внешний вид оборудования представлен на рисунке 1, а его основные технические характеристики приведены в таблице 1.

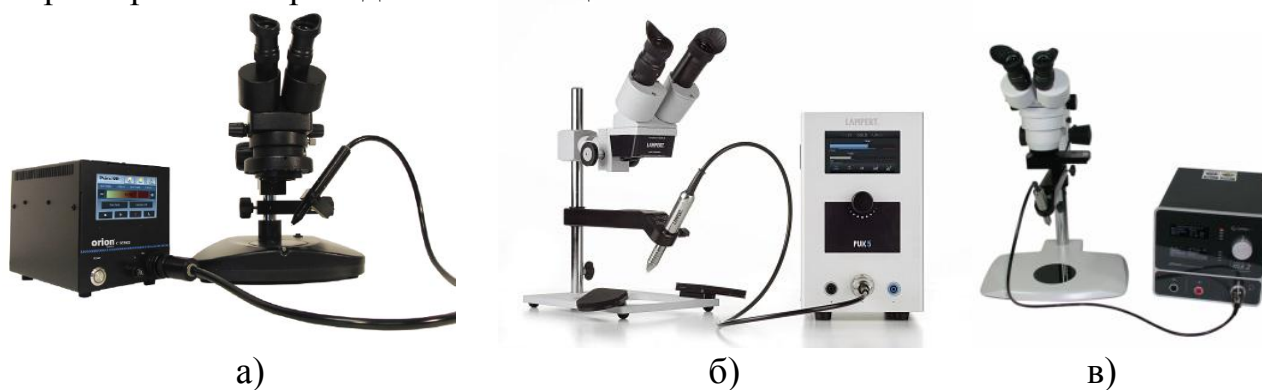


Рисунок 1 – Установки для импульсной дуговой сварки в среде инертных газов неплавящимся электродом: а) Orion 100с (Sunstone engineering, США); б) PUK-5 (Lampert, Германия); в) Pulse arc welder (Abi, США); г) Phaser mx2-1351 (primotec, США)

Таблица 1 – Технические характеристики установок для импульсной дуговой сварки в среде инертных газов неплавящимся электродом по данным производителя.

Сварочная установка	Основные технические характеристики
Orion 100с	Энергия – 5...100 Дж, масса – 3,4 кг, габаритные размеры – 235×146×165 мм
PUK-5	Сила сварочного тока – 9...400 А, длительность импульса сварочного тока – 0,5...34 мс, масса – 7,8 кг
Phaser mx2-1351	Напряжение холостого хода – 43 В, рабочее напряжение – 20...43 В, длительность сварочного импульса – 3...30 мс, масса – 9,2 кг

Анализ технической документации показал, что это оборудование характеризуется: малыми габаритными размерами и низким весом, простотой управления и настройки режимов. Зажигание дуги осуществляется контактным

способом. В документации на оборудование и специальной литературе рекомендации по выбору параметров режима сварки (амплитуда и длительность импульса, диаметр и тип вольфрамового электрода, расход защитного газа, форма импульса и т.д.) присутствуют в общем виде, в следствии чего, их выбор необходимо производить эмпирическим путем. Кроме того зажигание дуги контактным способом потенциально может приводить к загрязнению сварного соединения вольфрамовыми включениями. Таким образом, можно сделать вывод, что необходимо исследовать влияние параметров режимов сварки на формирование неразъемных соединений, а также возможность применения бесконтактного способа зажигания дуги.

Для выявления влияния параметров режима сварки на проплавление изделия была разработана экспериментальная установка, позволяющая в широких пределах регулировать параметры режима сварки. Установка изготовлена на кафедре ОТСП ТПУ. Она позволяет осуществлять бесконтактное зажигание дуги.

