

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



Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства 15.04.01

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током

УДК 621.791.753.042.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Скорняков Виктор Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства 15.04.01

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма предоставления работы:

магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом работы:	04.06.2017
------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
04.03.2017	1. Литературный обзор.	15
18.03.2017	2. Постановка задачи.	10
28.03.2017	3. Подготовка материалов к проведению экспериментов.	11
06.04.2017	4. Проведение экспериментов	17
12.04.2017	5. Анализ результатов экспериментов	20
20.04.2017	6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение.	12
27.04.2017	7. Социальная ответственность	9
03.05.2017	8. Заключение	6

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н.		

	3. Параметры СМТ. 4. Переход капель при использовании различных покрытий. 5. Видеокадры и осциллограмма переноса электродного металла короткими замыканиями при сварке в защитных газах
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор; 2. Объекты и методы исследования; 3. Экспериментальная часть; 4. Заключение.	Киселев Алексей Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Гусельников Михаил Эдуардович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	19.11.2015
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Киселев А.С	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Скорняков В.А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Скорнякову Виктору Александровичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

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

<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i>
<i>2.Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала:

- 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 Валентин Сергеевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Скорняков Виктор Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1ВМ51	ФИО Скорнякову Виктору Александровичу
-----------------	------------------------------------------

Институт	ИНК	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочим местом является отдельное помещение (научная лаборатория). Поскольку данное помещение находится внутри здания, на проектировщика возможны действия следующих факторов:</p> <p>Вредные факторы: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных излучений.</p> <p>Опасные факторы: повышенный уровень ультрафиолетовой радиации, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>1. Техника пожарной безопасности на производстве (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ). 2. Техника безопасности при работе с электро- и радиотехническими устройствами (ГОСТ 12.1.006-84). 3. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ. 4. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; – Воздействие ионизирующего излучения при проведении рентгеноскопии; – Превышение уровня шума; – Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; – Анализ показателей микроклимата; – Воздействие инфракрасного излучения.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>При работе со сварочной установкой, которая соединена с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Согласно нормам, установлены средства пожаротушения. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС на объекте: пожары, землетрясения. К мерам по предупреждению будут относиться: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль за исправностью работы в помещении.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2017
-------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК	Гусельников Михаил Эдуардович.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Скорняков Виктор Александрович.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 с., 10 рис., 18 табл., 34 источников.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, покрытые электроды, модуляция тока, перенос электродного металла, стабильность процесса сварки, электрический взрыв перемычки, разбрызгивание электродного металла.

Объектом исследования является: алгоритм модуляции сварочного тока и оборудование для его реализации.

Цель работы – повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами.

В процессе проведения экспериментальных исследований определяется влияние активизации процесса разрушения перемычки на стабильность процесса сварки модулированным током.

В результате исследования получен результат, подтверждающий необходимость активизации процесса разрушения перемычки или дополнительной амплитудной модуляции тока в период низкого энергетического уровня.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: предложен алгоритм амплитудной модуляции тока предусматривающий дополнительную модуляцию тока.

Степень внедрения: разработан действующий опытный образец.

Область применения: проведение дальнейших исследований на кафедре оборудования и технологии сварочного производства.

Экономическая эффективность работы: повышение производительности выполнения сварочных работ.

В будущем планируется продолжение экспериментальных исследований по этой тематике.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе КОМПАС 3D V16.1, Grapher 9.

Abstract

Final qualifying work 80 p., 10 Fig., 18 tab., 34 sources.

Key words: manual arc welding, coated electrodes, current modulation, transfer of electrode metal, stability of the welding process, electric explosion of the bridge, sputtering of the electrode metal.

The object of the study is: the welding current modulation algorithm and the equipment for its implementation.

The aim of this work is to increase the stability of the arc welding process with coated electrodes.

In the process of carrying out experimental studies, the influence of activation of the process of fracture of the bridge on the stability of the welding process by modulated current was determined.

As a result of the study, a result was obtained proving the necessity of activating the process of breaking the bridge or additional amplitude modulation of the current in the period of low energy level.

The basic design, technological and technical and operational characteristics: the algorithm of amplitude modulation of a current providing additional modulation of a current is offered.

Degree of implementation: developed prototype.

Scope: conducting further research at the Department of Equipment and Technology of Welding.

Economic efficiency of work: increase of productivity of performance of welding works.

In the future, it is planned to continue experimental research on this topic. Graduation qualification work was done in the text editor Microsoft Word 2016 and the graphic editor KOMPAS 3D V16.1, Grapher 9.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие обозначения и сокращения:

- СМТ– Сварка модулированным током;
- КПД – Коэффициент полезного действия;
- ВД – Выпрямитель сварочный;
- УДИ 203- Модулятор сварочный

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- РД 25.160.00 – КТН011-10 – «Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов»;
- РД 153-34.1-003-01 –«Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования»
- ГОСТ 12.1.003-83 – «Шум. Общие требования безопасности»;
- СНиП 23-03-2003 – «Защита от шума»;
- ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные»;
- ФЗ-123 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность»;
- ГОСТ 12.1.010-76 «Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность»;
- ГОСТ 12.3.002-75 «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные»;
- ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарные и гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне»

Содержание

Введение.....	12
1 Литературный обзор.....	13
1.1 Особенности процесса сварки модулированным током	13
2 Методика проведения экспериментов.....	22
2.1 Выбор материала для образцов.....	22
2.2. Выбор сварочных электродов.....	22
2.3. Выбор оборудования.....	23
3. Экспериментальная часть.....	27
3.1 Методика определения влияния параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки.....	27
3.2 Анализ и обработка результатов, экспериментально полученных данных.....	28
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	34
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	34
4.2 Анализ конкурентных технических решений.	34
4.3 SWOT – анализ.....	36
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	40
4.5 Инициация проекта.	40
4.6 Цели и результат проекта.	41
4.7 Организационная структура проекта.....	42
4.8 Ограничения и допущения проекта	42
4.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	43
4.10 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	47
5 Социальная ответственность.....	48
Введение.....	48
5.1 Анализ вредных производственных факторов.....	48
5.2 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения.....	49
5.3 Электрическая безопасность.....	50
5.4 Пожарная безопасность и мероприятия по ее обеспечению.....	52
5.5 Шум и вибрация.....	54
5.6 Исследование освещенности рабочей зоны.....	55
5.7 Воздушная среда и микроклимат производственного помещения	57
5.8 Чрезвычайные ситуации.....	59
5.9 Техника безопасности на рабочих местах	63
Заключение.....	65
Список используемых источников.....	66
Приложение А.....	69
CD-R – в конверте на обороте	

Введение

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами используется в энергетике, химии, автомобилестроении для изготовления различных металлических конструкций.

Однако данный процесс имеет недостатки, такие как: нестабильность и повышенное разбрызгивание электродного металла, что снижает эффективность его применения. Для получения качественного соединения сварщику необходимо производить манипуляции с электродом для управления тепловой мощностью, которые требуют высокой квалификации. Производятся дополнительные операции по очистке поверхности деталей от брызг металла. К тому же разбрызгивание повышает расход электродного металла, что негативно отражается на стоимости изготовления продукции.

В связи с этим возникает главная задача улучшения процесса сварки плавящимся электродом: повышение стабильности процесса сварки путем уменьшения разбрызгивания электродного металла [1]. Решение данной задачи реализуется посредством модуляции тока. Значимый вклад в данном направлении внесен учеными: Князьковым А.Ф., Потапьевским А.Г., Зарубой И.И., Патоном Б.Е., Сараевым Ю.Н., Лебедевым В.К., Шигаевым Т.Г., Вагнером Ф.А., Дудко Д.А., Дюргеровым Н.Г., Подолой Н.В., Воропаем Н.М. и многими другими.

Целью данной выпускной квалификационной работы является исследование способов повышения стабильности процесса дуговой сварки модулированным током покрытыми электродами.

1 Литературный обзор

1.1 Особенности процесса сварки модулированным током

Характерная особенность сварки модулированным током (СМТ) заключается в периодическом изменении параметров энергетической системы источник питания – сварочная дуга между низким (пауза) и высоким (импульс) уровнями. В период высокого уровня тока происходит плавление свариваемого и электродного металла, в момент паузы происходит кристаллизация основного объема сварочной ванны [2].

Метод сварки модулированным током впервые предложил Зайцев М.П. в 1953 году для сварки тонколистовой стали [2].

СМТ обеспечивает дозирование теплоты дугового разряда. Это свойство позволяет облегчить сварку в вертикальном и потолочном положениях.

Без применения СМТ возникает потребность регулировать жидкотекучесть ванны и совершать манипуляции электродом для обеспечения удовлетворительного формирования шва [3].

Импульсные технологии обеспечивают регулирование глубины проплавления и формы сварного шва модуляция сварочного тока позволяет избавиться от трудоемкой операции по дозированию теплоты [4].

Основными параметрами режима сварки модулированным током являются: ток в период импульса, время импульса и время паузы, ток в период паузы. Кроме того, оценивают – глубину модулирования сварочного тока $M = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{и}}}$, и жесткость $G = \frac{t_{\text{п}}}{t_{\text{и}}}$. Эффективная сила тока дуги рассчитываемая как средняя величина [4].

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{и}} * t_{\text{и}} + I_{\text{п}} * t_{\text{п}}}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}}; \quad (1)$$

или как среднеквадратическая величина [2]

$$I_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{I_{\text{и}}^2 * t_{\text{и}} + I_{\text{п}}^2 * t_{\text{п}}}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}}} \quad (2)$$

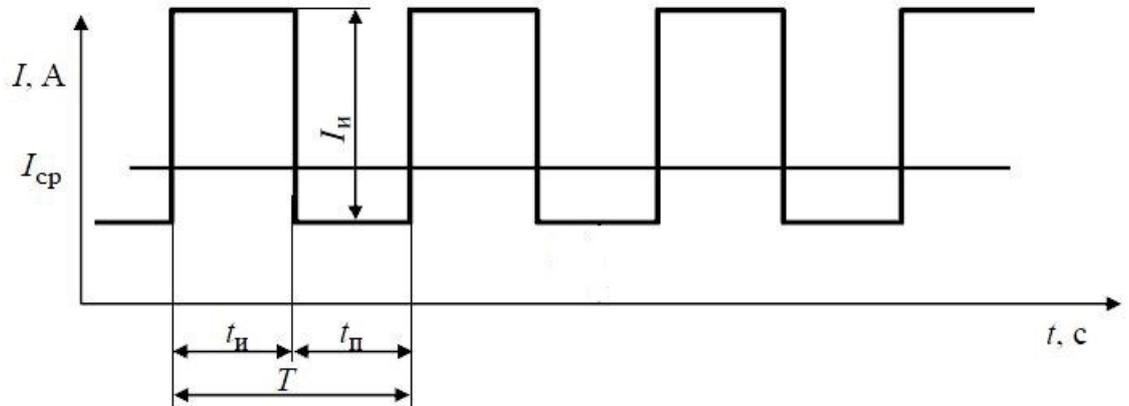


Рисунок 1. Параметры СМТ, где $I_{\text{и}}$ – амплитуда импульса тока; $I_{\text{п}}$ – ток паузы; $t_{\text{и}}$ – длительность импульса; $t_{\text{п}}$ – длительность паузы; T – период следования импульсов; $I_{\text{ср}}$ – средний ток [4]

К единой точке зрения о главном факторе, обуславливающем перенос металла с электрода на изделие, исследователи не пришли [5]. Некоторые исследователи считают электростатические и электродинамические силы основным фактором, обуславливающим перенос металла [4,5,14]. В исследованиях [14] основным фактором переноса являются электрические и магнитные поля.

Установлено, что на процесс переноса влияет совокупность факторов [5]:

- 1) газовое дутье, электрическое и магнитное поля;
- 2) сила тяжести;
- 3) электрические силы (электростатические и электродинамические);
- 4) сила поверхностного натяжения;
- 5) сила взрыва перемычки между каплей и электродом.

При этом размеры каплей электродного металла зависят от характера протекания сварочного тока, а также состава и толщины электродного покрытия [5]. Сила тяжести способствует отрыву капли, при сварке в нижнем

положении, а при потолочной сварке препятствует переносу металла электрода в сварочную ванну. Силы поверхностного натяжения металла способствуют удержанию сварочной ванны на изделии.

Расчеты показывают, что капля диаметром 2,5 мм подтянется в сторону сварочной ванны за счет молекулярных сил на расстояние 18 мм [5]. Жидкие капли электродного металла при приближении к поверхности сварочной ванны, притягиваются под действием молекулярных сил [5].

На характер переноса металла влияет состав покрытия, геометрия торца электрода, режим сварки, коэффициент массопокрытия [5].

Состав электродного покрытия влияет на число коротких замыканий, вызванных переходом капель через дуговой промежуток [6].

Благоприятное воздействие оказывает полевой шпат и калиевое жидкое стекло. Эти составляющие покрытия электрода ускоряют эмиссию электронов с катода. Происходит увеличение площади активного пятна и расширяется поверхность теплопередачи. Наблюдается повышение температуры капель, и снижение реактивного давления паров вследствие уменьшения плотности тока в активном пятне. Совокупность данных воздействий приводит к измельчению капель при сварке [5].

На рисунке 2 изображен характерный переход капель при использовании электродов с различным типом покрытия.

