

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

---

Институт ИНК  
Направление подготовки машиностроение 15.03.01  
Кафедра ОТСП

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током</b>

УДК \_\_\_\_\_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Семенчук Вячеслав Максимович		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

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

Институт ИНК  
 Направление подготовки машиностроение 15.03.01  
 Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Киселёв А.С.

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Семенчук В.М.

Тема работы:

<b>Повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.03.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p align="center"><b>Повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током</b></p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор;</li> <li>2. Определение влияния параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки;</li> <li>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения;</li> <li>4. Социальная ответственность;</li> <li>5. Заключение.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Название темы, цель, задачи</li> <li>2. Внешний вид установки</li> <li>3. Структурная схема установки</li> <li>4. Осциллограммы тока и напряжения</li> <li>5. Менеджмент и социальная ответственность</li> </ol>

<b>6. Выводы по работе</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>1-2</b>	Киселев А.С.
<b>3</b>	Николаенко В.С.
<b>4</b>	Анищенко Ю.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Реферат</b>	
-	
-	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	21.03.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Семенчук Вячеслав Максимович		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 1В21	<b>ФИО</b> Семенчук В.М.
-----------------------	-----------------------------

<b>Институт</b>	Институт неразрушающего контроля (ИНК)	<b>Кафедра</b>	Оборудование и технология сварочного производства (ОиТСП)
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Машиностроение <u>15.03.01</u>

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

<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
<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>	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

**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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	21.03.2016
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Николаенко В.С	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1В21	Семенчук В.М.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Семенчук Вячеславу Максимовичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01- Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Повышение стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током. Алгоритм модулирования сварочного тока и оборудования для его реализации
---	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность.</b>  1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.  1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	- Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Повышенная температура или влажность воздуха помещения; - Повышенный уровень вибрации; - Недостаточная освещённость рабочей зоны; - Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. - Повышенная температура поверхностей оборудования.
<b>2. Экологическая безопасность.</b>	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b>	Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является короткое замыкание, а также наличие разбрызгивания расплавленного металла при проведении сварочных работ.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	- Правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
21.03.2016	

### Задание выдал консультант:

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

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Семенчук В.М.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 58 страниц, 13 рисунков, 10 таблиц, 22 источника.

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 определяли 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.

## Оглавление

Введение	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Общие представления о сварке модулированным током	10
1.2 Влияние переноса металла на стабильность процесса сварки	13
1.2.1 Основные виды переноса	13
1.2.2 Особенности каплепереноса при сварке покрытыми электродами	14
1.2.3 Разбрызгивание электродного металла при сварке с короткими замыканиями	19
1.3 Выбор оборудования для сварки модулированным током	22
2 Экспериментальная часть	24
2.1 Определение влияния параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки	24
Заключение	29
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	30
3.1 Предпроектный анализ	30
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	30
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	31
3.1.3 SWOT – анализ	34
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	37
3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	39
3.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	41
3.2.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	41
4 Социальная ответственность	44
4.1 Производственная безопасность	44
4.2 Экологическая безопасность	51

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	51
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
Список использованных источников	56



## Введение

Одним из наиболее распространенных способов получения неразъемных соединений является дуговая сварка плавящимся электродом. Однако использование данного способа связано с определенными трудностями. В частности, главной проблемой является нестабильный перенос электродного металла в сварочную ванну, сопровождающийся его повышенным разбрызгиванием. Это негативно отражается на технологическом процессе изготовления сварных конструкций: необходимы дополнительные операции по очистке поверхности деталей от брызг металла, что в целом снижает эффективность производства.

В связи с этим выделяют две основные задачи с точки зрения совершенствования процесса сварки плавящимся электродом: уменьшение разбрызгивания электродного металла и повышение стабильности процесса сварки [1]. Решение данных задач реализуют посредством модуляции тока.

К настоящему времени известен ряд способов, повышения эффективности каплепереноса. Значимый вклад в данном направлении внесен учеными: Потапьевским А.Г., Зарубой И.И., Князьковым А.Ф., Сараевым Ю.Н., Лебедевым В.К., Патонем Б.Е., Вагнером Ф.А., Воропаем Н.М., Дудко Д.А., Дюргеровым Н.Г., Подолой Н.В., Шигаевым Т.Г. и многими другими.

## 1 Литературный обзор

### 1.1 Общие представления о сварке модулированным током

Процесс сварки модулированным током (СМТ) предполагает периодическое, заранее запрограммированное изменение энергетических параметров системы источник питания – сварочная дуга между высоким (импульс) и низким (пауза) уровнями. В течение импульса тока расплавляется основная часть электродного и свариваемого металла, а в последующий период паузы происходит кристаллизация большей части сварочной ванны [2].

СМТ позволяет более тонко, чем непрерывная сварка, обеспечивать дозирование теплоты, поступающей в сварочную ванну. Эта особенность СМТ позволяет значительно облегчить сварку в вертикальном и потолочном положениях. При выполнении сварки в указанных пространственных положениях сварщик вынужден регулировать жидкотекучесть ванны и совершать различные манипуляции концом электрода для обеспечения удовлетворительного формирования шва. При этом сварщик постоянно находится в напряженном состоянии и не может обеспечить стабильность качества шва [2].

Модулирование сварочного тока представляет возможность освободить сварщика от трудоемкой операции по дозированию теплоты, вводимой в сварочную ванну и переложить ее на специальное устройство – модулятор. Сварщику же остается лишь заполнять разделку шва, техника сварки значительно упрощается и становится доступной даже начинающему [2].

Наложение импульсов тока на дугу небольшой мощности при сварке плавящимся электродом позволяет получить управляемы мелкокапельный перенос электродного металла. Если амплитудное значение тока импульса превышает критическую для данных условий величину, а частота следования импульсов  $\geq 25$  Гц, то каждым импульсом в сварочную ванну будет переноситься одна капля электродного металла. Под термином

«критический ток» понимают такую величину сварочного тока, при которой размер переносимых через дуговой промежуток капель металла резко уменьшается, а частота их образования соответственно увеличивается. Средняя величина тока при этом на 30-40% меньше номинального значения. За счет устранения коротких замыканий дугового промежутка каплями электродного металла значительно улучшается стабильность процесса сварки, характер переноса капель практически не зависит от пространственного положения шва [2].

Преимущества СМТ:

- обеспечивается управляемый мелкокапельный перенос электродного металла при средних токах дуги;
- снижаются тепловложения в основной металл при неизменной глубине проплавления, размеры зоны перегрева, остаточные напряжения и деформации сварного соединения;
- улучшаются качество наплавленного металла шва и механические свойства, обеспечиваются условия для однородного формирования сварного шва независимо от его пространственного положения;
- измельчается структура металла шва и зоны термического влияния за счет воздействия пульсирующего теплового поля;
- облегчаются сварка неповоротных стыков трубопроводов и укладка шва в труднодоступных местах.

Параметры режима СМТ помимо обычных включают: ток в период импульса, ток в период паузы, время импульса и время паузы. Кроме того, нашли применение производные параметры – жесткость  $G = \frac{t_{\text{п}}}{t_{\text{и}}}$  и глубина модулирования сварочного тока  $M = \frac{I_{\text{и}}}{I_{\text{п}}}$ . Эффективная сила тока дуги может определяться либо как средняя величина

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

либо как среднеквадратическая величина [2]

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

Существуют два основных вида переноса электродного металла при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом: «длинной дугой» - без замыкания дугового промежутка и «короткой дугой» - перенос электродного металла осуществляется во время коротких замыканий дугового промежутка [3].