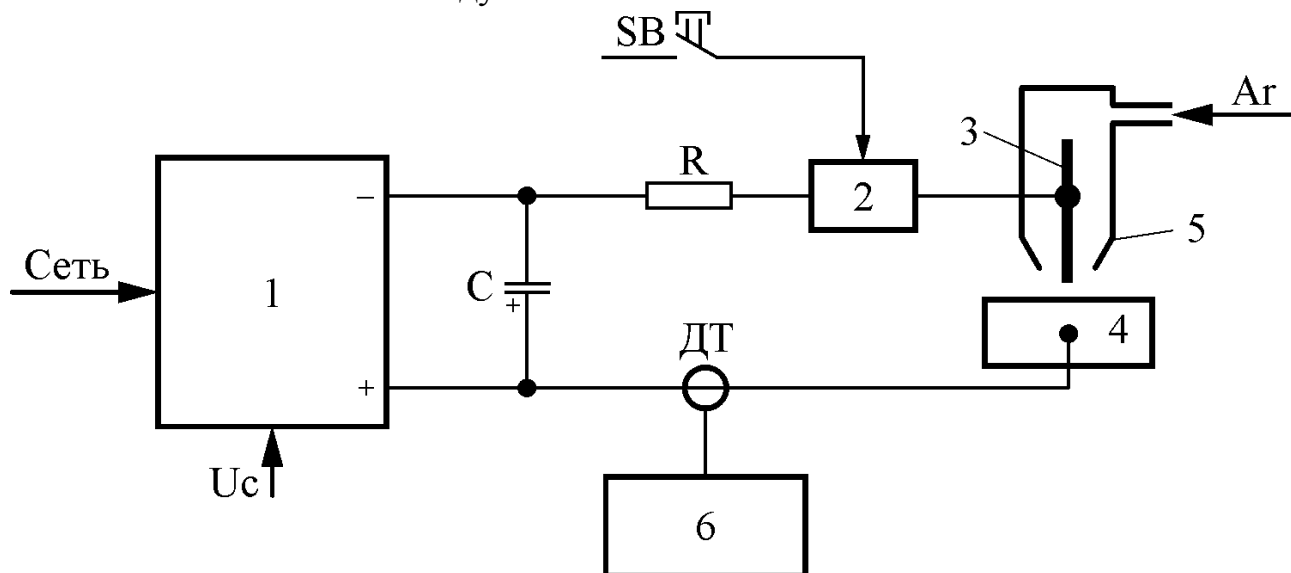


Рисунок 2 – Функциональная схема экспериментальной установки.

В состав экспериментальной установки входит: 1 – зарядное устройство; 2 – устройство бесконтактного поджога дуги; 3 – неплавящийся электрод; 4 – изделие; 5 – горелка для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов; 6 – цифровой осциллограф; C – накопительный конденсатор; R – токоограничивающий резистор; SB – кнопка инициации поджога дуги; ДТ – датчик тока на эффекте холла.

Принцип её работы заключается в предварительном заряде накопительного конденсатора (C) до заданного напряжения от устройства (1). При нажатии на кнопку SB размыкается цепь заряда, и формируется высоковольтный импульс обеспечивающий электрический пробой промежутка между электродом (3) и изделием (4), что способствует формированию дуги за счет разряда конденсатора (C) через токоограничивающий резистор (R).

Экспериментальное исследование влияния напряжения заряда накопительного конденсатора и его ёмкости на амплитуду и длительность импульса тока, заключалось в изменении напряжения заряда накопительного конденсатора от 30 до 100 В с дискретностью 10 В, и измерением параметров импульса сварочного тока по осциллограмме (Рисунок 3), полученную с помощью цифрового осциллографа. Исследование проводились при емкостях накопительного конденсатора равным 20; 40; 60 мФ.

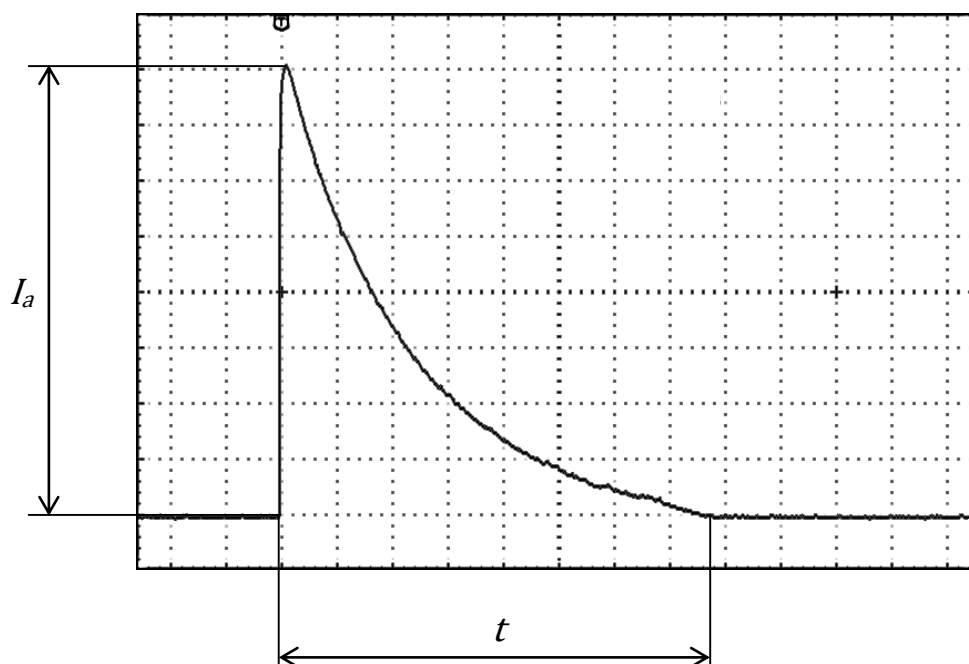


Рисунок 3 – Осциллограмма импульса сварочного тока. ($\mu_i=20$ А/дел., $\mu_t=10$ мс/дел.)

Для исследования зависимости диаметра и глубины точки расплавления от длительности импульса тока, фиксировали амплитуду импульса тока равной 150 А и изменяли длительность импульса от 20 до 80 мс. Аналогичные исследование зависимости диаметра и глубины точки расплавления от амплитуды импульса тока производили при неизменной длительности импульса тока равной 40 мс и изменяющейся амплитуды от 50 до 200 А.