Целлюлозный тип покрытия имеют электроды: ВСЦ-4А, ЦЦ-1, ОМА-2, ВСП-1, и другие [12]. Такие электроды характеризуются массопереносом в виде крупных или средних капель (рисунок 2, а). В состав целлюлозного покрытия входят горючие органические компоненты (целлюлоза, травяная мука), и небольшое количество стабилизирующих веществ, обладающих низким потенциалом ионизации. При сварке образуется минимальное количество легкоудаляемого шлака на поверхности сварного шва [5].

Кислым типом покрытия, характеризуются электроды ОММ-5, СМ-5, ЦМ-7, МЭЗ-4, и другие. По механическим свойствам наплавленного металла электроды с кислым покрытием, нанесенными на стержни из стальной

низкоуглеродистой сварочной проволоки Св-08, Св-08А, соответствует типу электродов Э38 - Э42 [12]. Основу кислых покрытий составляют руды, содержащие в основном окислы железа (гематит - Fe_2O_3) и марганца (марганцевая руда - MnO_2), иногда титана. В процессе сварки выделяются большие количества кислорода. Кислые электроды малочувствительны к образованию пор в швах при наличии на поверхности материала ржавчины и окалины. Такой эффект достигается путем связывания шлаками закиси железа в нерастворимые в металле комплексные соединения — титанаты и силикаты. Характерный массоперенос для кислых электродов в форме мелких капель (рисунок 2, в).

Покрытием рутилового типа обладают электроды марок: МР-3, АНО-1, ЗРС-1, ЗРС-2, и другие [12]. По механическим свойствам наплавленного металла электроды с рутиловым покрытием, нанесенными на стержни из стальной низкоуглеродистой сварочной проволоки Св-08, Св-08А, соответствует типу электродов Э42 - Э46. Покрытие состоит из диоксида титана в форме минерального рутила (TiO_2) или ильменита ($\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$) либо из искусственного диоксида титана. Характерный массоперенос в форме мелких или средних капель [12] (рисунок 2, б).

Электроды с основным типом покрытия: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ЛКЗ-70, НИАТ-3М, СМ-11, и другие. По механическим свойствам наплавленного металла электроды с основным покрытием, нанесенными на стержни из стальной низкоуглеродистой сварочной проволоки Св-08, Св-08А, соответствует типу электродов Э42А – Э50А. В состав покрытия входят минералы из основных оксидов кальция (CaO) и магния (MgO), карбонатов кальция и магния, а также плавикового шпата (CaF_2). Массоперенос характеризуется средними и крупными каплями [12] (рисунок 2, г).

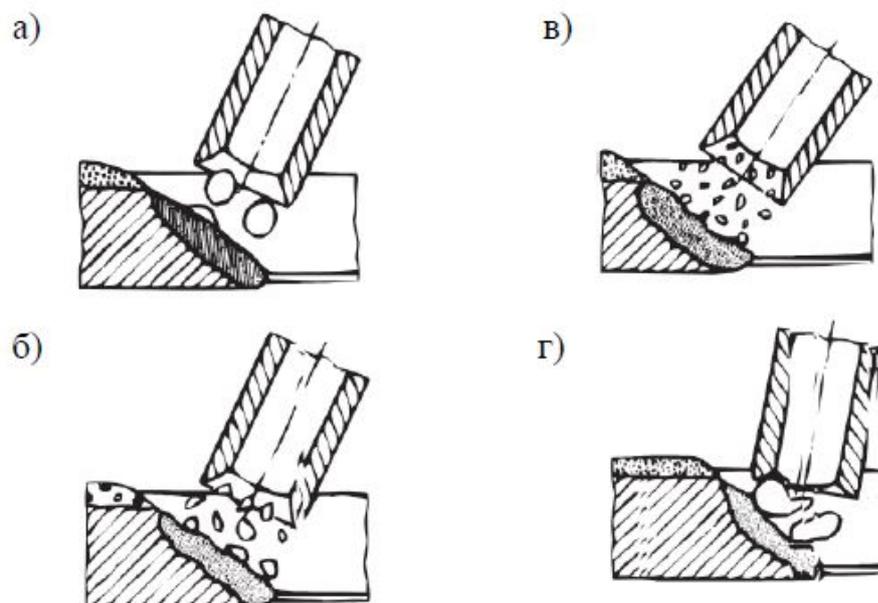


Рисунок 2 – Переход капель при использовании различных покрытий:

а) целлюлозное; б) рутиловое; в) кислое; г) основное [12]

Электроды с различной толщиной покрытия. Как известно в зависимости от толщины покрытия характер каплепереноса изменяется. Исследования в данном направлении свидетельствуют о уменьшении размеров капель при увеличении толщины покрытия [5, 6, 7].

Толстое покрытие ($D/d < 1,8$) обозначается буквой Д. В работе [14] показано, что газы, возникающие при разложении мрамора в процессе плавления толстого покрытия, вызывают повышение электродинамической силы, и способствуют измельчению электродных капель.

В исследовании [14] рассмотрено применение двухслойной конструкции электродного покрытия. Данный метод заключается в использовании наружного слоя состоящего из фторида кальция, и внутреннего из мрамора. Результатом исследования является получение мелкокапельного переноса электродного металла [14].

Существенную роль в переносе играют электродинамические силы, вызываемые пинч-эффектом. Явление пинч-эффекта — это эффект сжатия токового канала под действием магнитного поля, индуцированного самим током [14].

Впервые этот эффект наблюдал датский физик Мартин ван-Марум в 1790 году, разряжая лейденские банки через металлический провод [2]. Радиальное давление, создаваемое пинч-эффектом, ввиду своей незначительной величины не изменяет форму твердого проводника (электрода), однако оказывает влияние на форму жидкой капли [4].

В электродном стержне линии тока параллельны, что вызывает сильное влияние эффекта. Внутри изделия линии тока как правило не являются параллельными, воздействие пинч-эффект на изделие незначительно. В системе электрод – изделие. В направлении от электрода к изделию уменьшается влияние поперечных сжимающих сил. Вдоль электрода и дуги возникают силы давления. Под действием которых начинается перемещение материальных частиц газа и жидких капель с торца электрода по направлению к свариваемому изделию [6].

При сварке с короткими замыканиями в момент соприкосновения капли с ванной, и условий для большой скорости нарастания тока, электродинамическая сила препятствует слиянию капли с ванной, что приводит к взрыву этой перемычки и разбрызгиванию [1].

В ситуации, когда между перетекающей каплей металла и поверхностью электрода образуется жидкий мостик или шейка, создается высокое электрическое сопротивление. Уменьшение сечения перемычки происходит под действием радиальной составляющей электродинамической силы. В участке с повышенным сопротивлением происходит усиленное выделение теплоты, жидкий мостик мгновенно разрывается и образовавшиеся пары сообщают оторвавшейся капле дополнительную кинетическую энергию. В зависимости от расположения капли относительно взрывающейся перемычки сила взрыва способствует переходу капли в ванну или приводит к выбросу капли за пределы сварочной ванны [1].

Перенос металла приобретает различный характер, в зависимости от рода материалов, наличия газообразующих веществ, силы тока, электродинамической силы [14].

При сварке с короткими замыканиями капля расплавленного электродного металла касается поверхности сварочной ванны, вызывая короткое замыкание и угасание дуги (рисунок 4).

В начальный момент соприкосновения капли напряжение снижается до уровня напряжения короткого замыкания, а ток короткого замыкания возрастает.

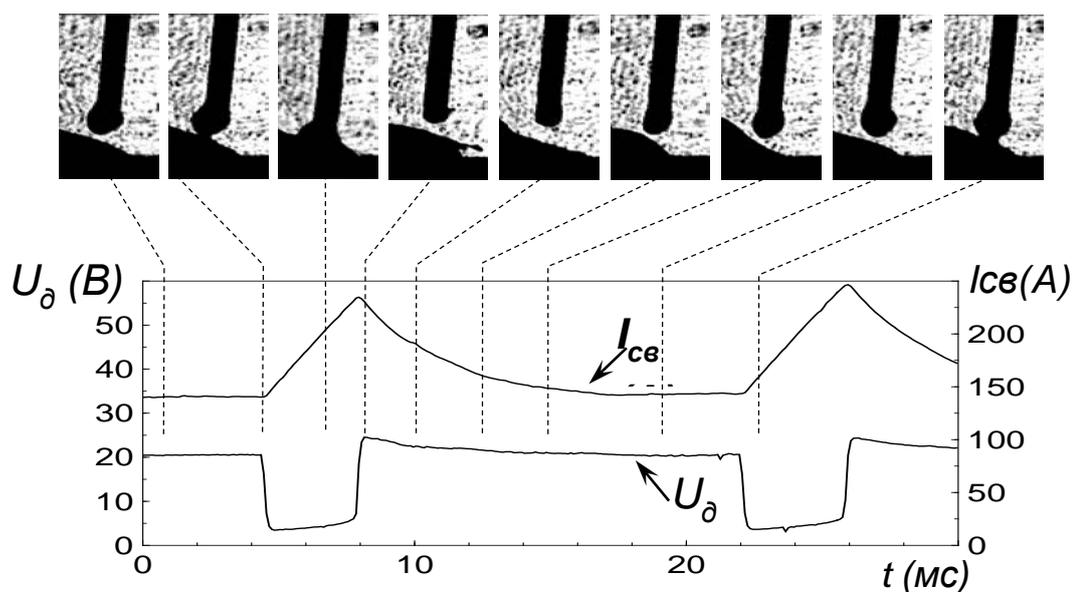


Рисунок 3 – Видеокдры и осциллограмма переноса электродного металла короткими замыканиями при сварке в защитных газах [4]

При высоких скоростях нарастания $I_{к.з.}$ в начальный период короткого замыкания капли и сварочной ванны возникает большая электродинамическая сила. Перемычка между каплей и ванной моментально нагревается и перегорает со взрывом. Энергия, выделяемая в результате взрыва перемычки, отбрасывает каплю за пределы сварочной ванны.

Потери металла на угар и разбрызгивание при сварке являются одной из важных технологических характеристик процесса. При сварке в зависимости от условий потери металла на разбрызгивание могут составлять 3-25%. Разбрызгивание является основным недостатком сварки плавящимся электродом [4].

Один из способов электродуговой сварки плавящимся электродом с импульсной модуляцией сварочного тока с регулированием длительности

импульсов и пауз сварочного тока и наложением во время пауз дополнительных импульсов тока [16].

Согласно способу, частоту дополнительных импульсов выбирают большей 50 Гц, а их длительность устанавливают в диапазоне от 0,5 до 2 мс, причем длительность основных импульсов и пауз регулируют автоматически, в зависимости от отклонения среднего напряжения дугового промежутка от заданного, посредством изменения длины дуги. Недостатком данного способа является то, что при сварке корневых швов, а также соединений, имеющих конфигурацию щелевой разделки, происходит набрызгивание расплавленного металла на кромки свариваемых деталей [17].

Известен способ ручной электродуговой сварки плавящимся электродом модулированным током корневого шва [17], с наложением на ток паузы дополнительных импульсов тока, следующих с частотой не менее 50 Гц и длительностью, устанавливаемой в зависимости от диаметра электрода и его конкретной марки в диапазоне от 2 до 7 мс. При этом длительность основных импульсов тока, являющихся прожигающими, ограничивают до величины, обеспечивающей сквозное проплавление с образованием технологического окна в виде «замочной скважины». Управление формированием «замочной скважины» осуществляют путем изменения частоты следования основных импульсов по программе или автоматически в обратно пропорциональной зависимости отклонения среднего напряжения дуги от заданного [17].

Данному способу, так же, как и предыдущему, присущ аналогичный недостаток – набрызгивание расплавленного металла на кромки свариваемых деталей [16].

Известен способ ручной электродуговой сварки плавящимся электродом модулированным током корневого шва, взятый в качестве прототипа [17], в котором на ток паузы налагают дополнительные импульсы сварочного тока, следующие с частотой не менее 50 Гц. Длительность дополнительных импульсов устанавливают в зависимости от диаметра

электрода и его конкретной марки в диапазоне от 2 до 7 мс. При этом длительность основных импульсов тока, являющихся прожигающими, формируют в виде серий дополнительных импульсов [17].

В серии дополнительных импульсов длительность устанавливают равной длительности дополнительных импульсов, на интервале тока паузы. Частоту серии дополнительных импульсов устанавливают в диапазоне 200...130 Гц. Длительность серии дополнительных обеспечивающих образование «замочной скважины» импульсов ограничивают. Частота дополнительных импульсов изменяется автоматически или по программе в зависимости от отклонения среднего напряжения дуги от заданного [16].

Недостатком данного способа сварки является то, что при сварке соединений, имеющих конфигурацию щелевой разделки, происходит набрызгивание расплавленного металла на кромки свариваемых деталей, которое затрудняет перемещение покрытого электрода вдоль линии стыка. Это приводит к снижению линейной скорости сварки, ухудшению внешнего вида сварных швов, образованию несплавлений между наплавленным металлом и кромкой основного металла, снижению производительности сварочных операций и операций, связанных с механической обработкой сварных швов [17].

Проведенный анализ литературных источников показал, что применение модулированного тока при сварке покрытыми электродами позволяет повысить эффективность процесса, однако при этом не в полной мере освещены вопросы стабильности горения дуги, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований.