Основными параметрами импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом «длинной дугой» помимо известных являются амплитуда импульса  $I_{\text{и}}$ , длительность импульса  $t_{\text{и}}$ , паузы  $t_{\text{п}}$  и цикла  $T_{\text{ц}} = t_{\text{и}} + t_{\text{п}}$ , частота импульсов  $f = 1/T_{\text{ц}}$ , базовый ток  $I_{\text{б}}$  или ток паузы, скорость нарастания тока импульса и его спада [3].

Характерная особенность импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом – управляемый перенос электродного металла. Существуют две разновидности управляемого переноса при сварке «длинной дугой» [3]:

- импульс тока обеспечивает перенос капли электродного металла;
- при каждом импульсе тока от электрода отделяется и переносится в сварочную ванну несколько капель – такой процесс называется импульсно-дуговой сваркой с прерывисто струйным переносом металла.

Суть импульсно-дуговой сварки «длинной дугой» заключается в наложении мощных кратковременных импульсов тока на сварочную дугу средней мощности. При этом происходит резкое увеличение электродинамических сил, которые формируют жидкий металл на торце электрода в виде капли и сбрасывают его строго в сварочную ванну в любом пространственном положении последней. Это дает возможность

осуществлять мелкокапельный перенос при сварочном токе основного режима ниже критического значения, при котором в случае стационарного режима сварки с ростом тока уменьшается размер переносимых капель электродного металла [3].

## 1.2 Влияние переноса металла на стабильность процесса сварки

### 1.2.1 Основные виды переноса

Скоростная видеосъемка межэлектродного промежутка во время процесса сварки позволяет установить особенности переноса электродного металла в сварочную ванну (рисунок 1). В зависимости от режима сварки и характеристик сварочного оборудования различают два основных вида переноса: в первом случае капля касается поверхности сварочной ванны ещё до отделения от торца электрода, образуя короткое замыкание, во втором случае капля отделяется от торца электрода без касания поверхности сварочной ванны (благодаря поддержанию длинной дуги). Последняя форма переноса металла подразделяется еще на 6 отдельных типов в зависимости от особенностей формирования и отделения капель электродного металла от торца электрода:

- крупнокапельный;
- мелкокапельный;
- струйный;
- струйно-вращательный;
- крупнокапельный с отклоненной каплей;
- взрывной.

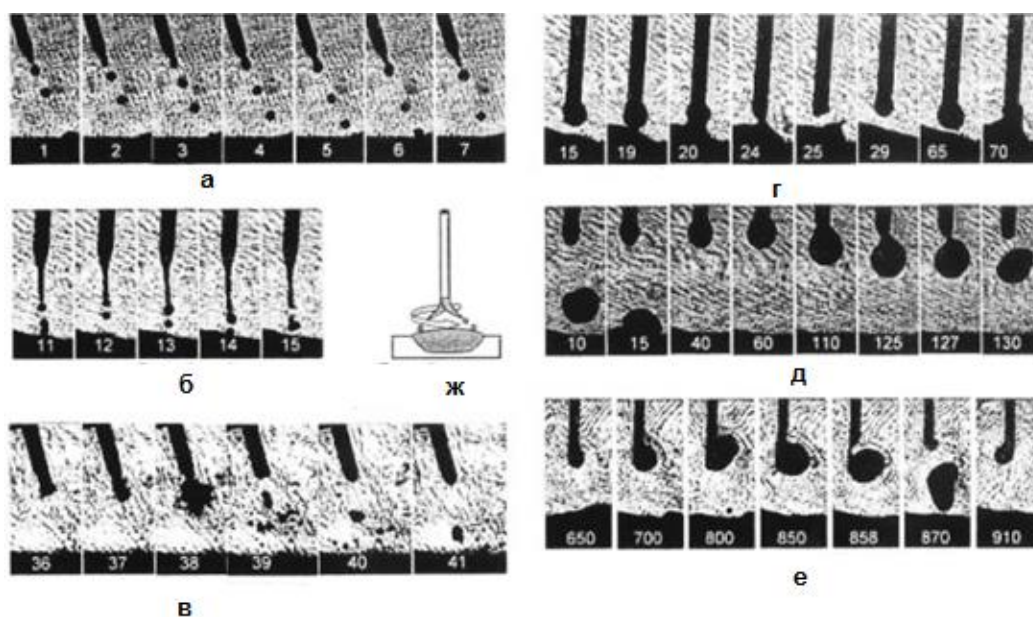


Рисунок 1 – Видеокадры переноса электродного металла: а – мелкокапельный; б – струйный; в – взрывной; г – с короткими замыканиями; д – крупнокапельный; е – крупнокапельный с отклоненной каплей; ж – вращательно-струйный [4].

### 1.2.2 Особенности каплепереноса при сварке покрытыми электродами

В зависимости от состава покрытия, геометрии торца электрода, коэффициента массопокрытия, режима сварки, как показано в работах [6, 10, 11] характер переноса металла может существенно изменяться.

А.А. Ерохин [10] показал, что путем нанесения на сварочную проволоку однокомпонентного покрытия из мрамора, кварцевого песка и плавикового шпата возможно изменить распределение энергии в дуге, и, следовательно, скорость плавления электрода и массу капли, а также положение катодного пятна и направление сил, действующих на каплю. Это значительно изменяет характеристику капельного переноса. Например, мрамор уменьшает массу капель, переходящих через дуговой промежуток, а кварцевый песок и плавиковый шпат - увеличивают. Измельчение капель при увеличении содержания мрамора в покрытии можно объяснить тем, что при его

расположении образуется мощный газовый поток, способствующий отрыву более мелких капель. Образующаяся в таком случае все более глубокая втулочка из покрытия придает газовому потоку большую направленность. Более того, увеличение окислительного потенциала покрытия способствует росту окисленности электродных капель и снижению поверхностного и межфазного натяжения на границе металл-шлак [11].

Введение в электродное покрытие кремнезёма, обладающего высокой работой выхода электронов, вызывает увеличение эффективного падения напряжения в приэлектродных областях, что приводит к повышению реактивного давления паров, и, следовательно, укрупнение электродных капель.

В работе [6] показано, что состав покрытия существенно влияет на число коротких замыканий, вызванных переходом капель через дуговой промежуток. К элементам, которые повышают число коротких замыканий можно отнести полевой шпат, калиево-натриевое жидкое стекло.

Благоприятное влияние полевого шпата и калиевого жидкого стекла на перенос металла происходит из-за резкого изменения эмиссии электронов с катода, при этом увеличивается площадь активного пятна и, снижается плотность тока в нем. Повышение температуры капель, вызванное увеличением поверхности теплопередачи через активное пятно, и снижение реактивного давления паров вследствие уменьшения плотности тока в активном пятне приводят к измельчению капель при сварке.

На рисунке 2 схематично показан переход капель при использовании четырех основных типов покрытия.

Целлюлозный тип (рисунок 2, а) характеризуется переходом материала в виде средних или крупных капель. Покрытие состоит большей частью из органических компонентов, сгорающих в дуге и образующих при этом защитный газ для защиты места сварки. Так как покрытие содержит кроме целлюлозы и других органических веществ лишь небольшие доли стабилизирующих дугу элементов, при сваривании почти не образуется

шлака. Кислый тип, при котором покрытие большей частью состоит из железной и марганцевой руды, выделяет в атмосферу дуги большие количества кислорода и снижает его поверхностное натяжение. В результате получается переход материала в форме мелких капель и жидкий металл шва.