Экспериментальные исследования производили при следующих условиях: в качестве защитного газа применяли аргон, расход которого составлял 2,5 л/мин, расстояние между электродом и изделием задавали равным 1 мм, неплавящийся электрод из вольфрамового прутка (ЭВТ-2) диаметром 0,5

мм имел плоскую рабочую поверхность, в качестве изделия использовалась пластина толщиной 1 мм из стали марки Ст3.

Так же было проведено исследование на влияния диаметра неплавящегося электрода на диаметр точки расплавления, при таких же условиях, за исключением изделия – использовался цирконий.

Для оценки глубины проплавления и диаметра точки расплавления были подготовлены поперечные макрошлифы. Шлифование проводилось первоначально на мелкозернистом круге, затем в ручную на бумаге с нанесением алмазной пасты с грубым и переходом к тонкому абразиву. Полирование шлифов осуществлялось на кругах обтянутых грубошёрстным сукном и алмазной пастой с очень мелким абразивом. Травление выполнялось нанесение раствора на шлиф с помощью ватной палочки в течении 5 с. В состав раствора: 10 мл азотной кислоты, 20 мл плавиковый кислоты и 60 мл глицерина.

3 Результаты проведенного исследования

Результаты экспериментальных исследований влияние напряжение заряда накопительного конденсатора и его емкости на параметры импульса сварочного тока представлены в виде графиков на рисунке 4, из которых следует что амплитуда импульса тока практически линейно зависит от напряжения заряда, а его длительность находится в прямой зависимости от ёмкости накопительного конденсатора. Однако длительность импульса также изменяется пропорционально напряжению заряда.

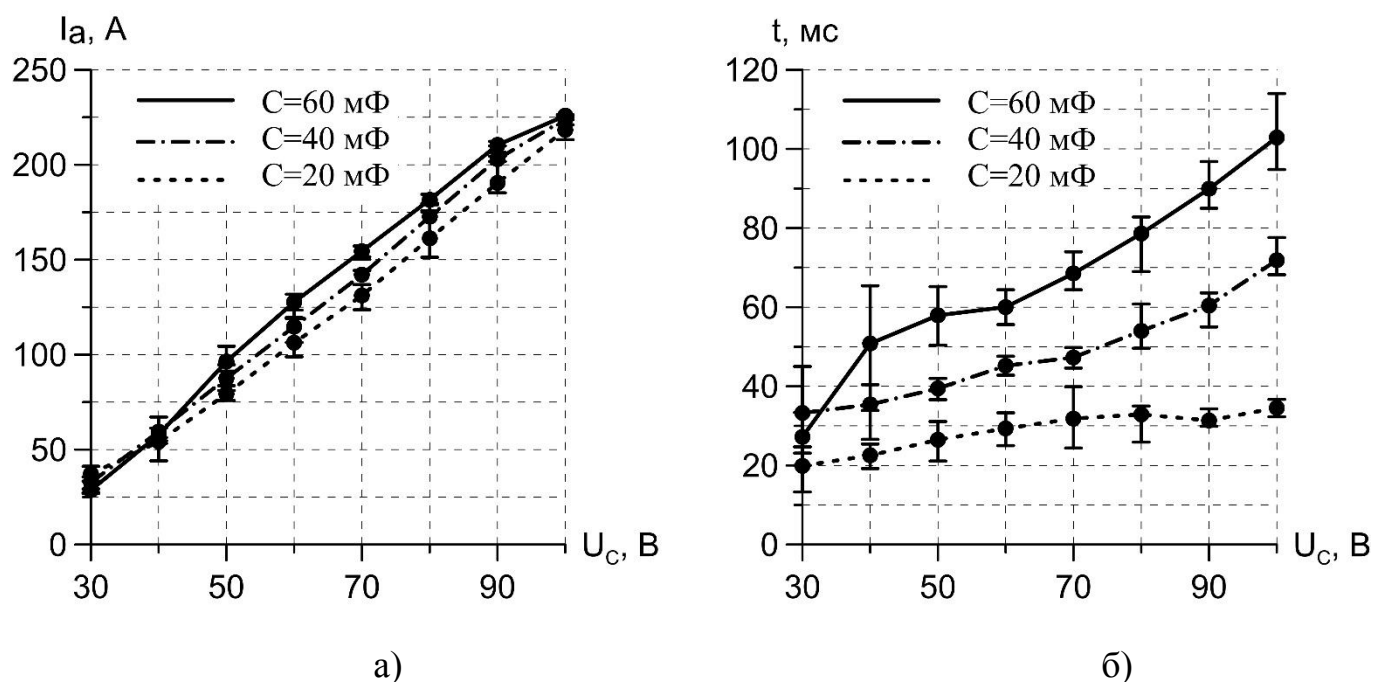


Рисунок 4 – Влияние напряжения заряда накопительного конденсатора и его ёмкости на: амплитуду импульса тока (а); длительность импульса тока (б).