2 Методика проведения экспериментов

2.1 Выбор материала для образцов

Использовали образцы из стали 09Г2С, пластины размерами (150×100×5) мм. Сталь 09Г2С принадлежит к конструкционным, низколегированным. Химический состав и механические свойства стали 09Г2С отображены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 09Г2С [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С [2]

Сортамент	σ_b МПа	σ_T МПа	δ_5 %	КСУ ДЖ / см ²
Листы	490	343	20	78,4

Сталь 09Г2С применяется в химической, нефтяной, строительной, судостроительной отраслях, для изготовления сварных швов ответственного назначения.

2.2 Выбор сварочных электродов

Для сварки 09Г2С применяют электроды типов Э50А и Э42А.

В данной работе использовали электроды с основным покрытием марки LB 52U. Электроды данной марки позволяют получать качественные швы как при постоянном, так и переменном токе.

Данные электроды используют в газовой и нефтяной промышленности.

Электроды марки LB 52U обладают пониженным содержанием водорода, в связи с этим улучшается качество сварочного шва. Химический состав электродов представлен в таблице 3.

Перед вводом в эксплуатацию электроды подвергаются прокалке в печи при температуре (300-350°С). Длительность прокалки составляет 30-60 минут.

Таблица 3 – Химический состав в %, электродов марки LB 52U [6]

Диаметр электрода, d, мм.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
2,6	0,06	0,52	1,00	0,011	0,005	0,01	0,03	0,01

2.3 Выбор оборудования

Для выполнения экспериментальных исследований применяется оборудование, указанное в таблице 4.

Таблица 4. – Применяемое оборудование.

№ п.п	Название оборудования
1	Сварочный выпрямитель ВД-306
2	Модулятор сварочного тока УДИ-203
3	Осциллограф комбинированный цифровой АКИП 4122/1V

1) Сварочный выпрямитель ВД-306 применяется для сварки, резки и наплавки металлов. Оборудован защитой обмоток трансформатора и блоков диодов от перегрева.

Основные технические характеристики ВД 306

- номинальное напряжение сети 380В;
- частота сети – 50 Гц;
- номинальный рабочий ток – 315А;
- рабочее напряжение – 32В;
- напряжение холостого хода – 60-70В;
- диапазон рабочих напряжений – 22-32В;
- диапазон регулирования больших токов — 125-315А;
- диапазон регулирования малых токов— 45-125А;
- масса установки – 150 кг;
- продолжительность нагрузки при номинальном режиме работы составляет 60%.



Рисунок 4 – Сварочный выпрямитель ВД-306

2) Модулятор сварочного тока УДИ-203 представляет собой импульсно-регулируемое сопротивление, подключаемое последовательно в цепь сварочного источника питания постоянного тока. Предназначен для дуговой сварки покрытыми электродами.

Модулятор УДИ-203 обеспечивает стабильное возбуждение дуги с первоначальным прогревом начала шва (функция горячего старта) после смены электрода.

Основные технические характеристики УДИ-203:

- регулируемые параметрами являются: время «горячего старта»- 0,1...1,5 с, длительность импульса 0,05...0,5 с, длительность паузы 0,05...0,5 с, длительность дополнительных импульсов 0,01 с, длительность дополнительной паузы 0,03 с;
- габаритные размеры, мм - 450x450x260;
- масса, кг (не более) – 35.

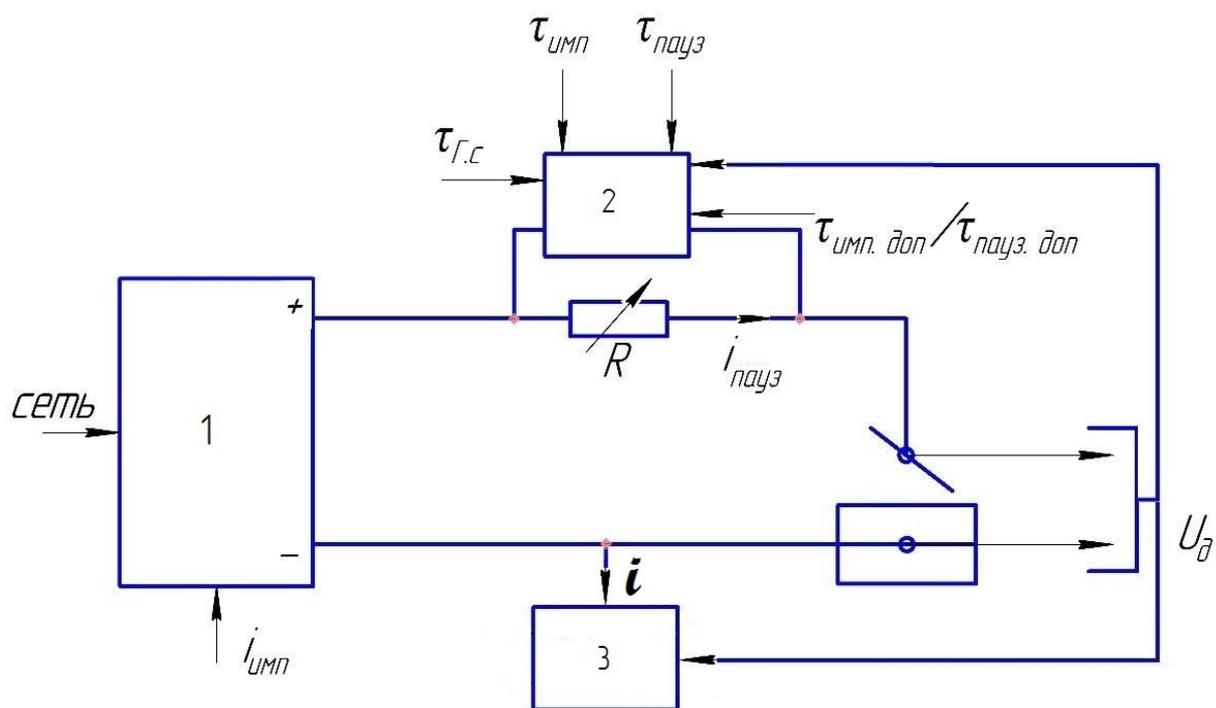


Рисунок 6 – Функциональная схема экспериментальной установки, где 1 - Сварочный выпрямитель ВД-306, 2 - Модулятор сварочного тока УДИ-203, 3 - Осциллограф АКПП-4122.

3 Экспериментальная часть

3.1 Методика определения влияния параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки

Сварка модулированным током заключается в чередовании высокого и низкого энергетических уровней. В то же время на период протекания тока низкого энергетического уровня повышается возможность нарушения стабильности процесса сварки из-за недостаточных условий для активизации разрушения перемычки жидкого металла между электродом и сварочной ванной, что провоцирует «примерзание» электрода к изделию [2].

Одним из способов повышения стабильности является применение серий дополнительных импульсов, протекающих в интервале тока паузы [2].

Влияние параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки определяется анализом осциллограмм напряжения и тока между электродом и изделием в сварочной цепи.

Методика проведения эксперимента: произвести сборку экспериментальной установки в соответствии с функциональной схемой и требованиям по эксплуатации для каждого элемента. Затем подготовить образцы из стали 09Г2С и электроды. Выполнить наплавку валиков на пластины в нижнем положении, с одной и той же скоростью без колебаний, при четырех различных параметрах модуляции тока.

Параметры модуляции тока:

1. Имитация протекания тока низкого энергетического уровня.

Создание условий для имитации протекания тока паузы (низкого энергетического уровня) заключается в принудительном снижении тока в процессе сварки с 80 А до 20 А. Данный эксперимент выполнить для подтверждения гипотезы о нарушении стабильности процесса сварки в период протекания тока паузы.

2. Применение стабилизирующего импульса в период низкого энергетического уровня.

Для предотвращения возникновения коротких замыканий дуги в период низкого энергетического уровня, используется стабилизирующий импульс, который подается для предотвращения «залипания» в момент возникновения короткого замыкания.

3. Применение серии импульсов в период низкого энергетического уровня.

Альтернативным способом предотвращения возникновения коротких замыканий дуги в период низкого энергетического уровня, является применение серий стабилизирующих импульсов, которые подаются по жестко заданной программе.

4. – Комбинированный способ подачи стабилизирующих импульсов в период низкого энергетического уровня.

Комбинированный способ заключается в совместном использовании серии стабилизирующих импульсов, заданных по программе, с импульсами, возникающими по отклику обратной связи.

Таблица 5 – Параметры режима сварки

№ п/п	Марка электрода	Величина тока им-пульса I_u , А	Величина тока паузы I_p , А	Длительность тока импульса t_n , с	Длительность тока паузы t_p , с
1	LB 52U	120	45	0,2	0,4

3.2 Анализ и обработка результатов, экспериментально полученных данных

Эксперимент №1 - Имитация протекания тока низкого энергетического уровня.

На рисунке 7 (а) приведены зарегистрированные осциллограммы тока и напряжения.

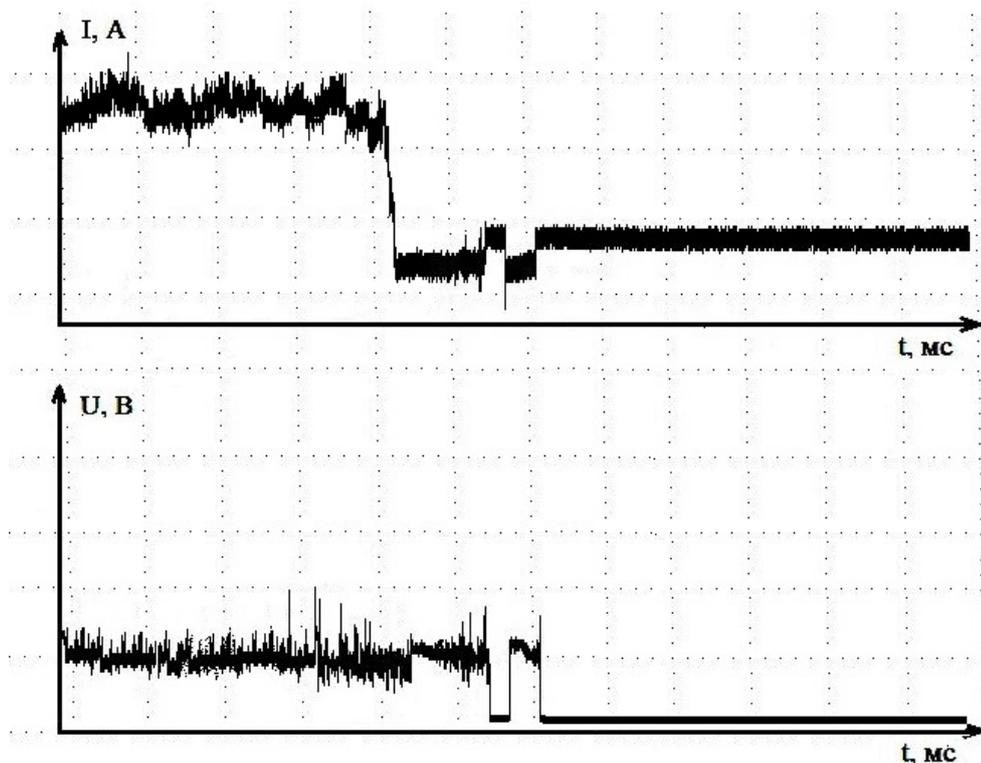


Рисунок 7 – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=200$ мс/дел; $\mu_i=20$ А/дел; $\mu_u=20$ В/дел)

Анализ осциллограмм показывает, что в период протекания тока паузы возможны как кратковременные замыкания межэлектродного промежутка, так и длительные, что приводит в конечном итоге к «залипанию» электрода, из-за малой величины тока в сварочной цепи. Был сделан вывод о целесообразности активизации переноса электродного металла посредством включения импульса тока в период короткого замыкания межэлектродного промежутка расплавленным металлом.

Эксперимент №2 – Применение стабилизирующего импульса в период низкого энергетического уровня.

На рисунке 8 (а,б,в) приведены зарегистрированные осциллограммы тока и напряжения.