Покрытие рутилового типа большей частью состоит из диоксида титана в форме минерального рутила ( $TiO_2$ ) или ильменита ( $TiO_2 \cdot FeO$ ) либо из искусственного диоксида титана. Электроды этого типа также характеризуются переходом материала в форме мелких или средних капель, спокойным расплавлением с малым количеством брызг.

В случае основного покрытия, состоящего из основных оксидов кальция ( $CaO$ ) и магния ( $MgO$ ), переход расплавленного металла характеризуется средними и крупными каплями, а сварочная ванна получается вязкотекучей.

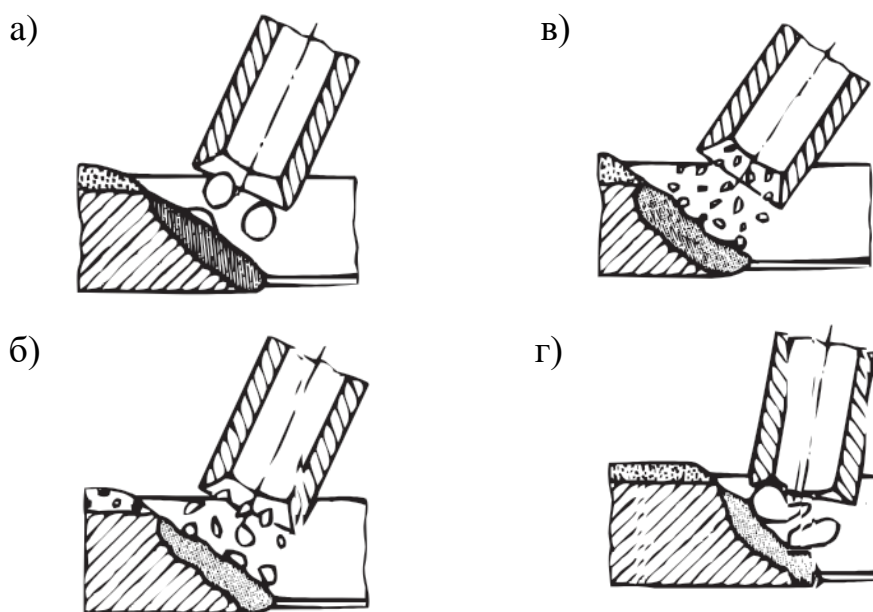


Рисунок 2 – Переход капель при использовании различных покрытий:

а) целлюлозное; б) рутиловое; в) кислое; г) основное.

О влиянии толщины (коэффициента массы) покрытия на размеры капель существуют разные мнения, но во многом они сходятся к тенденции уменьшения капель при увеличении толщины покрытия.

При сварке электродом с толстым покрытием, стержень 1 электрода (рисунок 3) плавится быстрее, и торец его оказывается несколько прикрытым



"чехольчиком покрытия" 2. Интенсивное газообразование в небольшом объеме «чехольчика» приводит к явлению газового дутья 3, ускоряющего переход капель металла в сварочную ванну [12].

Согласно [13], размеры капель уменьшаются при увеличении толщины покрытия лишь до определенных размеров.

В работе [13] также показано, что с увеличением коэффициента массопокрывания от 20 до 70% секундный выход газов, образующихся при разложении мрамора в процессе плавления покрытия увеличивается от 0,034 до 0,060 г/с, что вызывает увеличение аэродинамической силы более чем в 4,5 раза и способствует измельчению электродных капель.

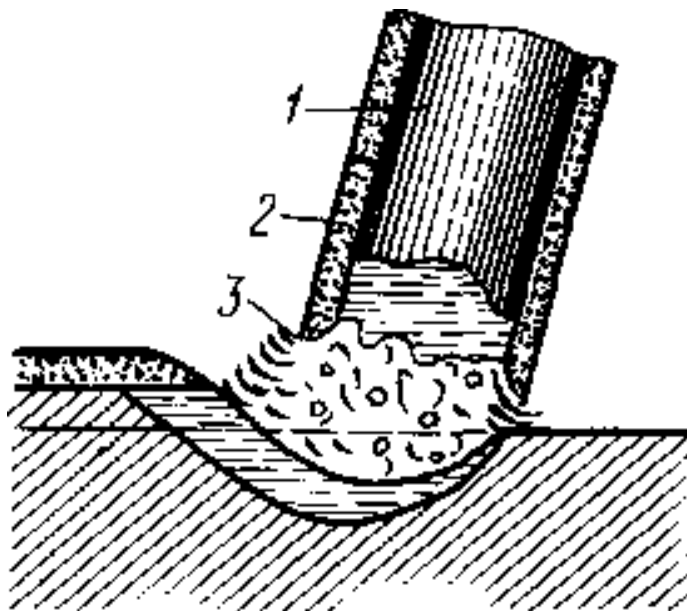


Рисунок 3 – Сварка электродом с толстым покрытием [12]

Из работы [6] следует, что существует еще одно решение для получения более мелкокапельного переноса – выполнение электродного покрытия двухслойной конструкции. При этом во внутреннем слое располагается мрамор, а в наружном слое оставляют фторид кальция, что значительно уменьшается отрицательное влияние фторидов на перенос металла.

При сварке на прямой полярности перенос электродного металла более мелкокапельный, чем на обратной [6, 10]. Исследователи объясняют это поведением катодного пятна, которое в присутствии фторидов в покрытии сжимается и беспорядочно перемещается по поверхности капли, вызывая

отрыв от капли маленьких частиц. Принимая во внимание результат работы [10], на прямой полярности давление на каплю больше, чем на обратной, из-за чего капля также дробится.

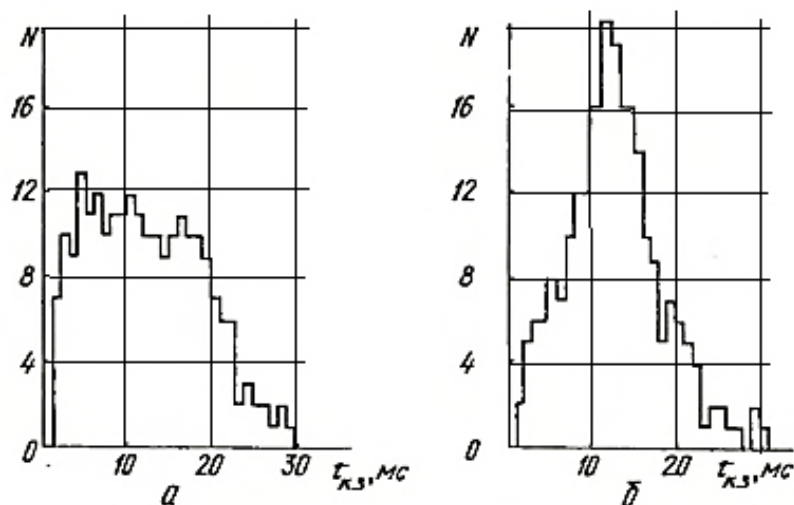


Рисунок 4 – Зависимость частоты переноса металла от полярности тока при сварке постоянным током электродами УОНИ-13/55 ( $d_3 = 4$  мм,  $I_{св} = 130$ А): а – прямая полярность,  $\tau_{к.з.} = 11,6$  мс;  $\sigma_{\tau_{к.з.}} = 7,2$  мс, б - обратная,  $\tau_{к.з.}^{р} = 12,8$  мс;  $\sigma_{\tau_{к.з.}} = 5$  мс [14]