Из анализа фотографий точек расплавления изделия (рисунок 5) следует, что зона плавления металла имеет форму окружности, в центре которой формируется возвышенность. Диаметр и глубину точки расплавления оценивали по поперечным микрошлифам, как показано на рисунке 6. Влияние амплитуды и длительности импульса тока на диаметр и глубину проплавления точек представлены в виде графиков на рисунке 7.

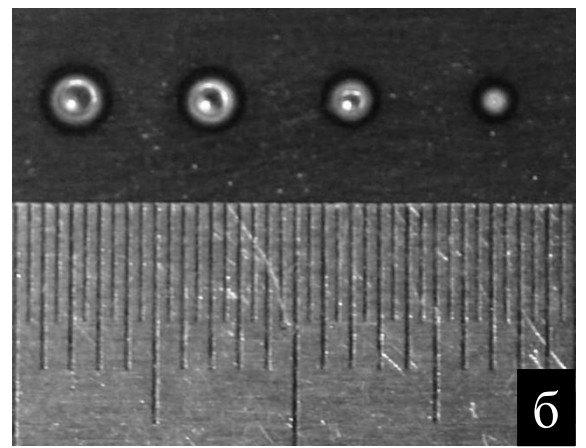
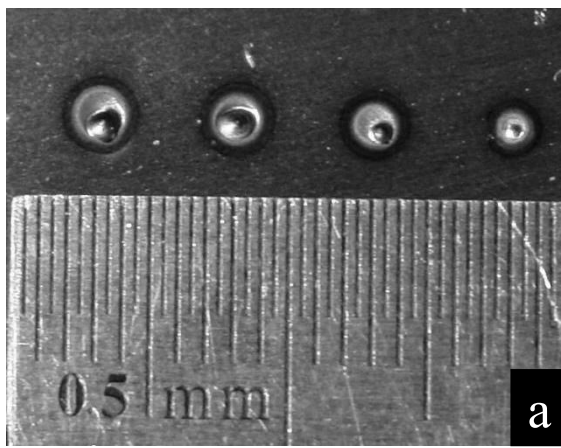


Рисунок 5 – Фотографии точек расплавления экспериментального образца: при различной длительности импульса тока (а), при различной амплитуде импульса тока (б).

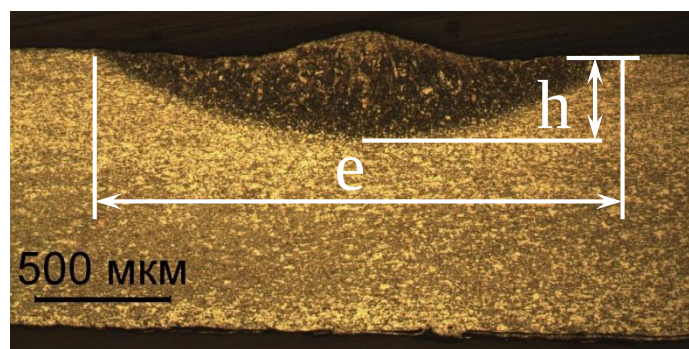


Рисунок 6 – Поперечный микрошлиф точки расплавления. ($I_a=200\text{ A}$; $t=40\text{ мс}$)

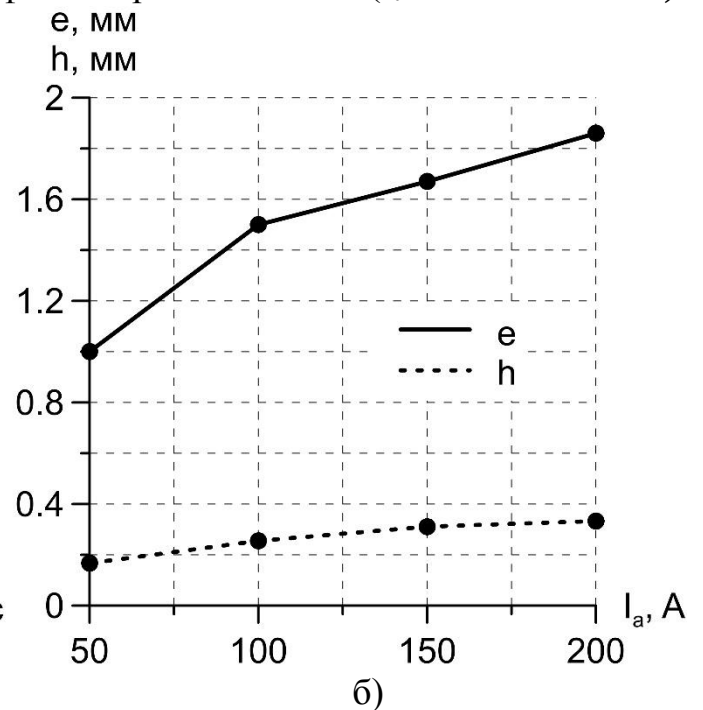
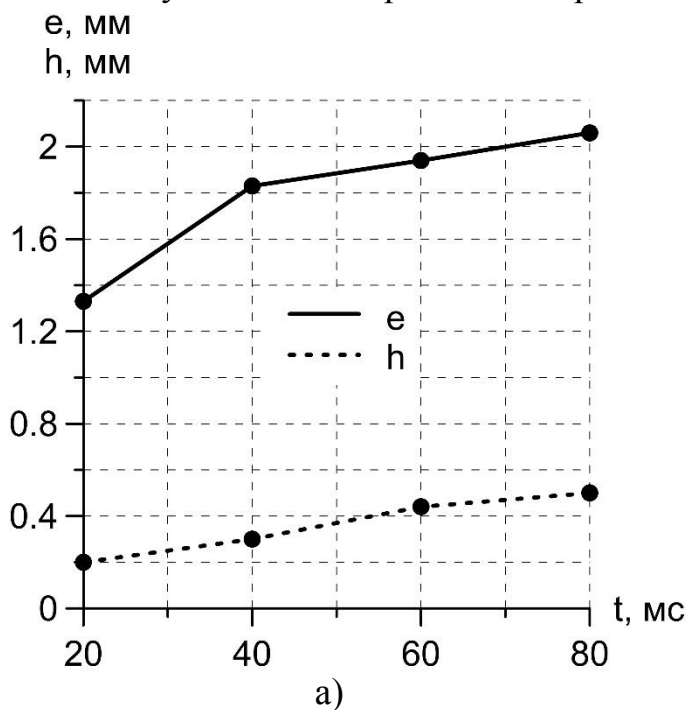