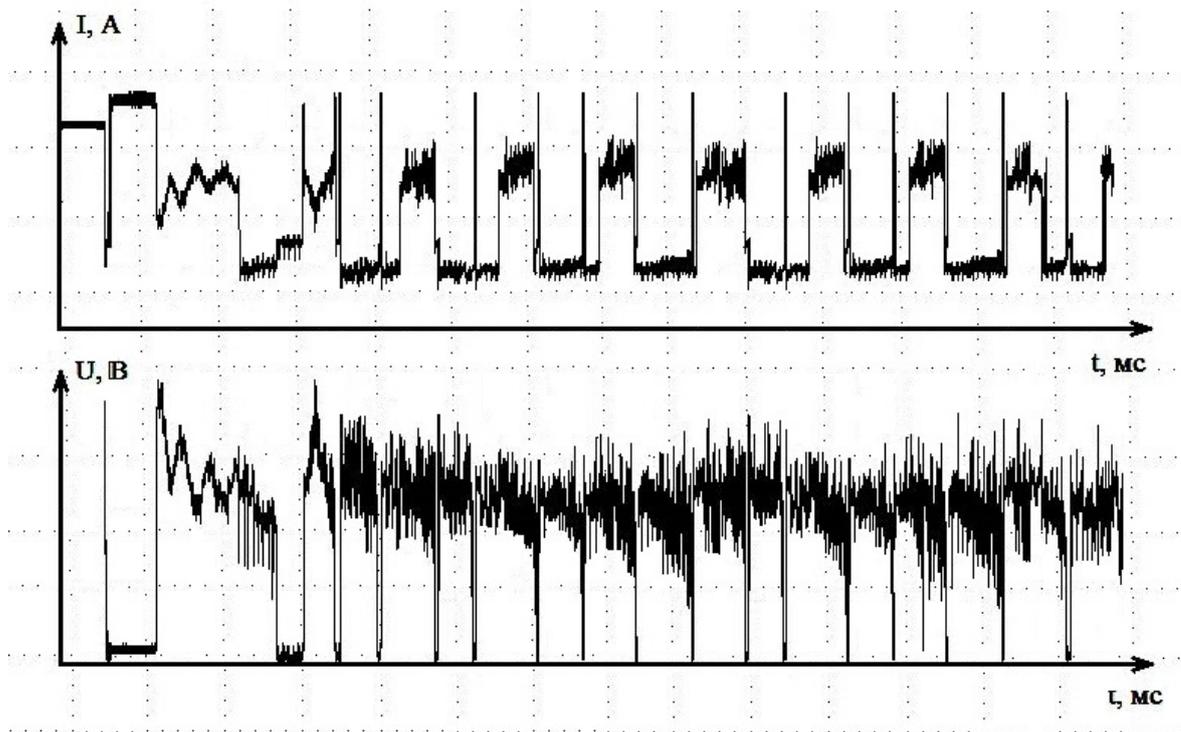


Рисунок 8 а – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=500$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)

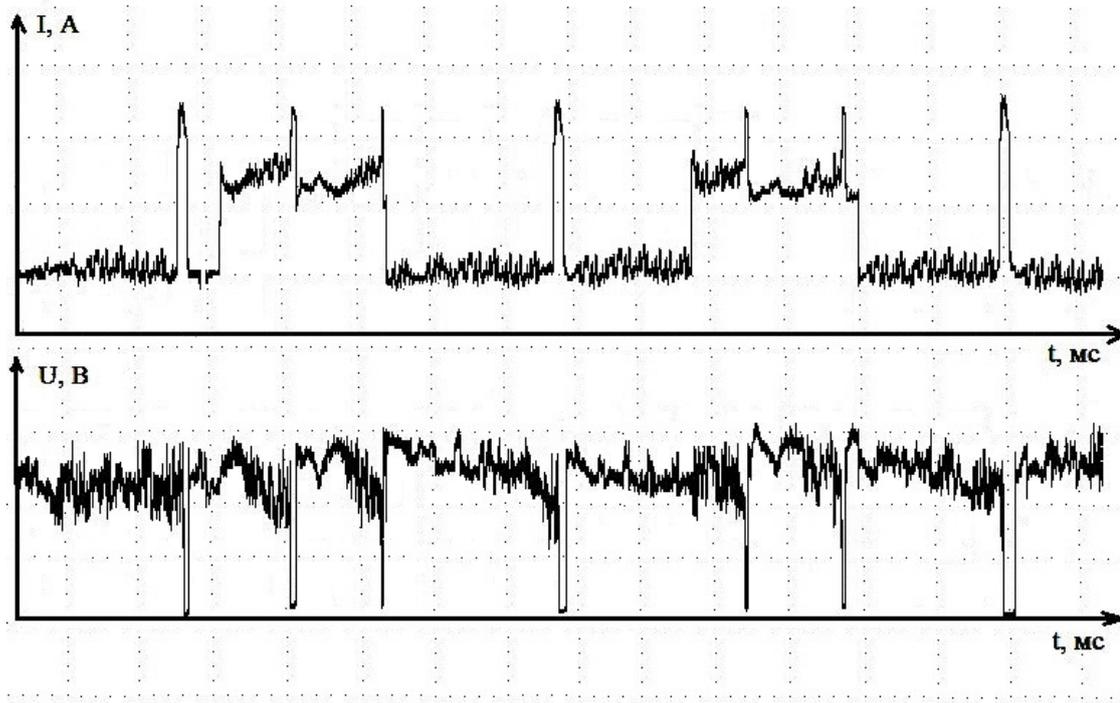


Рисунок 8 б – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=100$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)

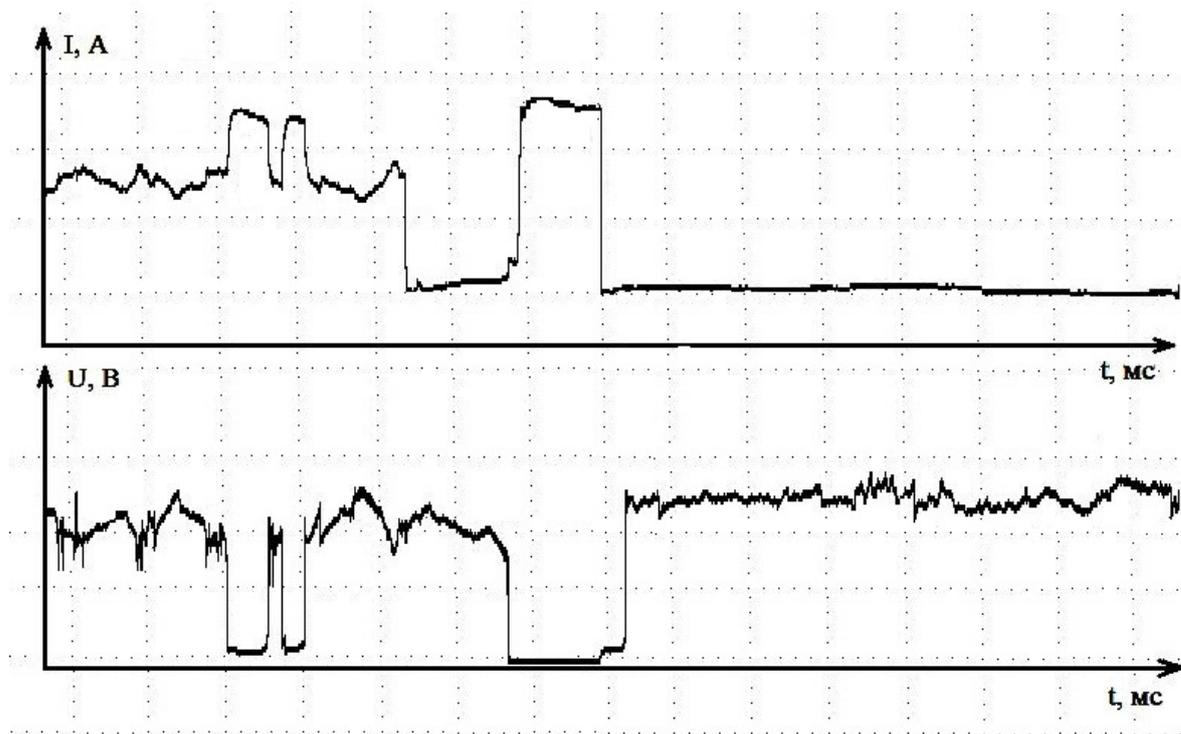


Рисунок 8 в – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=10$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)

Анализ осциллограмм показывает, что в период протекания тока паузы дополнительные стабилизирующие импульсы способствуют активизации процесса разрушения перемычки в период переноса электродного металла и, тем самым, повышают стабильность процесса сварки.

Эксперимент №3 – Применение серии импульсов в период низкого энергетического уровня.

На рисунке 9 (а,б,в) приведены зарегистрированные осциллограммы тока и напряжения.

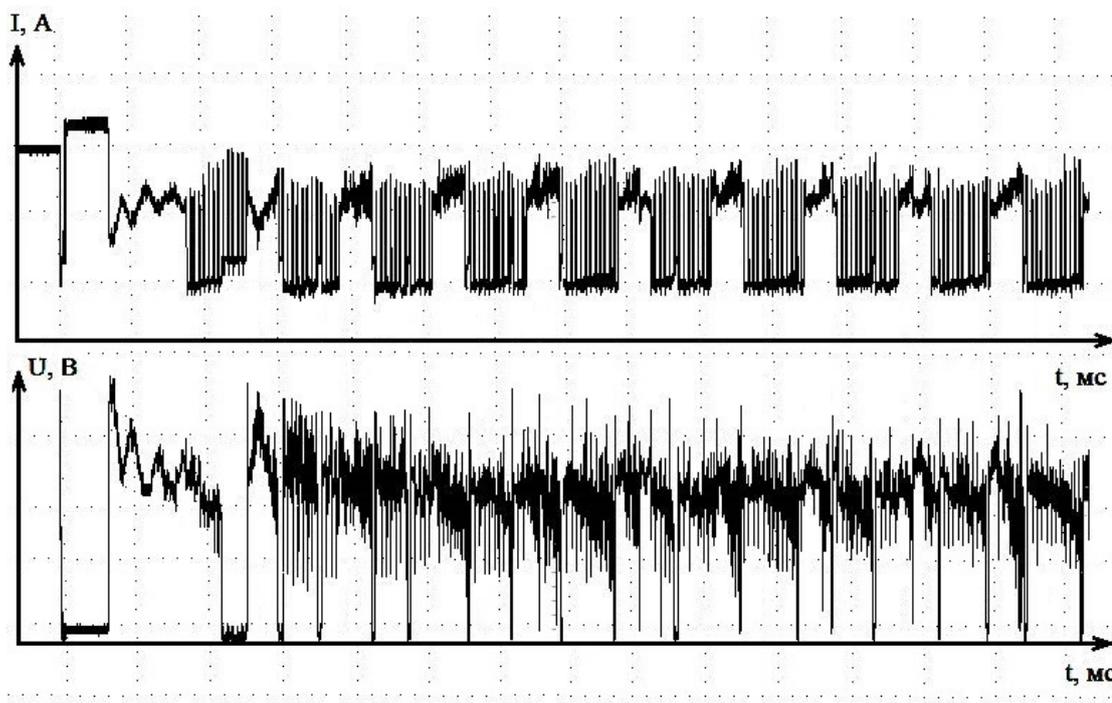


Рисунок 9 а – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=500$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)

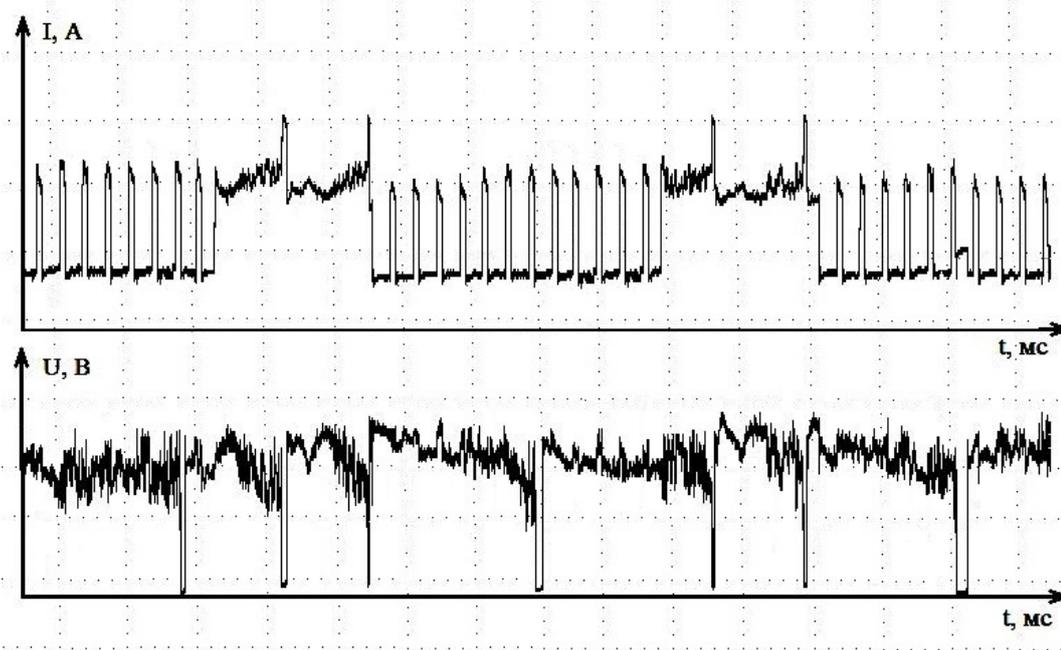


Рисунок 9 б – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=100$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)



Рисунок 9 в– Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=10$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=10$ В/дел)

Анализ осциллограмм показывает, что в период протекания тока паузы серия стабилизирующих импульсов способствует активизации процесса разрушения перемычки в период переноса электродного металла и, тем самым, повышают стабильность процесса сварки.

Эксперимент №4 – Комбинированный способ подачи стабилизирующих импульсов в период низкого энергетического уровня.

На рисунке 10 приведены зарегистрированные осциллограммы тока и напряжения.