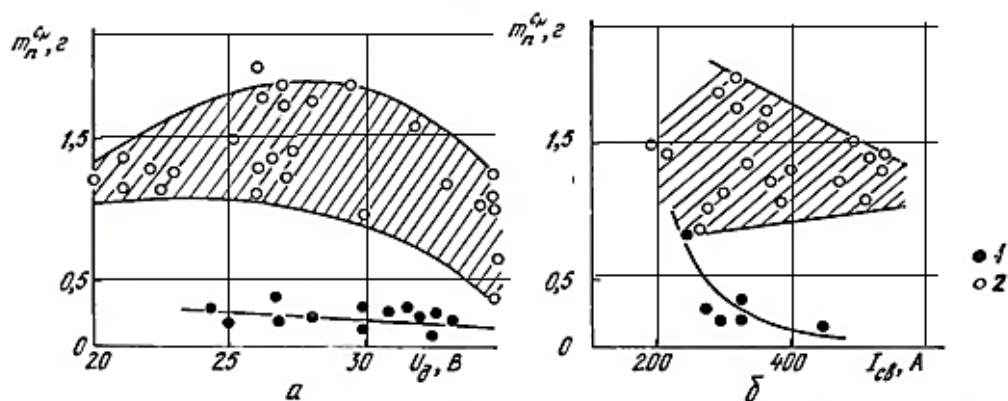


Рисунок 5 – Зависимость массы переходящих капель от полярности тока при изменении напряжения дуги (а) и режима сварки (б), электроды УОНИ-13/45,  $d_3 = 8$  мм: 1 - прямая полярность; 2 – обратная [14]

Влияние силы тока на размеры капель при сварке покрытыми электродами наиболее полно исследовано А.А. Ерохиным [10] и А.Г. Мазелем

[5]. Установлено, что с увеличением сварочного тока уменьшается размер капель и время перехода их через дуговой промежуток, а частота коротких замыканий увеличивается.

### 1.2.3 Разбрызгивание электродного металла при сварке с короткими замыканиями

При сварке с короткими замыканиями торец электрода с находящейся на нём каплей расплавленного электродного металла периодически касается поверхности сварочной ванны, вызывая короткие замыкания и погасания дуги (рисунок 4)

В начале короткого замыкания напряжение дуги резко падает (до уровня напряжения короткого замыкания) и остаётся низким до его окончания, в то время как ток короткого замыкания быстро повышается. Разогрев перемычки жидкого металла между торцом электрода и сварочной ванной (вызываемый проходящим высоким током короткого замыкания) способствует её разрыву.

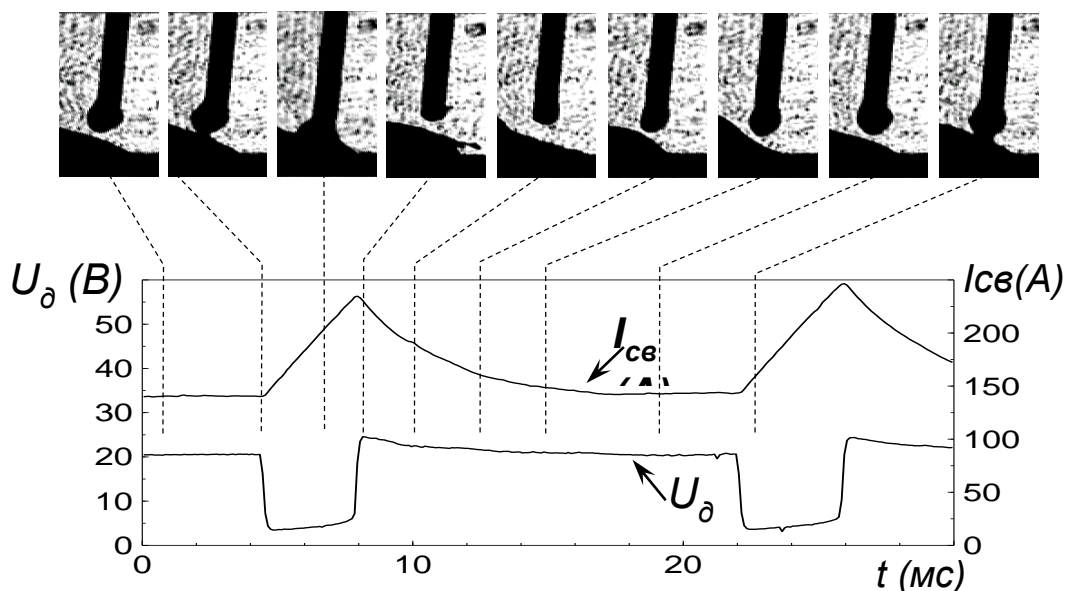


Рисунок 6 – Видеокадры и осциллограмма процесса переноса электродного металла короткими замыканиями [4]

В момент окончания короткого замыкания образуется характерная шейка жидкого металла. Ток короткого замыкания сильно разогревает металл

шейки. Благодаря, в основном, пинч-эффекту и силе поверхностного натяжения капля переходит (всасывается) в сварочную ванну.

Разрыв шейки жидкого металла может происходить с меньшей или большей силой в зависимости от значения тока короткого замыкания. Ток короткого замыкания должен быть, с одной стороны, достаточно высоким, чтобы обеспечить переход капли, а, с другой, желательнее более низким для уменьшения разбрызгивания металла [7].

Кроме этого, при высоких скоростях нарастания  $I_{к.з.}$  больше рекомендуемых в начале короткого замыкания капли с ванной приводит к значительной электродинамической силе, препятствующей переходу капли в ванну. Жидкий мостик между каплей и ванной быстро перегревается и перегорает со взрывом. В результате каплю отбрасывает от ванны, и она вылетает за пределы шва ванночки. Происходит расплескивание ванночки. При чрезмерно малых скоростях нарастания тока короткого замыкания  $I_{к.з.}$  затягивается переход капли в ванну, в результате чего нерасплавленный конец электродной проволоки погружается в ванну жидкого металла, которая при погасании дуги движется навстречу электроду. Нерасплавленный электрод упирается в дно ванночки, изгибается, разогревается медленно на большой длине, а затем перегорает со взрывом и выбрасывается за пределы шва [7].

После окончания короткого замыкания дуга зажигается вновь. Хотя сразу же после окончания короткого замыкания ток начинает резко падать, его повышенное значение способствует быстрому оплавлению торца электродной проволоки. Другими словами, сразу же после окончания короткого замыкания новая капля начинается формироваться на торце электрода. Частота переноса капель при сварке с короткими замыканиями лежит в пределах от 20 до 200 капель в секунду.

В работе [9] отмечен другой фактор, который оказывает влияние на уровень разбрызгивания: асимметричное расположение магнитного поля, охватывающего жидкий мостик, создает условия для выталкивания жидкого мостика в направлении, зависящем от характера распределения токовых линий

на границе электрод-перемычка-изделие (рисунок 13). Данное явление аналогично по своим свойствам магнитному дутью дуги.