Рисунок 7 – Влияние параметров импульса тока на глубину проплавления и диаметр точки: влияние длительности импульса тока ($I_a=150\text{ A}$) (а); влияние амплитуды импульса тока ($t=40\text{ мс}$) (б).

Анализ графиков результата эксперимента показал, что диаметр точки расплавления возрастает с повышением амплитуды импульса тока, при этом его длительность оказывает аналогичное влияние но в меньшей степени. Глубина проплавления растёт с увеличением длительности импульса, в то время как амплитуда импульса тока показывает схожее, но более слабое воздействие.

Результаты исследования влияния диаметра электрода на диаметр точки расплавления представлены в виде графиков (рисунок 8) из анализа которых следует, что увеличение диаметра электрода введет к возрастанию диаметра точки расплавления.

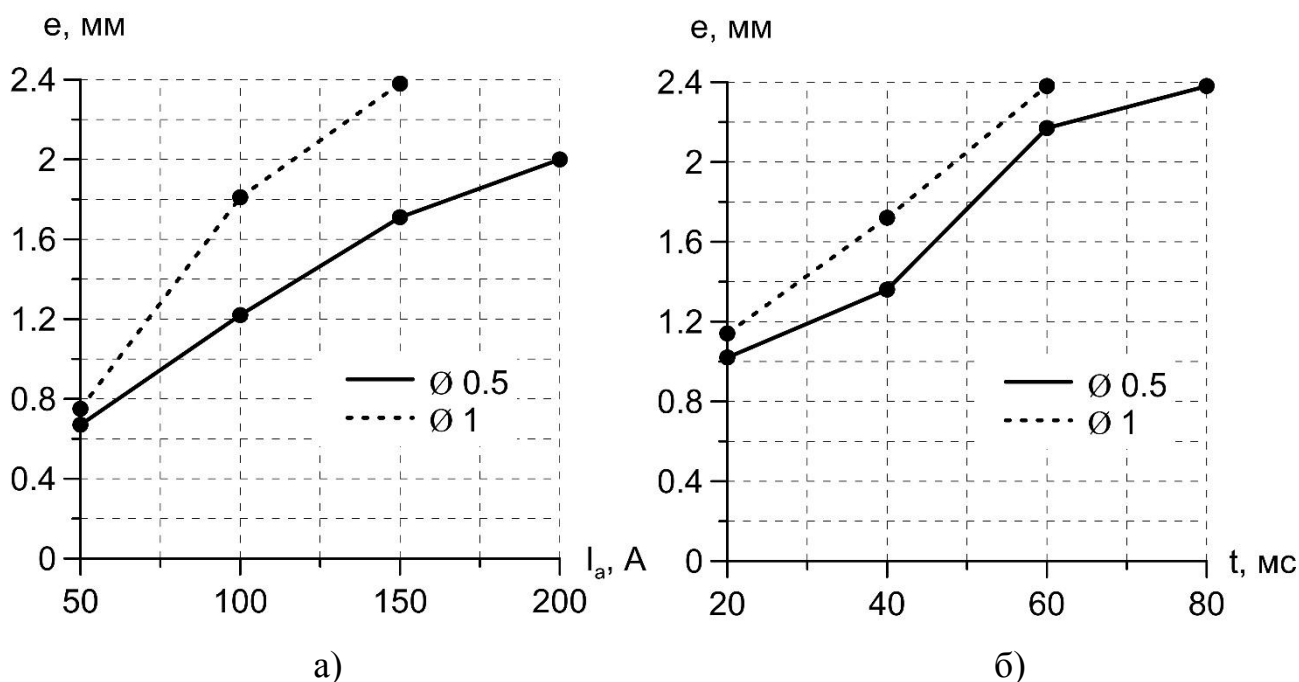


Рисунок 8 – Влияние диаметра неплавящегося электрода на диаметр точки расплавления при фиксированной: длительности импульса тока ($t=40$ мс) (а); амплитуде импульса тока ($I_a=150$ А) (б).