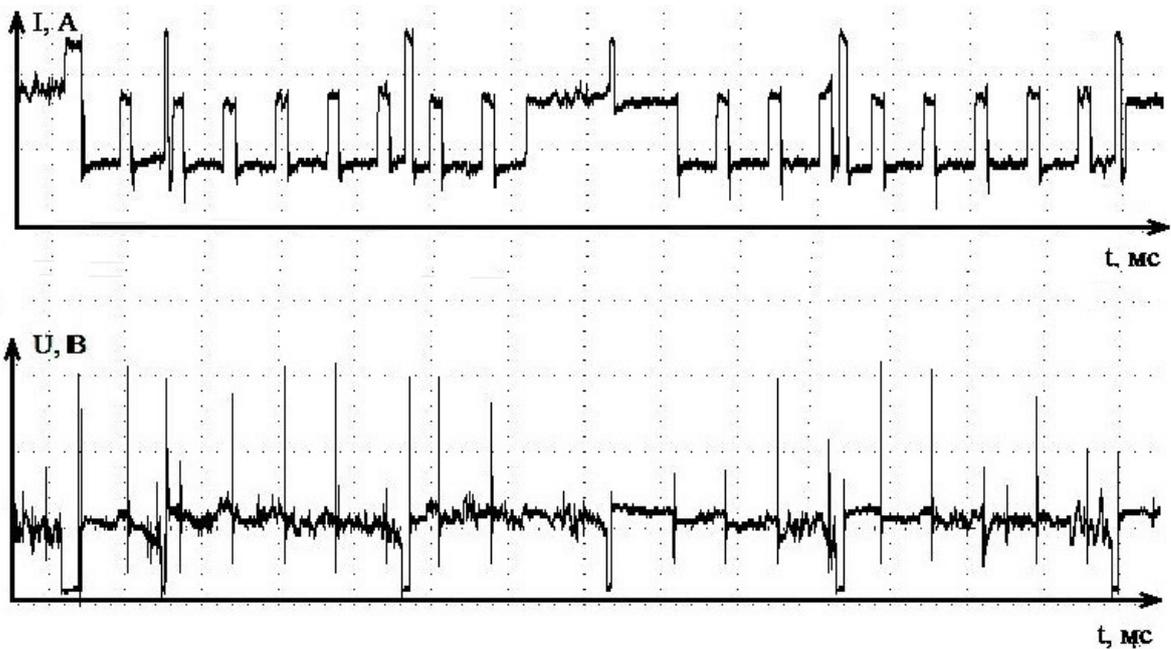


Рисунок 10 – Осциллограммы напряжения и тока ($\mu_t=50$ мс/дел; $\mu_i=50$ А/дел; $\mu_u=20$ Вдел)

Разработка новых способов, позволяющих повышать стабильность и производительность ручной дуговой сварки покрытыми электродами является востребованным направлением теоретических и практических разработок.

В результате анализа способов повышения стабильности процесса сварки модулируемым током покрытыми электродами. Установлено, что комбинированный способ подачи стабилизирующих импульсов в период низкого энергетического уровня наиболее эффективен.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В целевой рынок входят организации отраслей нефтяной и газовой промышленности, энергетики, а также коммунального хозяйства, т.е. отрасли в которых наблюдается широкое применение трубопроводов.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является строительство и ремонт. Сегментируем оборудование и технологию ручной дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током по критериям строительства и ремонта. Так как никто не занимается этими разработками, данное направление не имеет конкуренции.

Основными сегментами данного рынка являются нефтяная и газовая промышленность, на них и будет направлена ориентация предприятия. В будущем возможна ориентация на пищевую промышленность и коммунальное хозяйство.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [15].

В ходе исследования проанализированы конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности России и стран зарубежья в области уменьшения разбрызгивания ручной дуговой сварки. Широкое применение нашел способ уменьшения силы тока при разрыве перемычки. Однако на сегодняшний день применяют разные техники для осуществления данного метода сварки.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (таблица 1).
Используемые техники уменьшения разбрызгивания электродного металла:

- 1) А – ручная дуговая сварка с шунтированием тока при коротком замыкании;
- 2) В – ручная дуговая сварка с технологией STT-2;
- 3) С – ручная дуговая сварка с технологией Cold weld.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в (таблице 1), подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [15].

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (3.1)$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_ϕ	B_{K1}	B_{K2}	K_ϕ	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	1	5	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,1

Продолжение таблицы 6

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
3. Конкурентно-способность работы	0,25	5	2	4	1,25	0,5	1
Итого	1	30	20	29	5	2,35	3,75

Исходя из проведенного выше анализа (таблица 3.1) можно сделать вывод, что технология "А" имеет ряд преимуществ над своими аналогами. При использовании данной технологии значительно снижается процент брака и повышается производительность работы что, безусловно, повышает количество и качество выпускаемых изделий. Также за счет более рационального использования электрода, уменьшается количество потерь электродного металла, что снижает себестоимость выпускаемых изделий, при этом за счет повышения качества нет необходимости снижать цену на товар. Также стоит отметить наличие широкого диапазона возможностей при использовании данной технологии, а именно возможности использования электродов любого покрытия, что не могут обеспечить аналоги.

4.3 SWOT – анализ

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

Первый этап.

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

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные

стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- уменьшение разбрызгивание электродного металла – С1;
- возможность применения к любым видам дуговой сварки с короткими замыканиями – С2;
- сварка деталей разных толщин – С3;
- уменьшение трудозатрат на очистку около шовной зоны от брызг – С4;
- возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С5.

К возможностям проекта относятся:

- внедрение схемы, уменьшающей разбрызгивание на основе тиристора на рынок за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1;
- финансовая поддержка спонсора – В2;
- возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.

К угрозам относятся:

- недостаток финансов на реализацию проекта – У1.
- отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

Второй этап.

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

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	+
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	+	-	+	+
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	+	+
	У2	+	-	+	-	-
	У3	-	-	+	-	+

Анализ интерактивной матрицы показал следующие коррелирующие сильные сторон и возможности проекта: B1C1C3C4C5, B2C1C2C4C5, так же выявлены коррелирующие сильные сторон и угроз: У1C2C3C4C5, У2C1C3, У3C3C5.

Третий этап.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 8 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Уменьшение разбрызгивания электродного металла – С1.</p> <p>Возможность применения к любым видам дуговой сварки с короткими замыканиями – С2.</p> <p>Сварка деталей разных толщин – С3.</p> <p>Уменьшение трудозатрат на очистку около шовной зоны от брызг – С4.</p> <p>Возможность использования технологии и оборудования для сварки других металлов – С5.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1.</p> <p>Требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Продолжение таблицы 8

<p>Возможности:</p> <p>Внедрение схемы уменьшающей разбрызгивание на основе тиристора на рынок за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1. Финансовая поддержка спонсора – В2.</p> <p>Возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.</p>	<p>Показ достоинств нашего способа сварки, на выставках, посвященных сварочным технологиям. Реклама в СМИ.</p> <p>Сотрудничество с аттестационными центрами по сварки, а также с НИИ.</p>	<p>Использование средств защиты слуха обеспечивающих безопасный уровень шума. Закупка необходимого специального инструмента за счет спонсора.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>Недостаток финансов на реализацию проекта – У1.</p> <p>Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.</p>	<p>Поиск спонсоров благодаря презентации способа сварки с демонстрацией достоинств.</p>	<p>Привлечение инвесторов- самих производителей специальных вспомогательных инструментов для сварки; взаимная работа с другими инновационными предприятиями с целью минимизации рисков невостребованности; поиск новых рынков.</p>

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 9 - Морфологическая матрица

	1	2
А. Вид сварки	На постоянном токе	На переменном токе
Б. Вид полярности тока	Прямая и обратная	Прямоугольный и синусоидальный
В. Вид используемых электродов	LB 52U	LB 52U

Возможные варианты решения технической задачи:

1) А1Б1В1 – В первом случае, применяем сварку на постоянном токе это связано со стандартными рекомендациями, высокой концентрацией тепловой мощности, наиболее эффективно сваривать металл на постоянном токе обратной полярности, увеличивается стабильность горения дуги, хорошее качество сварного шва.

2) А2Б2В2 – Во втором случае, применяем на переменном токе это связано с тем, что при данном методе достигается мелкозернистость металла шва, что увеличивает его прочностные свойства, а это в свою очередь увеличивает долговечность эксплуатации трубопроводов.

4.5 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта состоит из цели и результата проекта, организационной структуры проекта, ограничений и допущений проекта.

4.6 Цели и результат проекта

В данном разделе приводится информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО «Газпром трансгаз Томск».	Получение технологии и оборудования разработанного способа сварки

Таблица 11 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка и экспериментальное испытание технологии для повышения стабильности процесса сварки покрытыми электродами модулированным током.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка и аттестация технологии и оборудования, а также получение прибыли от их продажи.
Критерии приемки результата проекта:	Сертифицированное и аттестованное оборудование и технология.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Проект должен быть закончен в определенные сроки.
	Должна быть проведена соответствующая подготовка к продаже оборудования и технологии способа сварки.

4.7 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определять роль каждого участника в данном проекте, а также необходимо прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Киселев Алексей Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры ОТСП НИ ТПУ	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	1000
2	Гордынец Антон Сергеевич, к.т.н., ассистент кафедры ОТСП НИ ТПУ	Исполнитель по проекту	специалист отвечающий за материальную часть проекта, программирование и разработку конструкции	700
3	Алексеев Алексей Александрович	Исполнитель по проекту	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту.	300
ИТОГО:				2000

4.8 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 13 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта	250000 руб.

Продолжение таблицы 13

1.1. Источник финансирования	Собственные сбережения
2. Сроки проекта:	09.09.2015 – 5.06.2016
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	25.12.2014
2.2. Дата завершения проекта	5.06.2016

4.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и оборудование.

Затраты на материал:

- Корпус сварочного аппарата 400 руб. Стоимость с учетом транспортных расходов: 420 руб.

- Диоды 500 руб. Тиристоры 1000 руб. Соединительные провода 300 руб. Дроссель 20 руб. Конденсаторы 130. Плата 200. Процессор 500. ЖК дисплей 800. С учетом транспортных расходов: 3500 руб.

Итого по статье: 3920 руб.

К статье «Специальное оборудование» можно отнести:

Ноутбук – стоимость с учетом транспортных расходов 17000 руб.

Осциллограф – стоимость с учетом транспортных расходов 13584 руб.

Мультиметр – стоимость с учетом транспортных расходов 925 руб.

Итого по статье: 31509 руб.

Расчет основной заработной платы.

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 оплаты труда.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p = 23264,86 \cdot 1,3 = 30243,2, \quad (3.2)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{T_{\text{р.м.}}} = \frac{30243,2}{22} = 1374,7, \quad (3.3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T_{\text{р.м.}}$ – количество рабочих дней в месяц (при 5-ти дневной рабочей недели $T_{\text{р.м.}}=22$ раб.).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (доцент, к.т.н.) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 1374,7 \cdot 155 = 213078,5 \quad (3.4)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Произведем расчет заработной платы исполнителей по формулам 3.2, 3.3, 3.4 и внесем полученные данные в таблицу 3.9.

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы руководителя

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30243,2	1374,7	155	213078,5
Исполнитель 1	18221,96	1,3	23688,55	1076,7	140	150745,3
Исполнитель 2	8022,65	1,3	10429,45	474,1	130	61628,6

Дополнительная заработная плата персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп.рук.}} = k_{\text{доп.}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 213078,5 = 25569,4 \quad (3.5)$$

$$З_{\text{доп.исп.1}} = k_{\text{доп.}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 150745,3 = 18089,4 \quad (3.6)$$

$$З_{\text{доп.исп.2}} = k_{\text{доп.}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 61628,6 = 7395,4 \quad (3.7)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты – 0,12;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблица 3.10 приведены результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 15 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководителя	Исполнителя 1	Исполнителя 2
Основная зарплата, руб	213078,5	150745,3	61628,6
Дополнительная зарплата, руб	25569,4	18089,4	7395,4
Итого по статье $C_{зп}$	238647,9	168834,7	69024

Отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 476506,6 = 142952 \quad (3.8)$$

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

Накладные расходы.

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 529761,8 = 423809,4 \text{ руб.}, \quad (3.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 3.11.

Таблица 16 – Группировка затрат по статьям

Статьи	Вид работ
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	4760 руб.
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	24100 руб.
Основная заработная плата	473001,6 руб.
Дополнительная заработная плата	56760,2 руб.
Отчисления на социальные нужды	158928,6 руб.
Накладные расходы	423809,4 руб.
Итого плановая себестоимость	1153350 руб.

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

В данной магистерской диссертации выбрана тема повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током. С точки зрения ресурсоэффективности можно сказать, что при применении данного типа оборудования мы получаем экономию сварочных материалов около 35%, в связи с отсутствием разбрызгивания расплавленного электродного металла, по отношению к имеющимся на сегодняшний день методам. При этом уровень качества сварных соединений значительно выше по сравнению с аналогами.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что данный способ сварки имеет много больше ресурсных, финансовых и экономических достоинств по сравнению с аналогами и тем самым является востребованным на рынке.

5 Социальная ответственность

Введение

При планировании и организации труда сварщиков, инженерно-технического персонала необходимо курировать вопросы выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению.

В процессе сварки, возникает опасность воздействия комплекса опасных и вредных производственных факторов различной природы: излучение, сварочные аэрозоли, искры и брызги расплавленного металла и шлака, электромагнитные поля, газы, сильный акустический эффект. Все вышеперечисленные факторы вызывают болезни либо отклонения в здоровье человека.

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

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

5.1 Анализ вредных производственных факторов

Широкое применение ручной дуговой сварки требует такой организации сварочных работ, которая обеспечила бы максимально возможную безопасность труда сварщиков.

При эксплуатации сварочного оборудования обслуживающий персонал может подвергаться воздействию большой группы опасных и вредных факторов. Наиболее характерными являются:

- поражение электрическим током;

- поражение глаз и открытой поверхности кожи ультрафиолетовым излучением электрической дуги;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструмента, оборудования;
- отравление вредными газами, выделяющимися при сварке;
- ИК-излучение и тепловыделение от оборудования и нагретых поверхностей;
- возникновение пожара;
- шум и вибрация.