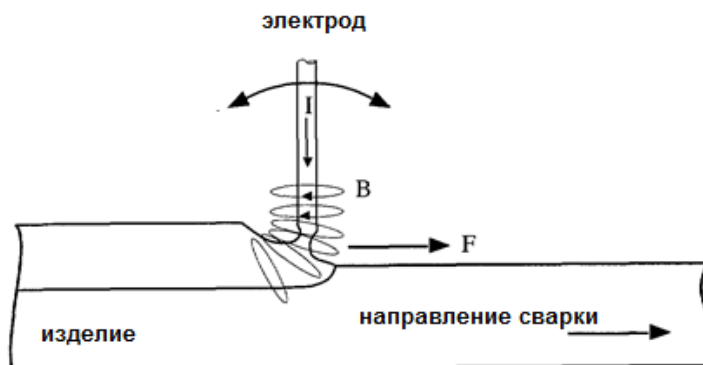


Рисунок 7 – Асимметричное расположение магнитного поля вокруг жидкой перемычки [9]

Следовательно, регулированием угла наклона электрода возможно воздействовать на направление электромагнитной силы, тем самым, регулировать уровень разбрызгивания. Установлено, что относительные потери электродного металла возрастают при увеличении угла наклона от перпендикулярного относительно изделия положения в сторону, противоположную направлению сварки [9].

Таким образом, разбрызгивание является одним из самых отрицательных явлений, существующих при дуговой сварке плавящимся электродом. Очевидно, прослеживается связь этого явления с процессом разрушения жидкой перемычки, формируемой при переносе электродного металла в сварочную ванну. Безусловно, разработка методов борьбы с разбрызгиванием посредством управления переносом электродного металла является приоритетным направлением в области исследований, направленных на оптимизацию сварочных процессов.

### 1.3 Выбор оборудования для сварки модулированным током

При проведении экспериментальных исследований применяли установку УДИ-203 (рисунок 8), которая представляет собой импульсно-регулируемое сопротивление, подключаемое последовательно в цепь сварочного выпрямителя. В качестве полупроводникового коммутатора тока используется тиристорный ключ.



а)



б)

Рисунок 8 – а) Внешний вид установки УДИ-203; б) внешний вид со снятой передней панелью

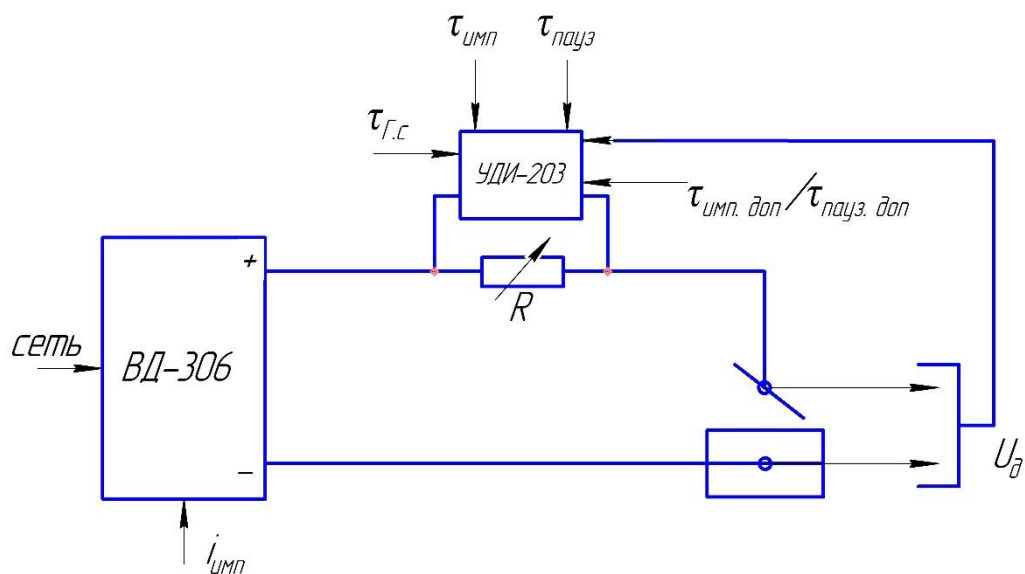


Рисунок 9 – Структурная схема установки УДИ-203

Структурная схема установки УДИ-203 представлена на рисунке 7. В ее состав входит: сварочный выпрямитель ВД-306, установка УДИ-203, токоограничительный резистор. Регулируемыми параметрами являются величина тока импульса; ток паузы, регулируемый реостатом  $R$ . Временные параметры определяются органами управления установки УДИ-203, задается время «горячего старта»  $\tau_{г.с}$ , время импульса  $\tau_{имп}$ , время паузы  $\tau_{пауз}$ , время дополнительных импульсов  $\tau_{доп.имп}$  и время дополнительной паузы  $\tau_{доп.пауз}$ .

## 2 Экспериментальная часть

### 2.1 Определение влияния параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки

Влияние параметров режима модуляции тока на стабильность процесса сварки определяли по осциллограммам напряжения между электродом и изделием и тока в сварочной цепи. В процессе экспериментальных исследований осуществляли наплавку валиков на пластину толщиной 3 мм покрытыми электродами марки LB-52U диаметром 2,6 мм. Критерием стабильности процесса сварки модулированным током служило отсутствие залипания электрода в период низкого энергетического уровня.

Особенностью процесса модулированным током является чередование высокого и низкого энергетических уровней. При этом в период низкого энергетического уровня высока вероятность нарушения процесса сварки из-за отсутствия условий по активизации разрушения перемычки жидкого металла между электродом и сварочной ванной, что способствует нежелательному «примерзанию» электрода к изделию. В качестве подтверждения был проведен эксперимент, который заключался в принудительном уменьшении тока в процессе сварки с 80 А до 20 А (рисунок 10).

На рисунке 11 (а, б, в, г) приведены осциллограммы тока и напряжения, зарегистрированные при различных масштабах времени при сварке модулированным током с дополнительными стабилизирующими импульсами тока в период низкого энергетического уровня при отключенном датчике состояния межэлектродного промежутка. Анализ осциллограмм показывает, что кратковременные короткие замыкания в период протекания тока паузы не нарушают стабильность процесса сварки, что подтверждают последующие периоды зажигания дуги. Из этого следует, что в подобной ситуации нет надобности активизации процесса разрушения перемычки в период переноса электродного металла.