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование процесса дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярным импульсом тока» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники кафедры ОТСП ИНК ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие микросварку в домашних условиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы исследовать какое влияние оказывают технологические параметры режима сварки: амплитуда импульса сварочного тока и его длительность, геометрия рабочей поверхности неплавящегося электрода аргонодуговой сварки на проплавление изделия

Таблица 2 - Сегментирование рынка

Применение индивидуальными потребителями оборудования для микросварки в домашних условиях	Свариваемые толщины		
	До 1 мм	1 мм	Св. 1мм
Для сварки простых конструкций	1,3	1, 3	3
Для сварки крупногабаритных конструкций	1, 2	1, 2	2
Для сварки конструкций в труднодоступных местах	1	1	1

1 – дуговая микросварка;

2 – лазерная сварка;

3 – электронно-лучевая сварка.

Результат сегментирования рынка показал, что уровень конкуренции является высоким. Но если проанализировать данные, полученные из сегментации и сравнить преимущества и недостатки рассматриваемых по способу сварки, можно сделать вывод, что дуговая микросварка являются

наиболее подходящими для большинства сварочных операций, выполняемых в домашних условиях, при толщинах свариваемых изделий до 1 мм включительно. Толщина металла, равная 1мм, является самой распространенной для изделий, свариваемых в домашних условиях, т.к. при ее увеличении возникает проблема точной разделки листового металла с помощью ручных ножниц по металлу и других подручных средств.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,2	5	5	5	1	1	1
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
3. Энергоэкономичность	0,15	5	1	3	0,75	0,15	0,45
4. Качество сварного соединения	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность работы	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Цена	0,15	5	1	2	0,75	0,2	0,3
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	35	22	25	5	3,35	3,75

Где сокращения: Б_ф – дуговая микросварка; Б_{к1} – лазерная сварка; Б_{к2} – электронно-лучевая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

При лазерной сварки возможно очень точно дозировать энергию, поэтому удастся обеспечить получение качественных соединений при изготовлении очень мелких деталей. Легко можно управлять лазерным лучом с помощью зеркал и волоконной оптики, что позволяет осуществлять сварку в труднодоступных, иногда не находящихся в местах прямой видимости. Возможна также лазерная сварка нескольких деталей от одного лазера расщепленным лучом с помощью призм. Однако высокая стоимость и сложность оборудования ограничивает применение этого способа.

Преимущества электронно-лучевой сварки это высокая концентрация ввода теплоты в изделие, которая выделяется не только на поверхности изделия, но и на некоторой глубине в объеме основного металла. Фокусировкой электронного луча можно получить пятно нагрева диаметром 0,0002 ... 5 мм, что позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм. Малое количество вводимой теплоты. Отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. А недостатки: возможность образования несплавлений и полостей в корне шва на металлах с большой теплопроводностью и швах с большим отношением глубины к ширине; Для создания вакуума в рабочей камере после загрузки изделий требуется длительное время.

Дуговая микросварка заключается в том, что плавление свариваемых деталей осуществляется кратковременно горящим дуговым разрядом. В качестве неплавящегося электрода используют вольфрамовый прут. При этом форма импульса сварочного тока характеризуется, быстрым его нарастанием от нуля до амплитудного значения, с последующим спадом по линейному или экспоненциальному закону до нулевого значения. Иногда, применяют прямоугольную форму импульса сварочного тока

4.3 SWOT – анализ

Таблица 3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С4. Широкая область применения С5. Актуальность проекта	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Перенастройка оборудования. Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования. Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок. В4. Получение качественных сварных соединений	Получение высокоэффективного оборудования для дуговой микросварки изделий. Возможность создавать партнерские отношения с рядом ведущих вузов для совместных исследований в области дуговой микросварки.	Снижение цен на технологии, используемые в микросварке; Требуется множество перенастроек в связи с новшеством оборудования. Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.	Экономическая эффективность данного оборудования в единичном и мелкосерийном производствах Российской Федерации. Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	- Расширение области применения за счет развития новых технологий.

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4, 5, 6, 7.

Таблица 4 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание сильных сторон и возможности: B1C2C3C4C5, B2C1C2C3C4C5, B3C3C4C5, B4C2C3C4C5.

Таблица 5 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	+	+
	B2	+	-	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание слабых сторон и возможности: B1Сл1Сл3Сл4, B2Сл1Сл3, B3Сл2Сл4, B4Сл1Сл2Сл3.