Таким образом, обслуживающий персонал при работе на данном оборудовании подвергается воздействию практически всех перечисленных факторов. Рассмотрим опасные и вредные факторы и методы защиты от их воздействия.

5.2 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения

Для ИК-излучения характерны электромагнитные волны с длиной волны 0,76...420 мкм. ИК-излучение испускается любым нагретым телом, температура которого определяет интенсивность и спектр излучаемой электромагнитной энергии. Тела, нагретые выше 1000 °С, являются источниками коротковолнового ИК-излучения (0,7...9 мкм). С уменьшением температуры тела до 50 - 1000 °С ИК-излучение характеризуется длинноволновым спектром [46].

В зависимости от длины волны меняется проникающая способность. Наибольшей способностью обладает ИК-излучение с $\lambda=0,76...1,4$ мкм, которое способно проникать в ткани человека на глубину нескольких сантиметров. ИК-лучи длинноволнового диапазона задерживаются в поверхностных слоях кожи. Большая проникающая способность короткого ИК-излучения вызывает непосредственное воздействие на жизненно - важные органы (оболочка мозга, глаза и др.), поэтому опасность его воздействия существенна.

При эксплуатации сварочного оборудования, как правило, нет мощных источников ИК-излучения. Оборудование нагревается умеренно, что не приводит к образованию опасного коротковолнового ИК-излучения. Его источником может стать зона взаимодействия сварочной дуги со свариваемым изделием.

Электрическая дуга во время сварки при эксплуатации является источником ИК и ультрафиолетового излучения, оказывающего вредное влияние на глаза своим действием. Испускаемые сварочной дугой невидимые ИК и УФ лучи вредно действуют на сетчатую и роговую оболочку глаза. Длительное воздействие дуги на незащищенный глаз (в течении 5-10 минут) вызывает через 1,5-2 часа сильные боли в глазах, слезотечение, светобоязнь, спазмы век и воспаление глаз. Облучение ультрафиолетовыми лучами в течении 1-3 часов вызывает ожог кожи наподобие солнечного. Испускаемые сварочной дугой невидимые инфракрасные лучи вызывают при длительном облучении незащищенных глаз общую потерю зрения [46].

Мерой защиты от излучения дуги является использование сварщиком защитных цветных стекол - светофильтров. Светофильтры кроме ионизирующего действия излучения дуги также обеспечивают полную защиту от брызг расплавленного металла, от раздражения слизистой глаза из-за выделяющихся при сварке аэрозолей, и т.д. Российской промышленностью выпускаются светофильтры марок С4-С8, в европейской классификации это соответствует DIN 9-13. Так для нашего случая, при аргонодуговой сварки алюминия на средних значениях тока (от 60 до 100 А), необходимо использовать светофильтр типа «С5» или «С6».

5.3 Электрическая безопасность

Электрический ток является важнейшим опасным фактором, воздействию которого может подвергаться персонал во время работы. Поражающее действие электрического тока зависит от следующих факторов:

- значение и длительность проникания тока через тело человека;

- род и частота тока;
- индивидуальные особенности человека.

Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20...100 Гц.

Все оборудование сварочного цеха должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) и действующим ГОСТам [41...44]. Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок, имеющих в инструкциях заводов изготовителей.

Рассматривая сварочную палатку как рабочее помещение, следует отметить, что она относится к категории помещений с повышенной опасностью [45], так как присутствуют токопроводящие полы и отсутствует токопроводящая пыль. В соответствии с этим минимально допустимая степень защиты источника питания IP 11.

Для предотвращения поражения электрическим током применяются следующие основные методы защиты:

- изоляция, защитное заземление;
- недоступность токоведущих путей;
- использование двойной (рабочей и дополнительной изоляции);
- защитное отключение;
- применение специальных электрозащитных средств;
- организация безопасной эксплуатации.

Корпус источника питания и корпус сварочной машины необходимо заземлять. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должно быть предусмотрено крепление - болт диаметром 5÷8 мм, расположенный в доступном месте с надписью “Земля” (или условным обозначением “Земля”). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых аппаратов запрещается [46].

Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр, специальное обучение и соответственно аттестацию по

электробезопасности не ниже 2 уровня. Также каждый работник обязан знать, как оказать первую помощь пострадавшему от действия электрического тока, а это достигается хорошей работой отдела охраны труда на предприятии, за счет методического материала и инструкций на месте работ, а также обучения персонала.

5.4 Пожарная безопасность и мероприятия по ее обеспечению

Наиболее вероятным и опасным случаем ЧС являются пожары. Сварочное производство относится к пожароопасным, что обусловлено наличием веществ и материалов в горячем состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр, пламени, твердых, жидких газообразных веществ, которые сжигаются в качестве топлива.

Здание сварочной лаборатории относится ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г.

Основы противопожарной защиты предприятий определены федеральным законом 123-ФЗ от 22.07.2008 (с изменениями на 2 июля 2013 года).

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Пожарная безопасность предприятия может быть обеспечена следующими мероприятиями.

Во всех производственных, административных и вспомогательных помещениях должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны.

Правила применения на территории объекта открытого огня, проезда транспорта, допустимость курения и проведения временных пожароопасных работ устанавливаются общими объектными инструкциями о мерах пожарной безопасности.

Приказом устанавливается соответствующий противопожарный режим, в том числе:

- определены и обозначены места для курения;
- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещении материалов;
- установлен порядок уборки горючих отходов, хранение промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;
- регламентированы порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы;
- регламентированы порядок проведения временных огневых работ и других пожароопасных работ;
- определены действия работников при обнаружении пожара;
- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

Руководитель работ совместно с работником, ответственным за пожарную безопасность объекта должен определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или центральным пунктом пожарной связи.

Для быстрой ликвидации пожара вблизи сварочного места всегда должны быть ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участках с электроустановками, должны быть углекислотными. На участке, в специально оборудованных местах, должно находиться не менее двух огнетушителей ОУ

- 5.

Пожарные краны, рукава, стволы, огнетушители и другие средства пожаротушения, необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах [46].

5.5 Шум и вибрация

Шумовое воздействие оборудования для аргонодуговой сварки мало и можно не применять средств защиты от шума и вибрации.

При сварке и сборке изделий используют шлифовальные машинки, которые создают дополнительный шум, вредно действующий на организм. У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координация движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Вибрации, воздействуя на организм человека, могут явиться причиной функциональных расстройств нервной и сердечно-сосудистой системы, а также опорно-двигательного аппарата. Увеличение интенсивности и длительности вибрации, в ряде случаев, приводит к развитию вибрационной болезни.

У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003–14 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки) [40].

Для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется организовывать 10-15 минутные перерывы после каждого часа работы и проводить комплекс профилактических мероприятий. Одним из направлений

борьбы с шумом является создание шумопоглощающих устройств в самом технологическом оборудовании [46].

5.6 Исследование освещенности рабочей зоны

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место инженера должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. Естественное освещение проникает в помещение через одно большое окно в светлое время суток. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное же отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работах по сварке тонколистового алюминия в сочетании с работой на персональном компьютере в сочетании с работой и с нормативной и технической документацией согласно нормам, СП 52.13330.2011 регламентируется минимальная искусственная освещенность рабочих мест в 400 лк при общем освещении. Разряд зрительной работы 1Г [48, с. 3-6].

Световой поток, создаваемый каждой из ламп, рассчитывается по формуле (7.1)

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

где F – световой поток одной лампы, лм;
 E – минимальная освещенность, лк, $E = 400$ лк;
 S – площадь помещения, m^2 , $S = 24 m^2$;
 z – поправочный коэффициент, $z = 0,9$;
 k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;
 η – коэффициент использования осветителей, %;
 n – число светильников в помещении.

Коэффициент k для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения (i), рассчитанный по выражению (7.2)

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

где A – длина помещения, м, $A = 7$ м;
 B – ширина помещения, м, $B = 5$ м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, оклеенными светлыми обоями, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 30\%$ и потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$.

По формуле (7.3) определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (7.3)$$

где h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0,8$ м;
 h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 0,15$ м;
 H – высота потолка в помещении, м, $H = 3,2$ м.

Из расчетов следует, что $h = 2,25$ м, тогда согласно выражению (7.2)

$$i = \frac{7 \cdot 5}{2,25 \cdot (7 + 5)} = 1,3 \quad (7.4)$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и $\rho_{\text{п}}$ примем $\eta = 49\%$.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СП 52.13330.2011, рассчитаем количество ламп в помещении, выразив отношение из формулы (7.1).

$$n = \frac{400 \cdot 35 \cdot 0,9 \cdot 1,5}{1500 \cdot 0,49} = 25,7$$

Таким образом, люминесцентные лампочки дневного света (ЛД) в количестве 26 штук, мощностью 30 Вт, потребляемые ток 0,34 А при питании от сети 220 В, достаточны для обеспечения минимальной требуемой освещенности в анализируемом помещении.

Для утилизации люминесцентных ламп необходимо заключить договор с компанией, имеющей лицензию на утилизацию отходов соответствующего класса опасности.

5.7 Воздушная среда и микроклимат производственного помещения

Микроклимат в производственном помещении оказывает существенное влияние на здоровье и самочувствие людей. Значительные колебания микроклимата могут приводить к перегреву или переохлаждению организма, что снижает производительность труда и влечет за собой заболевания и травматизм. Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда.

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются 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.

Нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий устанавливает СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.1.005-88 и руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса утвержденное главным санитарным врачом – Р 2.2.2006-05 от 29 июля 2005 года. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа инженера-разработчика относится к категории 1а - работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением [43...46].

Для помещения без избытка выделения тепла для работ категории тяжести 1а оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать требованиям таблицы 17.

Таблица 17 – Допустимые нормы и фактические значения параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	1а	22,4	(20÷25)	36,5	(15÷75)	< 0,05	0,1
Теплый	1а	23,3	(21÷28)	39,3	(15÷75)	< 0,05	0,1

Из таблицы 1 видно, что в анализируемой комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

Микроклимат помещения должен поддерживаться на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

При сварке в среде инертных газов пыли и вредных веществ выделяется меньше, чем при других способах сварки плавлением. Содержание в алюминиевом сплаве магния способствует еще большему выделению пыли. Однако при аргонодуговой сварке выделяющиеся вредные вещества могут достигать значительных количеств (Таблица 7.2). Поэтому на участке сварки

в среде инертных газов необходима вытяжная вентиляция. При оборудовании вентиляции следует учитывать следующее обстоятельство: чрезмерно интенсивный отсос газов в непосредственной близости от зоны горения дуги может нарушить защиту ее инертным газом. Поэтому при расчетах вентиляционных устройств исходя из того, чтобы скорость воздуха на месте сварки была не более 0,3 м/с, расход удаляемого воздуха около 200 м³/ч, сопротивление отсосу 35 мм вод.ст.

Таблица 18 – Количество выделяющихся вредных веществ при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов

Электрод	Свариваемые сплавы	Количество выделений, г/кг*
Неплавящийся	Алюминиевые	5,0

*- на кг наплавленного металла.

Вентиляция сварочных цехов и участков оборудуется в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86 (Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности). По этим нормам воздухообмен в час на один пост должен составлять от 500 до 1000 м³/ч. В тех случаях, когда трудно обеспечить необходимую вентиляцию, а содержание вредных газов и пыли превышает допустимые нормы, необходимо применять средства индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков. Когда концентрации газов в зоне дыхания не велики, можно использовать противопылевые респираторы типа ШБ-1 («Летосток», «Астра-2» и др.).

5.8 Чрезвычайные ситуации

На случай чрезвычайных ситуаций (военное положение, применение оружия массового поражения, вооруженные конфликты, экономическое, политическое, научно-техническое противостояние, а также бедствия природного либо техногенного характера) на предприятии необходим отдел по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям. Данный отдел является самостоятельным функциональным структурным подразделением системы организации и обеспечения безопасности производства и защиты

обслуживающего его персонала в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Отдел в своей деятельности руководствуется: законами Российской Федерации, Постановлениями Правительства Российской Федерации, приказам и распоряжениями МЧС Российской Федерации, уставом, положениями и приказами предприятия.

Основными функциями отдела являются:

- анализ, прогнозирование и оценка возможных последствий при возникновении радиационной аварии на объекты, персонал и территорию промплощадки, санитарно - защитной зоны, зоны наблюдения и разработка мероприятий по их защите;

- организация и проведение под руководством комиссии по чрезвычайным ситуациям предприятия спасательных и других неотложных работ в зонах чрезвычайных ситуаций с привлечением для этих целей гражданских организаций гражданской обороны предприятия, сил и средств ГО и ЧС областного и городского уровня в соответствии с планом взаимодействия;

- подготовка, организация и проведение под руководством КЧСО комплексных, командно-штабных учений и тренировок в соответствии с планом общих мероприятий по ГО и ЧС предприятия;

- организация накопления, хранения и поддержания в готовности индивидуальных и коллективных средств защиты, специального имущества и материалов гражданской обороны;

- организация, совершенствование и поддержание в постоянной готовности локальных и объектовых систем оповещения, систем управления и связи;

- организация обучения и подготовки руководящего и командно-начальствующего состава, рабочих и служащих к действиям при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время.