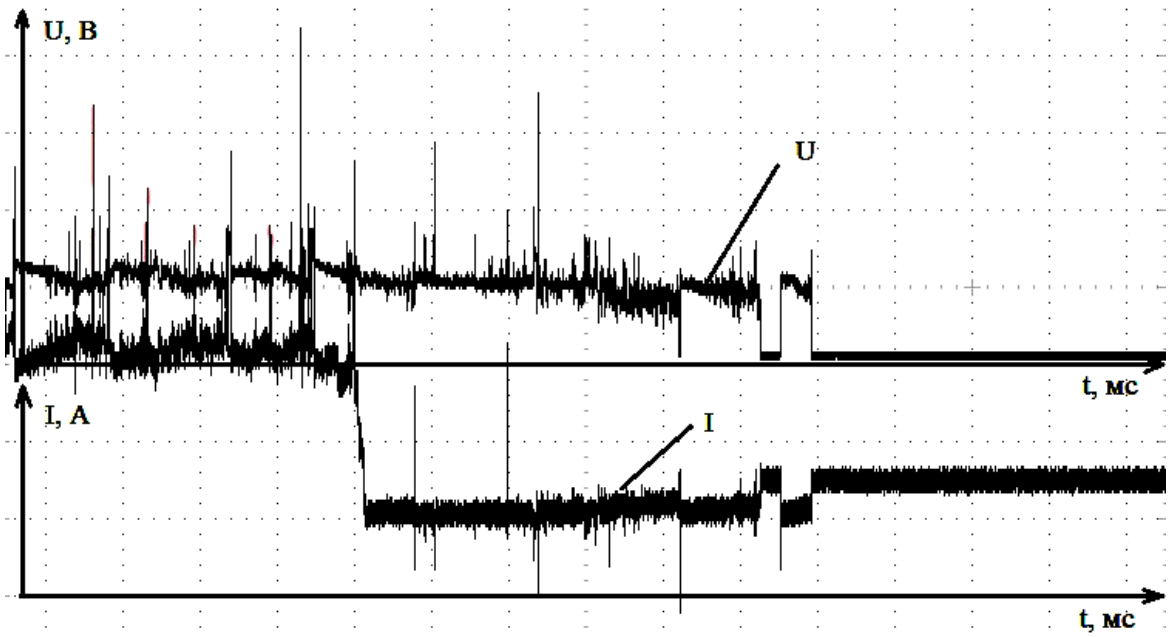


Рисунок 10 – Осциллограмма напряжения и тока  
 $(\mu_t = 200 \text{ мс/дел}; \mu_I = 20 \text{ А/дел}; \mu_U = 20 \text{ В/дел})$

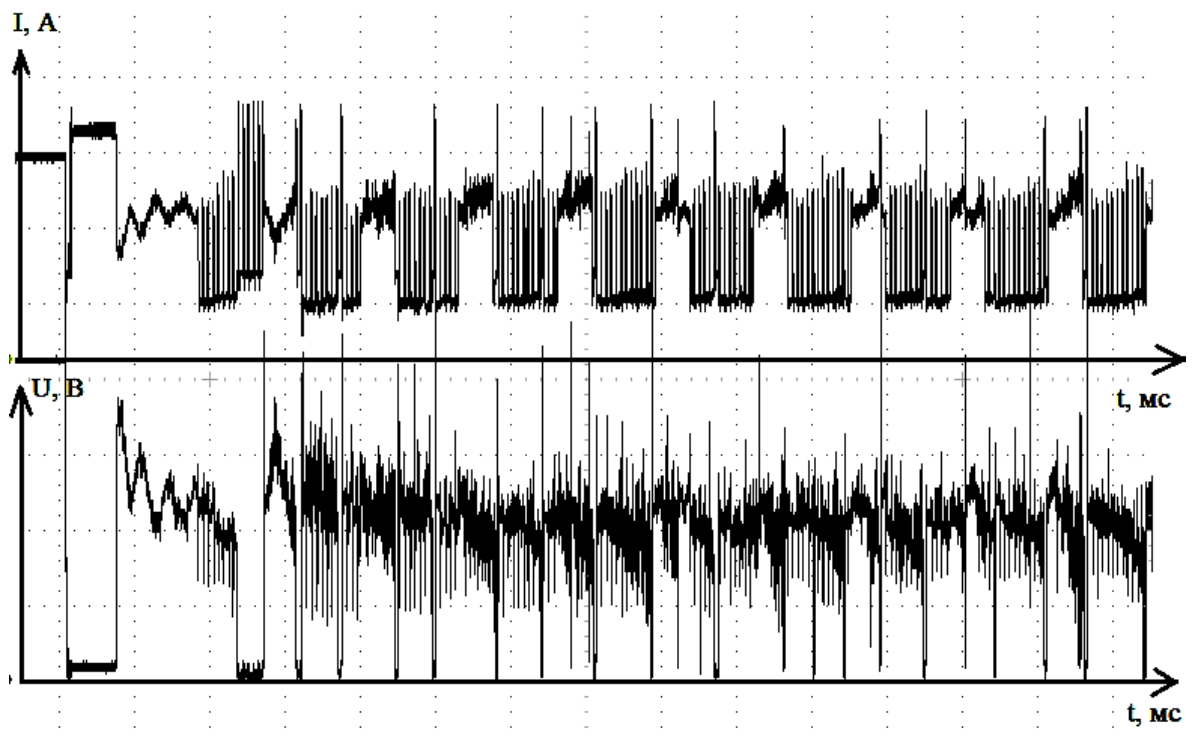


Рисунок 11 а – Осциллограмма тока и напряжения с отключенным датчиком состояния межэлектродного промежутка  
 $(\mu_t = 500 \text{ мс/дел}; \mu_I = 50 \text{ А/дел}; \mu_U = 10 \text{ В/дел})$



Рисунок 11 б

( $\mu_t = 10$  мс/дел;  $\mu_I = 50$  А/дел;  $\mu_U = 10$  В/дел)



Рисунок 11 в

( $\mu_t = 10$  мс/дел;  $\mu_I = 50$  А/дел;  $\mu_U = 10$  В/дел)

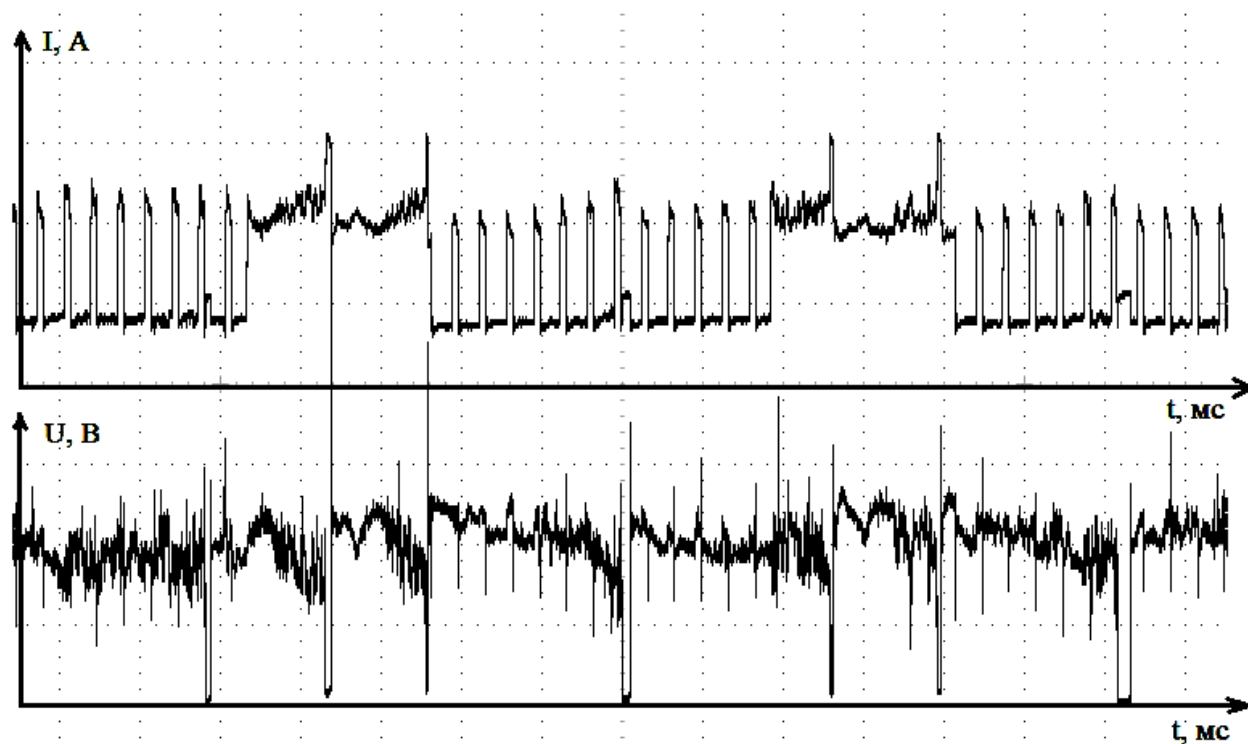


Рисунок 11 г

( $\mu_t = 100$  мс/дел;  $\mu_I = 50$  А/дел;  $\mu_U = 10$  В/дел)

На рисунке 12 приведены осциллограммы тока и напряжения при сварке модулированным током с дополнительными стабилизирующими импульсами тока в период низкого энергетического уровня при подключенном датчике состояния межэлектродного промежутка. Анализ осциллограмм показывает, что кратковременные короткие замыкания в период протекания тока паузы способствуют активизации процесса разрушения перемычки в период переноса электродного металла и, тем самым, существенно повышают стабильность процесса сварки.