Таблица 6 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание сильных сторон и угроз: У1C4C5, У2C1C3C4C5, У3C3C4.

Таблица 7 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-

	У3	-	-	-	+
--	----	---	---	---	---

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 8 - Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Способ защиты	Отверстие в сопле	Отдельный подвод защитного газа	комбинированный
Б. защитный газ	аргон	гелий	Аргон+гелий
В. Конструктивное исполнение электродов	прямые с плоской рабочей поверхностью	с конической рабочей поверхностью	фигурные
Г. Приведение в рабочее состояние	ручное включение	автоматические включение	постоянно в рабочем состоянии
Д. Что держит горелку	руки	Специальный механизм	-

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А2Б3В2Г2Д2 – В первом случае, качественная дуговая микросварка тонколистовых конструкций из сталей
- 2) А3Б2В3Г1Д1 – Во втором случае, дуговая микросварка тонколистовых металлов со специальной формой шва.
- 3) А1Б1В1Г1Д2 - В третьем случае, дуговая микросварка тонколистовых конструкций обеспечивающие требуемое качество сварного соединения.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Разработка экспериментальной установки	Научный руководитель, студент
Практические исследования	9	Проведение экспериментальных исследований	Студент
	10	Подготовка образцов к анализу	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая

параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{\chi_i}, \quad (3)$$

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

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

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

4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где: $T_{\text{кал}} = 366$ – количество календарных дней в году;

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 10.

После заполнения таблицы 10 строим календарный план-график (таблица 11).

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

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			t_{oji} , чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Руководитель	3	3	3	5	5	5
Анализ актуальности темы	1	1	1	5	5	5	3.8	3.8	3.8	Рук.-студ.	4	4	4	5	5	5
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	3.8	3.8	3.8	Студ.-рук.	4	4	4	5	5	5
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	1,4	1,4	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	6	6	6	8	9	9	3.8	3.8	3.8	Студ.-рук.	4	4	4	5	5	5
Разработка экспериментальной установки	5	5	5	5	7	7	3,8	5,8	5,8	Студ.-рук.	7	7	7	10	10	10
Проведение экспериментальных исследований	1	2	3	13	14	15	11,8	12,8	13,8	Студент	12	13	14	18	19	20
Подготовка образцов к анализу	2	2	2	10	10	10	8	8	8	Студент	8	8	8	12	12	12
Анализ результатов	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Заключение	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

Таблица 11- Календарный план-график проведения ВКР по теме «разработка компактных клещей для точечной сварки»

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение проекта темы	Руководитель	5									
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	5									
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	5									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	3									
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3									
6	Изучение литературы по теме	Студент	15									
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5									
8	Разработка экспериментальной установки	Студент	10									
9	Проведение экспериментальных исследований	Студент	20									
10	Подготовка образцов к анализу	Студент	12									
11	Анализ результатов	Студ.-рук.	3									
12	Заключение	Студент	4									

 – студент;  – руководитель.

4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (6)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

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

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Транспортные расходы принимаются в пределах 15...25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данного исследования, заносятся в таблицу 12.

Таблица 12 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	70	90	100	2	2	2	140	180	200
Картридж для	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Электроды	шт.	1	1	1	60	60	60	60	60	60
Алмазная паста	шт.	4	4	4	350	350	350	1400	1400	1400
Моющие средство	шт.	1	1	1	80	80	80	80	80	80
Химические	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Итого								3680	3680	3680

4.6.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20...30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 13.

Таблица 13- Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполни тели по категори ям	Трудоемкость, чел. - дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.,			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководи тель	5	5	5	3,6			18	18	18
2.	Анализ актуальности темы	Рук.- студ.	5	5	5	4,4			22	22	22
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.- рук.	5	5	5	4,4			22	22	22
4.	Выбор направления исследований	Руководи тель	3	3	3	3,6			10,8	10,8	10,8
5.	Календарное планирование работ	Руководи тель	3	3	3	3,6			10,8	10,8	10,8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	15	15	15	0,8			12	12	12
7.	Подбор нормативных документов	Студ.- рук.	5	5	5	4,4			22	22	22
8.	Разработка экспериментальной установки	Студент	10	10	10	0,8			8	8	8
9.	Проведение экспериментальных	Студент	18	19	20	0,8			14.4	15.2	16
10.	Подготовка образцов к анализу	Студент	12	12	12	0,8			9,6	9,6	9,6
11.	Анализ результатов	Студ.- рук.	3	3	3	4,4			13,2	13,2	13.2
12.	Вывод по цели	Студент	4	4	4	0,8			3,2	3,2	3,2
Итого:									155.4	156	156.8

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

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

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

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (8)$$

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

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

4.6.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (9)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 14 - 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	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

4.6.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{внеб}} \cdot \sum \text{статей}, \quad (10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $З_{\text{накл}} = 24190,5 \cdot 0,16 = 40089,8$ руб.