- организация своевременного оповещения и сбора руководящего и командно-начальствующего состава, персонала и населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время;
- организация и контроль за проведением эвакуационных мероприятий при возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время;
- разработка, планирование и контроль за выполнением мероприятий по мобилизационной подготовке предприятия и др.

Охрана окружающей среды

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями связано в большей степени с загрязнением атмосферы.

Поэтому мероприятия по повышению экологической чистоты производства можно отнести к охране и рациональному использованию воздушного бассейна.

Эти мероприятия связаны с сооружением установок, для очистки воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией из цехов промышленных предприятий. Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофильтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители – циклоны.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы. Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов. В качестве адсорбентов (поглотителей) применяют такие вещества, как глинозем, силикагель, активированный уголь и др.

Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудование, технологии не должны в процессе эксплуатации вызывать

вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должно отдаваться безотходным и малоотходным технологиям [44...47].

Для утилизации мусора обязательно должен быть заключен договор со Спецавтохозяйством.

5.9 Техника безопасности на рабочих местах

Перед началом работы вновь зачисленных в штат рабочих обязательно инструктируют по безопасности труда, а в последующем не реже чем один раз в три месяца для всех рабочих проводят повторный инструктаж. Не позднее месяца со дня зачисления рабочего в штат руководство организации обучает его безопасным методам производства работ. После окончания обучения, а в дальнейшем ежегодно проверяют знание рабочими безопасных методов и приемов выполнения работ.

При производстве сварочных работ предусматривают такую последовательность технологических операций, чтобы предыдущая операция не являлась источником производственной опасности при выполнении последующих. Для этого необходимо правильно организовать производственную площадку, участок работ и рабочие места.

К обслуживанию электросварочных установок допускаются специалисты, имеющие соответствующие удостоверения и не ниже 2-й квалификационной группы по технике безопасности. Разрешается использование только источников сварочного тока, специально предназначенных для электросварочных работ. Размещение сварочного оборудования должно обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему. Электросварочные установки должны включаться в электросеть только при помощи пусковых устройств [44].

На строительной площадке устанавливают для людей опасные зоны и обозначают их знаками безопасности установленной формы. Такими зонами являются зоны вблизи от незаземленных токоведущих частей

электроустановок, вблизи не огражденных перепадов по высоте на 1,8 м и более, в местах перемещения труб, машин и оборудования, в местах производства погрузочно-разгрузочных работ. Проезды, проходы, погрузочно-разгрузочные площадки и рабочие места регулярно очищают от мусора (огарков электродов, кусков проволоки, стружки и др.). Проходы для рабочих, расположенные на стеллажах, уступах, откосах с уклоном более 20 градусов, оборудуют стремянками или лестницами с перилами. Стеллажи для сборки и сварки двигателей-маховиков должны быть смонтированы по утвержденному проекту. Рабочая поверхность стеллажа должна быть горизонтальной [46].

Сама планировка производственной площадки тщательно продумывается с точки зрения безопасности труда.

Сварочные работы характеризуется рядом факторов, которые при незнании безопасных приемов труда и нарушении правил безопасности могут вызвать тяжелый производственный травматизм, как самих рабочих, так и лиц работающих поблизости (электрический ток, световая радиация дуги, тепловое воздействие дуги, вредные выделения, взрывоопасность и др.)

К обслуживанию электросварочных установок допускаются специалисты, имеющие соответствующие удостоверения и не ниже 2-й квалификационной группы по технике безопасности. Разрешается использование только источников сварочного тока, специально предназначенных для электросварочных работ. Размещение сварочного оборудования должно обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему. Электросварочные установки должны включаться в электросеть только при помощи пусковых устройств [30].

Заключение

В ходе выполнения магистерской изучены особенности модулированной сварки плавящимся электродом. В результате исследований было установлено, что стабильность процесса сварки модулированным током покрытыми электродами, изменяется при использовании различных способов модуляции.

Показано, что изменение параметров режима модуляции оказывает существенное влияние на стабильность процесса сварки модулированным током. Установлено что при использовании комбинированных стабилизирующих импульсов процесс наиболее стабилен.

Список использованных источников

1. Управление переносом электродного металла при сварке с короткими замыканиями дугового промежутка. Ю. Н. Сараев // Автоматическая сварка. -1988.- № 4.
2. Шигаев, Т. Г. Сварка модулированным током // Итоги науки и техники. Сварка. Том 17. М. - 1989. - С. 91 - 132.
3. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки / Ю. Н. Сараев. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1994. – 108с.
4. Пономарев В.Е., Сливинский А.М. Перенос металла и саморегулирование электрической дуги при сварке в защитных газах // Сварщик. Информационно-технический журнал. - Киев. - 2004. - № 5(39).
5. Мазель А.Г. Технологические свойства электросварочной дуги // «Машиностроение», 1969, - с. 178.
6. И.К.Походня, В.Н. Горпенюк, С.С.Миличенко и др. Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов / АН УССР. Ин-т электросварки им. Е.О. Патона. – Киев : Наук. Думка. - 1990.- 224 с.
7. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах // Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнолопя», 2007. - с.192.
8. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов; под ред. В. В. Фролова. – М.:Машиностроение, 1974. - 768 с.
9. Marcel Joseph Marie Hermans. A Study of Short Circuit Arc Welding. - Delft. Delft University Press. III. -1997.
- 10.Ерохин А.А., Кинетика металлургических процессов дуговой сварки. - М. : Машиностроение, 1964. - 256 с.
- 11.В. Д. Макаренко, Р. В. Палий, М. Ю. Мухин и др.; Технологические свойства монтажной сварки трубопроводов. Под ред. В. Д. Макаренко. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2001. - 1 с.: ил.

12. Геворкян В.Г. Основы сварочного дела // Учебник для строит. спец. техникумов. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1985. – С. 168, ил.
13. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах / Редкол.: Г.А. Николаев и др. - М.: Машиностроение, 1978. –Т.1 / Под ред. Н.А. Ольшанского, 1978. – 504 с.
14. Баженов В.В., Овчинников В.А.. Физические основы защиты плавящегося металла при дуговой сварке покрытыми электродами // Сварочные материалы.- Киев: ИЭС, 1972. - С. 320
15. Походня И.К. Метод исследования процесса плавления и переноса электродного металла // Автоматическая сварка. - 1964. - № 2
16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
17. Сараев Юрий Николаевич Патент RU 2 410 216 Способ адаптивной импульсно-дуговой сварки // Учреждение Российской академии наук Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН (ИФПМ СО РАН), 2008. - 10с.
18. Князьков Анатолий Федорович, Деменцев Кирилл Иванович, Князьков Сергей Анатольевич, Князьков Виктор Леонидович Патент RU 2 418 659 // Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Томский политехнический университет", 2008. – 7с.
19. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
20. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

- 21.ГОСТ 12.1.035-81. Система стандартов безопасности труда.
Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
- 22.ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум.
Общие требования безопасности.
- 23.СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 24.ГОСТ 12.1.016-79. Система стандартов безопасности труда.
Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 25.ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности.
26. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).
27. ГОСТ 12.1.019 (с изм.№1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
28. ГОСТ 12.1.030 -81. Защитное заземление, зануление.
29. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
30. ГОСТ 12.1. 045 – 84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
31. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. - Главгосэнергонадзор России. Дата введения 2003.01.01.- М.: ЗАО "Энергосервис".
32. Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие.- М.: Высшая школа, 1999. – 318с.
33. ГОСТ 949-73 - Баллоны стальные малого и среднего объема для газов
СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение.

Приложение А

Раздел №1 Литературный обзор

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Скорняков Виктор Александрович		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Слободян Михаил Степанович	К.Т.Н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казанцев Андрей Юрьевич	К.ф.н.		

1.1 The general representations of welding by the modulated current

The entity of the welding by modulated current (PW) consists in periodic change of parameters of a power system the power supply – a welding arc between high (pulse) and low (pause) levels. During the high level of current there is a melting of the main part of electrode and weld metal, and during the subsequent period of a pause there is a crystallization of the most part of a weld pool [2].

PW allows to provide dosage of warmth of the arc welding. This feature of PW allows to facilitate considerably welding in vertical and ceiling provisions.

Without the use of PW, there is a need to regulate the fluidity of the bath and to manipulate the electrode to ensure a satisfactory seam formation [2].

Modulation of a welding current represents an opportunity will get rid of labor-consuming operation on heat input dispensing and to increase it to the special device – the modulator. Impulse technologies provide regulation of depth of pro-melt and the form of a welded seam. It gives the chance of defect-free one-sided welding of root with formation of the reverse roller in all spatial provisions without additional lining and welded of a root from within.

PW mode parameters besides the main include: current in the period of an impulse, current in the period of a pause, time of an impulse and time of a pause. Derivative parameters – rigidity $G = \frac{t_{\Pi}}{t_{И}}$ and depth of modulation of welding current $M = \frac{I_{И}}{I_{\Pi}}$. Effective current of an arch can be defined as average [2].

$$I_{cp} = \frac{I_{И} * t_{И} + I_{\Pi} * t_{\Pi}}{t_{И} + t_{\Pi}}, \quad (1)$$

or as mean square [2]

$$I_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{I_{И}^2 * t_{И} + I_{\Pi}^2 * t_{\Pi}}{t_{И} + t_{\Pi}}}. \quad (2)$$

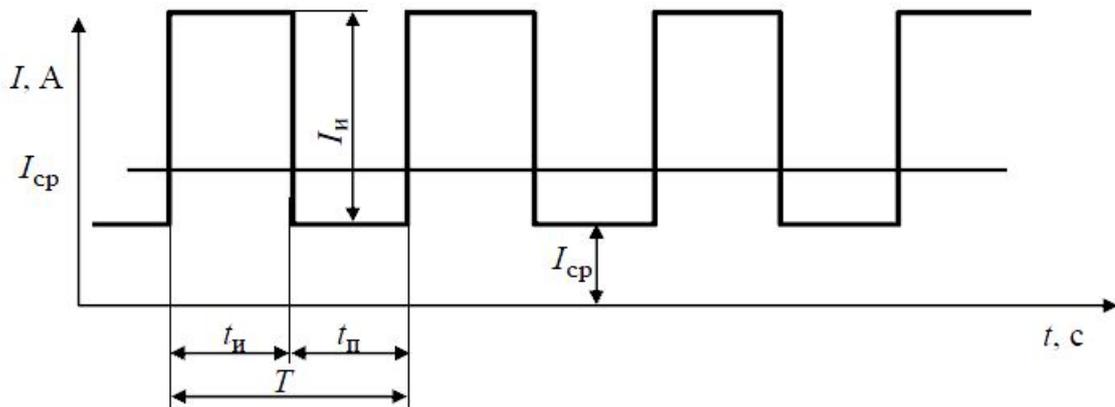


Figure 1 – PW parameters, where I_u – current impulse amplitude; $I_п$ – pause current; t_u – pulse length; $t_п$ – pause length; T – pulse interval; I_{cp} – average current [2]

1.2 Influence of metal transfer on stability of welding process

1.2.1 Main types of transfer

High-speed video filming of an interelectrode interval during process of welding gives the chance to establish features of transfer of electrode metal in a welding pool (figure 1). Depending on the mode of welding and characteristics of the welding equipment distinguish two main types of transfer: in the first case the drop concerns a surface of a welding bathtub to separation from an electrode end face, forming short circuit, in the second case the drop separates from an electrode end face without contact of a surface of a welding bathtub (thanks to maintenance of a long arch). The last form of transfer of metal is subdivided into 6 separate types depending on features of formation and separation of drops of electrode metal from an electrode end face.

There is no uniform point of view on the main factor causing transfer of metal from an electrode on a product so far. Obviously, process of transfer is influenced by several factors:

- 1) gravity;

- 2) force of a superficial tension;
- 3) gas generation forces;
- 4) electric forces (electrostatic and electrodynamic);
- 5) gas blasting, electric and magnetic weeding;
- 6) force of explosion of a crossing point between a drop and an electrode.

On the sizes of drops the great influence is exerted by structure and thickness of an electrode covering, and also welding current [5]. When welding in the lower situation gravity promotes a drop separation, and at ceiling welding interferes with electrode metal transfer in a seam. Forces of a superficial tension of metal are interesting from the point of view of deduction of a welding bathtub on a product and partially in connection with transfer. It is obvious that the liquid drop of an electrode, have been brought closer to a surface of a welding bathtub, is attracted by the last under the influence of molecular forces. Between molecules of a blanket and a drop there is an interaction, and the drop merges from a welding bathroom.

Approximate calculation, without drop attraction force to an electrode, shows that the drop with a diameter of 2,5 mm can be tightened by a welding bathroom on distance of 18 mm. However drop attraction force to an electrode makes the considerable size and therefore the arc interval for ceiling welding has to be much less. Practically at ceiling welding support length of an arch of 1.5-2 mm, and diameter of an electrode is chosen by 3-4 mm drops of rather small sizes [6] were formed.

Some researchers consider gas generation forces the major factor causing metal transfer [Lenivkin V. A.].

Gases are formed, generally from combustion of the carbon which is a part of a core of an electrode; to a bathtub. When welding by naked electrodes carbon dioxide is emitted through an open surface, and when using the high skin of

electrodes - through a coat layer (in the form of bubbles). Calculations show what at a temperature of 3000 °C from a low-carbonaceous wire with the content of carbon of 0,25% is allocated about the 10th carbon dioxide [10].

Depending on structure of a covering, geometry of an end face of an electrode, coefficient a mass, the welding mode, as shown in works [6, 10, 11] the nature of transfer of metal significantly changes.