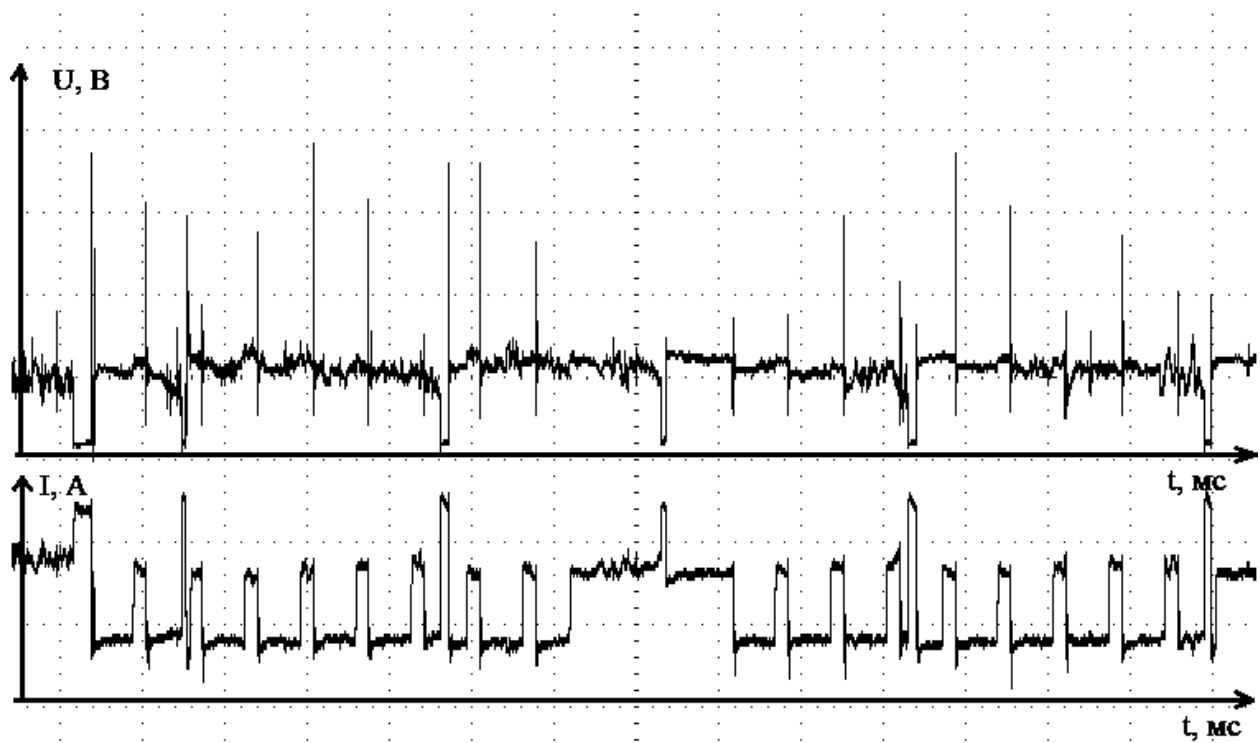


Рисунок 12 – Осциллограмма тока и напряжения при подключенном датчике состояния межэлектродного промежутка  
( $\mu_t = 50$  мс/дел;  $\mu_I = 50$  А/дел;  $\mu_U = 20$  В/дел)

## Заключение

Разрушение перемычки при дуговой сварке плавящимся электродом, имеющее характер электрического взрыва проводника, является причиной разбрызгивания расплавленного металла. Создание сварочных систем, способных управлять переносом капли за счет изменения амплитудно–временных параметров импульсов тока является стратегически приоритетным направлением исследовательской деятельности и практических разработок.

Полученные результаты экспериментов подтверждают необходимость принудительной активизации разрушения перемычки жидкого металла в момент его перехода в сварочную ванну в процессе дуговой сварки покрытыми электродами модулированным током.

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1 Предпроектный анализ

##### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В целевой рынок входят организации отраслей энергетики, добычи и транспортировки полезных ископаемых, а также коммунальное хозяйство, т.е. отрасли в которых наблюдается широкое применение трубопроводов.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является производство и ремонт. Сегментируем оборудование и технологию ручной дуговой сварки, а именно уменьшение разбрызгивания электродного металла по критерию строительство и ремонт. Так как никто не занимается этими разработками, данное направление не имеет конкуренцию.

Основными сегментами данного рынка являются нефтяная и газовая промышленность на территории Российской Федерации, на них и будет направлена ориентация разработки. В будущем возможна ориентация на коммунальное хозяйство.

На рисунке 13 показана гистограмма анализа рынка покупателей по регионам Российской Федерации (РФ).

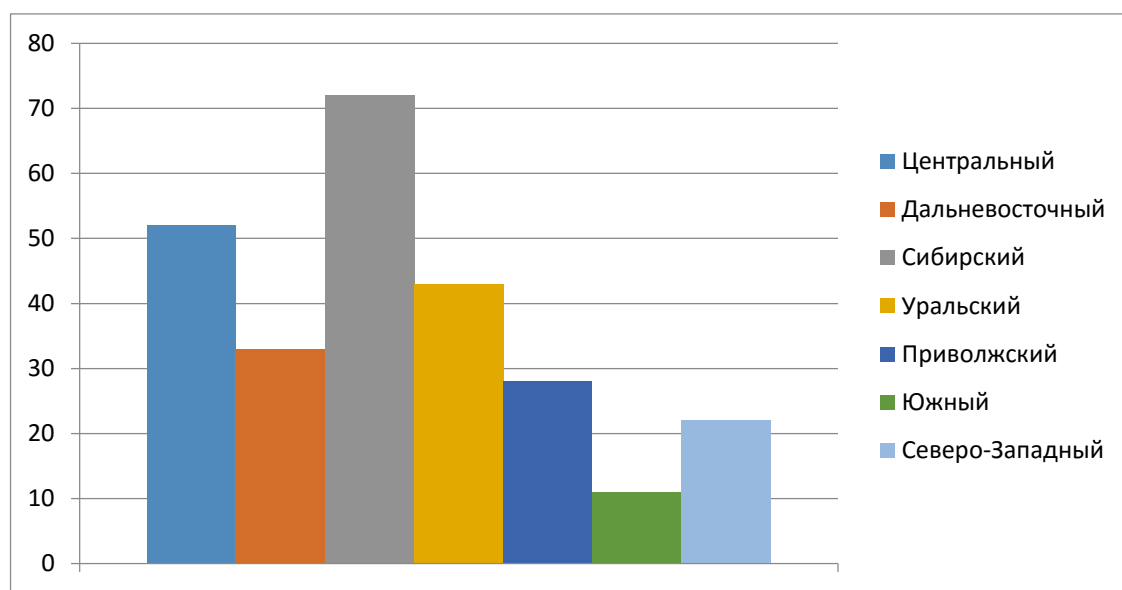


Рисунок 13 – Гистограмма анализа рынка покупателей по регионам Российской Федерации

На данной гистограмме показано количество потенциальных покупателей нефти – газа добывающих компаний в разных регионах РФ. Как видно из гистограммы наиболее перспективными рынками сбыта являются сибирский, центральный и уральский регионы РФ.