4.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 15 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	29383	27428	30127
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	107500	107500	107500
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79900	84400	85300
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9588	10128	10236
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5
6. Накладные расходы	40089,8	40801,9	41438,8
7. Бюджет затрат НТИ	290651	295813,7	300431,3

4.7 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 финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин } p}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (11)$$

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

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

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

$$I_{\text{фин } p}^{\text{исп } 1} = \frac{290651}{300431,3} = 0,96; \quad I_{\text{фин } p}^{\text{исп } 2} = \frac{295813,7}{300431,3} = 0,98; \quad I_{\text{фин } p}^{\text{исп } 3} = \frac{300431,3}{300431,3} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i \quad (11)$$

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

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

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 16).

Таблица 16 - 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	4	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,25	3	5	3
4. Энергосбережение	0,15	5	5	5
5. Надежность	0,15	4	5	4
6. Материалоемкость	0,35	5	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8.$$

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

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}, \quad (12)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,25}{0,96} = 4,42; \quad I_{исп2} = \frac{5}{0,98} = 5,1; \quad I_{исп3} = \frac{4,15}{1} = 4,15.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (13)$$

Таблица 17 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	0,85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	4,15	5
3	Интегральный показатель эффективности	4,42	4,15	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,86	0,89	1

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

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование процесса дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники кафедры ОТСП ИНК ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие контактную сварку в домашних условиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы исследовать процесс дуговой микросварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока

При эксплуатации оборудования для дуговой микросварки на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла;

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места. Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, - на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем.

- излишняя яркость при зажигании дуги, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;

-влияние шума (см. Средства защиты от шума) и вибраций имеет место при работе пневмопривода (КС), различного оборудования (вакуум-насосов, вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.).

При полуавтоматических способах сварки – нервнопсихические перегрузки из-за напряженности труда. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы и т.д. Наличие расплавленного металла увеличивает опасность возникновения пожара.

5.2 Производственная безопасность

Таблица 18 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации оборудования для дуговой микросварки..

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка листовых заготовок; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микро-климата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования 2. Электрический ток;	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в

течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 19.

Таблица 19– Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

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

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

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.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для дуговой микросварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведение акустической обработки помещения;
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 300 лк (СНиП 23-05-2010).

Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды.

Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного

освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

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

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) должен быть не больше 10%.

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

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

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

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

- запрещается при включении оборудования для дуговой сварки одновременно прикасаться к электроду и изделию.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

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

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- защитное разделение сетей;

- предохранительные устройства.

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

5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий,

направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различного оборудования для дуговой микросварки в автомобилестроении значительно упрощают процесс изготовления и ремонта деталей кузовов машин. Также дуговую микросварку используют в приборостроении, имплантологии, ювелирной промышленности, атомной промышленности и других отраслях промышленности. Применение дуговой сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

При написании дипломного проекта были следующие отходы: использованная бумага и шариковые ручки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие

дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать повышенную устойчивость промышленных зданий и сооружений при наступлении чрезвычайных ситуаций.

Должны проводиться организационные мероприятия, которые предусматривают заблаговременную разработку и планирование действий персонала или личного состава штаба, служб и формирований государственной обороны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

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

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

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

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

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

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

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

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

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами ил

экрана ми) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

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

При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м.

Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2.м.

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

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

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.

Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.

Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Заключение

В ходе работы была разработана экспериментальная установка, которая обеспечила возможность проведения экспериментальных исследований. Было исследовано влияние технологических параметров режима сварки на проплавление изделия. Установлено, что при повышении заряда накопительного конденсатора и его ёмкости увеличивается амплитуда и длительность импульса тока. При возрастании амплитуды сварочного тока и его длительности – диаметр и глубина точки проплавления растёт. Изменение диаметра электрода в большую сторону приводит к возрастанию диаметра точки расплавления.

Список используемых источников

1. Киселев А.С. Управление технологическими свойствами дуги переменного прямоугольного тока при сварке алюминиевых сплавов малых толщин неплавящимся электродом: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. - Томск, 1998. - 22 с
2. Смирнов В.В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие. Л.: Энергоатомиздат, 1986 – 656 с.
3. Патон Б.Е., Гвоздецкий В.С., Дудко Д.А. и др. Микроплазменная сварка. Киев: Наук. думка, 1979. – 248 с.
4. Будкин Ю.В., Сивов Е.Н., Соколов Ю.А., Электронно-лучевая сварка: учеб. пособие; под общ. ред. В.А. Фролова. М. : ДПК Пресс, 2010. 96 с.
5. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А., Специальные методы сварки. М. : Машиностроение, 1975. 231 с.
6. Orion с Series | Orion welders – [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.orionwelders.com> – свободный – загл. с экрана
7. PUK 5 precision welding technology by Lampert [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.lampert.info> – свободный – загл. с экрана
8. Phaser | primotec – Lampert [электронный ресурс] – режим доступа - <http://www.primotecusa.com> – свободный – загл. с экрана