In work [6] it is shown that the structure of a covering significantly influences number of the short circuits caused by transition of drops through an arc interval. It is possible to carry feldspar, potassium sodium silicate to elements which raise number of short circuits.

The beneficial effect of feldspar and potassium liquid glass on transfer of metal happens because of sharp change of issue of electrons from the cathode, at the same time the area of an active spot increases and, current density in him decreases. Temperature increase of drops. caused by increase in a surface of a heat transfer through an active spot, and decrease in jet pressure of vapors owing to reduction of density of current in an active spot is led to crushing of drops when welding.

In the figure 2 transition of drops when using four main types of a covering is schematically shown.

The cellulose type (the figure 2, a) is characterized by transition of material in the form of average or large drops. The covering consists mostly of the organic components which are burning down in an arch and forming at the same time protective gas for protection of the place of welding. As the covering contains except cellulose and other organic substances only small shares of the elements stabilizing an arch, at a slag is almost not formed. The sour type at which the covering mostly consists of iron and manganese ore allocates large amounts of oxygen in the atmosphere of an arch and reduces his superficial tension. As a result transition of material in the form of small drops and liquid metal of a seam turns out.

The covering of rutile type mostly consists of dioxide of the titan in the form of mineral rutile (TiO_2) or ilmenite ($\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$) or of artificial dioxide of the titan. Electrodes of this type are also characterized by transition of material in the form of small or average drops, quiet fusion with small quantity of splashes.

In case of the main covering consisting of the main oxides of calcium (SAO) and magnesium (MGO), transition of the melted metal is characterized by average and large drops, and the welding bathtub turns out plastic.

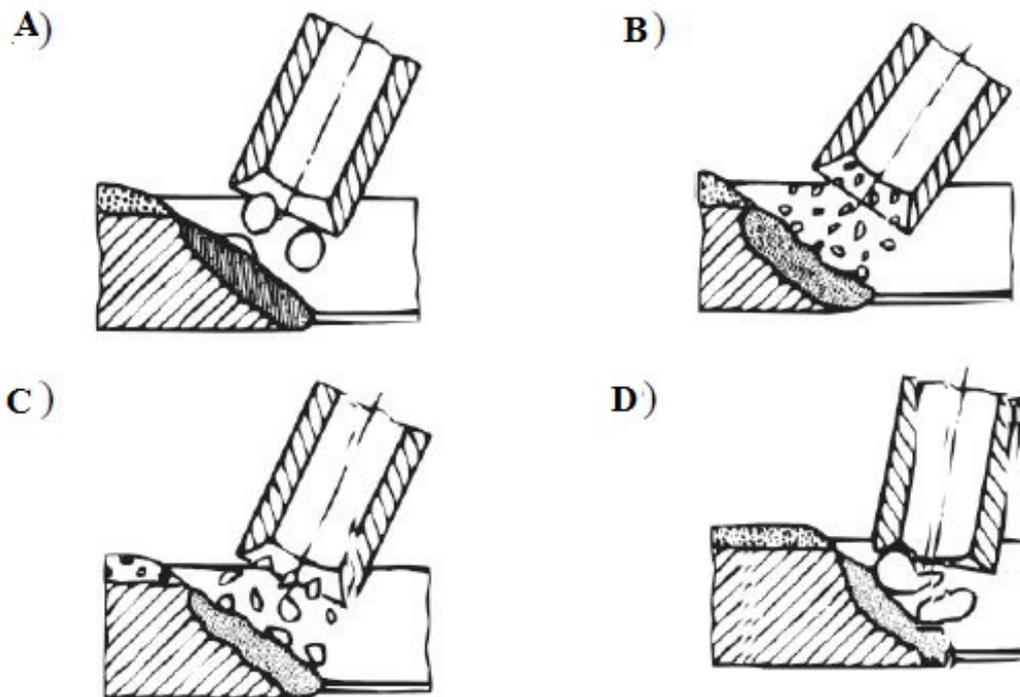


Figure 2 – Transition of drops when using various coverings: a) cellulose; b) rutile; c) sour; d) basic.

About influence of thickness (weight coefficient) of a covering on the sizes of drops there are different opinions, but in many respects they meet to a tendency of reduction of drops at increase in thickness of a covering.

When welding by an electrode with a thick covering, the core of 1 electrode (figure 3) melts quicker, and his end face turns out a little covered "covering cover". Intensive gas generation in the small volume of "cover" leads to the phenomenon of

the gas blasting accelerating transition of drops of metal to a welding bathtub [12]. It agrees [13], the sizes of drops decrease at increase in thickness of a covering only up to certain sizes. In work [13] it is also shown, that with increase in coefficient the mass from 20 to 70% a second exit of the gases which are formed at decomposition of marble in the course of melting of a covering increases from 0.034 to 0.060g/with that causes increase in aerodynamic force more than by 4.5 times and promotes crushing of electrode drops

Follows from work [6] that there is one more decision for receiving more small-drop transfer – performance of an electrode covering of a two-layer design. At the same time in an inside layer marble settles down, and in an external layer leave calcium fluoride that negative influence of fluorides on metal transfer considerably decreases. When welding on direct polarity transfer of electrode metal more small-drop, than on the return [6, 10]. Researchers explain it with behavior of a spot which in the presence of fluorides in a covering contracts and randomly moves on a drop surface, causing a separation from a drop of small particles. In view of result of work [10], on direct polarity pressure is one drop more, than on the return because of what the drop is also split up.

More essential role in transfer is played by the electrodynamic forces resulting from "pinch-effect". The phenomenon of pinch-effect is shown that when passing current on the conductor in him there are squeezing forces of magnetic field directed normally to lines of current. Under the influence of these forces the conductor seeks to reduce cross section.

The radial pressure created by pinch-effect in view of the insignificant size doesn't affect a uniform of the firm conductor (electrode), however it can change a uniform of the gaseous or liquid conductor seeks to reduce cross section.

In an electrode core of the line of current are parallel and influence of effect affects most strongly. In the mass of a product current disperses, and the pinch-effect decreases. Thanks to such gradual disappearance of the cross squeezing forces along

an electrode and an arch there are pressure forces directed along an electrode axis. Under the influence of such axial force movement of material particles of gas and liquid drops begins with the end of an electrode towards the welded product [6].

When welding with short circuits at the time of contact of a drop with a bathroom at the high speed of increase of current electrodynamic force interferes with merge of a drop to a bathroom that leads to explosion of this crossing point and spraying [1].

Force of explosion arises at explosive burn-out *утончающейся* a liquid crossing point between a drop and an electrode or a drop and a bathroom under the influence of the proceeding current. If between the flowing drop of metal and a surface of an electrode the neck or the liquid bridge is formed, then on this site of a chain high electrical resistance is created. Reduction of section of a crossing point happens under the influence of a radial component of electrodynamic force. In the site to the increased resistance there is a strengthened warmth allocation, the liquid bridge is instantly broken off and the formed couples report to the come-off drop additional kinetic energy. Depending on an arrangement of a drop of rather blowing up crossing point force of explosion promotes transition of a drop to a bathtub or leads to emission of a drop out of limits of a seam [1].

Transfer of metal gains a peculiar character, depending on conditions of welding, a sort of materials, availability of gas-forming substances and current, force of gas generation or electrodynamic force.

When welding with short circuits the drop of the melted electrode metal concerns a surface of a welding bathtub, causing short circuit and fading of an arch (figure 4).

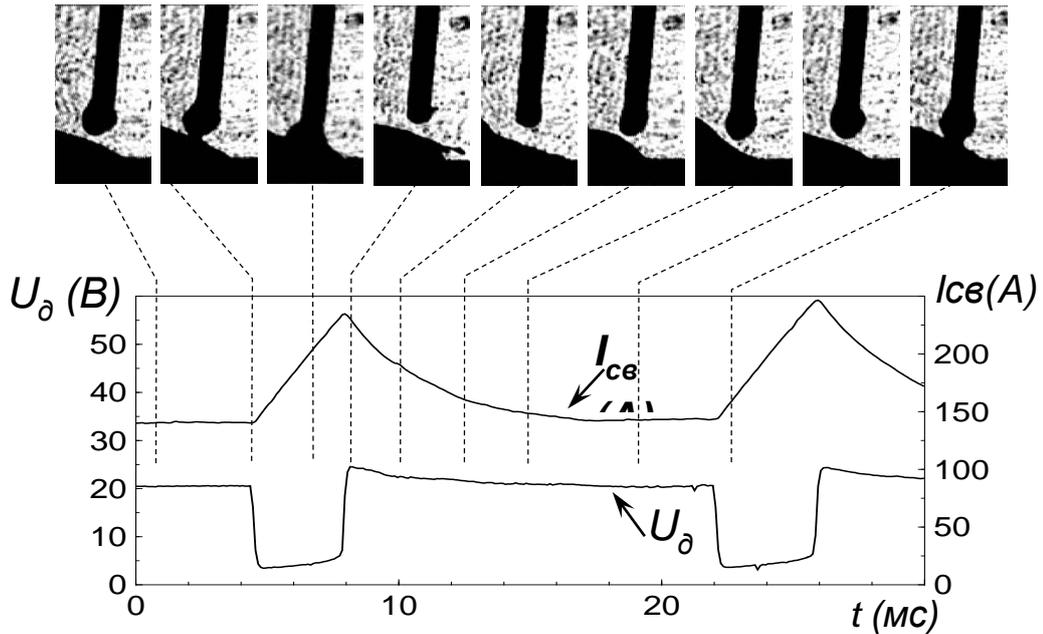


Figure 3 – Video footage and oscillogram of process of transfer of electrode metal short circuits [4]

Besides, in case of high rise speeds more recommended at the beginning of short circuit of a drop from a bathroom leads to the significant electrodynamic force hindering transition of a drop to a trough. The liquid bridge between a drop and a trough quickly overheats and fuses with explosion. As a result discards a drop from a trough, and it takes off out of tray seam limits. There is a tray spillage. In case of excessively small rise speeds of a short-circuit current transition of a drop to a trough drags on [7].

After the end of short circuit the arc is lit again. Though at once after the end of short circuit current begins to fall sharply, its increased value promotes flow of an end face of an electrode. After the end of short circuit the new drop begins to be created at an electrode end face. Frequency of transfer of drops when welding with short circuits lies ranging from 20 to 200 drops a second [9].

Losses of metal on waste and spraying when welding are one of important technical characteristics on process. When welding depending on conditions of loss

of metal on spraying can make 3-25%. Spraying the main lack of welding by the melting electrode, leads to the raised consumption of welding materials, the electric power and demands additional labor costs of removal of splashes from a surface of the welded details and the equipment [9].

Drops of the melted metal, getting on a surface of details, can cause "burns" which are the corrosion centers, especially for alloyed.

One of the methods of electric arc welding with a welding electrode with pulse modulation of the welding current with adjustment of the duration of pulses and pauses of the welding current and the addition of additional current pulses during pauses.

According to the method, the frequency of the additional pulses is selected to be greater than 50 Hz, and their duration is set in the range of 0.5 to 2 ms, the duration of the main pulses and pauses being automatically adjusted, depending on the deviation of the average arc voltage from the predetermined one, by varying the arc length. The disadvantage of this method is that when welding root joints, as well as joints having the configuration of slotted cutting, the molten metal is sprayed onto the edges of the welded parts.

A method for manual arc welding with a modulated root current is known, with additional current pulses applied to the pause current following at a frequency of not less than 50 Hz and a duration set depending on the diameter of the electrode and its specific brand in the range from 2 to 7 ms. In this case, the duration of the main current pulses, which are burning, is limited to a value providing through penetration with the formation of a technological window in the form of a "keyhole". The control of the formation of the "keyhole" is carried out by changing the repetition frequency of the main pulses according to the program or automatically in an inversely proportional dependence of the deviation of the average arc voltage from the given one.

This method, as well as the previous one, has a similar drawback-the splashing of molten metal on the edges of the welded parts. A method for manual arc welding with a modulated root current is known, taken as a prototype in which additional pulses of the welding current are applied to the pause current, with a frequency of at least 50 Hz. The duration of additional pulses is set depending on the diameter of the electrode and its specific mark in the range from 2 to 7 ms. In this case, the duration of the main current pulses, which are burning, form in the form of a series of additional pulses. The duration of additional pulses in the series is set equal to the duration of the additional pulses imposed on the interval of the pause current. The repetition rate of additional pulses in the series is set in the range 200 ... 130 Hz. The duration of a series of additional impulses is limited to a value providing the formation of a "keyhole". The repetition rate of the series of additional pulses is changed according to the program or automatically in an inverse proportion to the deviation of the mean arc voltage from the specified one.

A disadvantage of this welding method is that when welding joints having a slit cut configuration, molten metal is sprayed onto the edges of the welded parts, which makes it difficult to move the coated electrode along the splice line. This leads to a reduction in the linear welding speed, deterioration of the appearance of the welded joints, the formation of fusions between the weld metal and the edge of the base metal, a decrease in the productivity of welding operations and operations related to the machining of welded seams.

In the methods considered, the drop transfer to the bath volume can occur at any time, while the duration of the short circuits can also be different, i.e. the last stage of the failure of the bridge can occur in the interval of the additional pulse flow, as a result of which the break in the bridge will occur at the maximum value of the current short circuit.

Of course, the use of manual arc welding with electrodes covered by modulated current is a priority in the field of research aimed at optimizing welding processes.