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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 определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) [15]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>А</sub>	Б <sub>В</sub>	Б <sub>С</sub>	К <sub>А</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>С</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,12
3. Уровень качества сварных соединений	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
4. Энергоэкономичность	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
5. Надежность	0,06	5	1	3	0,3	0,06	0,18
6. Уровень производимого шума	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15



8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	5	1	2	0,4	0,08	0,16
9. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	2	3	0,25	0,2	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	1	2	0,3	0,06	0,12
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	2	3	0,1	0,25	0,2
3. Цена	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
5. Срок окупаемости	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
6. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	75	44	56	4,75	2,9	3,32

Исходя из проведенного выше анализа (таблица 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.

### 3.1.3 SWOT – анализ

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

#### Первый этап

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

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

К сильным сторонам проекта относятся:

- 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 слабым сторонам проекта относятся:

- использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1;

- требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.

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 2 – Интерактивная матрица проекта

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

Слабые стороны			
Возможности		Сл.1	Сл.2
	В1	+	-
	В2	+	-
	В3	+	+
Угрозы		Сл.1	Сл.2
	У1	-	+
	У2	-	-
	У3	+	-

Анализ интерактивной матрицы показал следующие направления проекта: В1С3С5, В2В3С4С5, В1В2Сл.1Сл.2, У1С3, У2С1С3, У3С3, У3Сл.1Сл.2.

Третий этап

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

Таблица 3 – SWOT – анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  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.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1. Требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.</p>
<b>Возможности:</b>	В1С3С5 – возможность использования технологий	В1В2Сл.1Сл.2 – с повышением цен на

<p>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.</p>	<p>для сварки других материалов не взирая на толщину, В2В3С4С5 – некоторые виды сплавов вообще не рекомендуется дополнительно механически очищать.</p>	<p>комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство.</p>
<p><b>Угрозы:</b> Недостаток финансов на реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.</p>	<p>У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии, У2С1С3 – шов станет длинней, потребует проработки новых тех. карты.</p>	<p>У1Сл.2; У3Сл.1Сл.2 – уменьшения разбрызгивания потребует повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей.</p>

### 3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице 4, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не

проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать [15].

Таблица 4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	0	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5

10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ		43	55

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

### 3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для

продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания [15].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это предприятия строительство и ремонт трубопроводов в России и странах зарубежья.



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

### 3.2.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (5)$$

где  $\Phi_{pi}$  – стоимость *i*-ого варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта.

$$I_{\Phi}^p = \frac{250000}{1411100} = 0,18;$$

$$I_{\Phi}^1 = \frac{680000}{1411100} = 0,48;$$

$$I_{\Phi}^2 = \frac{1100000}{1411100} = 0,78;$$

$$I_{\Phi}^3 = \frac{1411100}{1411100} = 1.$$

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

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (6)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент *i*-го параметра;

$b_i$  – бальная оценка *i*-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже.

Таблица 5 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
1)Производительность труда	0,3	5	3	4	2
2)Технологичность	0,1	5	5	4	3
3)Энергосбережение	0,14	5	4	3	2
4)Безопасность	0,12	4	3	4	5
5)Затраты на материалы	0,3	5	4	3	2
ИТОГО	1				

По формуле 6 и данным таблицы 5 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности и финансовый показатель.

$$I_m^p = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_m^{a1} = 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 4 + 0,12 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 = 3,35;$$

$$I_m^{a2} = 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,14 \cdot 3 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 = 2,85;$$

$$I_m^{a3} = 0,3 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,14 \cdot 2 + 0,12 \cdot 5 + 0,3 \cdot 2 = 2,45.$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad (7)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,55}{0,18} = 25,28.$$

В таблице 6 приведена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 6 – сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,1	0,1	1	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,45	2,55	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	7,14	5	9,55	25,28
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,74	2,89	4,88	1

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.

## 4 Социальная ответственность

Объект исследования процесс дуговой сварки покрытыми электродами

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

### 4.1 Производственная безопасность

На сварщика возможны действия следующих вредных и опасных факторов: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, уровень ультрафиолетовой радиации ГОСТ 12.0.003-74, электрический ток, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на работающих может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изучении процесса дуговой сварки модулированным током.

Таблица 7 – Вредные и опасные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Запуск источника питания: 1) Снятие осциллограмм 2) Проведение ремонтных работ источника питания 3) Проведение сварочных работ	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны.	1. Короткие замыкания 2. Электрический ток; 3. Брызги металла	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ, ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ, ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, СанПиН 2.2.4.548–96, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СН 2.2.4/2.1.8.566–96, СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.2.540-96.

## Отклонение показателей микроклимата

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

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 2.

Таблица 8 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

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

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления,

естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

### Уровня шума на рабочем месте

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

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

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – источник питания для сварки, процесс сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

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

#### 4) Проведение профилактических работ.

##### Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение.

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

Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

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

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

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и

подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

### Электрический ток

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

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

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

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

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

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



- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

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

Загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны.

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточно-вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными устройствами.

Местная вытяжная вентиляция, удаляя вредные вещества из помещения, должна препятствовать их попаданию в зону дыхания рабочего. Местный отсос можно считать удовлетворительно работающим, когда он удаляет вредности по принципу «от рабочего».

Нередко источник выделения вредных веществ укрывают зонтом, под которым находится рабочий, что совершенно недопустимо, так как через зону дыхания в этом случае проходят все вредные вещества. Поэтому, на рабочих местах в зоне сварки нужно установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом.

Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 2 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 9 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице.

Таблица 10 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс сварки	V, м/с
Сварка ручная	≥0,5

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других

видов не более 75%. Оставшееся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

#### 4.2 Экологическая безопасность

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

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Применение сварки в динамическом режиме значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

#### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

При написании дипломного проекта была выявлена возможная ЧС, это пожар, короткое замыкание – является частой причиной возникновения пожаров.

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

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

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

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция

данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

#### 4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

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

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

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

- Расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м.
- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2 м.
- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.

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

## Список использованных источников

- 1 Управление переносом электродного металла при сварке в  $\text{CO}_2$  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 Баженов В.В., Овчинников В.А. Физические основы защиты плавящегося металла при дуговой сварке покрытыми электродами // Сварочные материалы.- Киев: ИЭС, 1972. - С. 37- 49 .
- 14 Походня И.К. Метод исследования процесса плавления и переноса электродного металла // Автоматическая сварка. - 1964. - № 2
- 15 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.
- 16 ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
- 17 ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 18 ГОСТ 12.1.035-81. Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
- 19 ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
- 20 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 21 ГОСТ 12.1.016-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 22 ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности.

## Abstract

Final qualifying work contains 58 pages, 13 figures, 10 tables, 22 source.

Key words: manual arc welding, covered electrodes, modulation current, electrode metal transfer, a welding stability, electrical the bulkhead explosion, spattering of the electrode metal.

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

Goal – to improve the stability of arc welding process with coated electrodes.

In the process of conducting experimental studies determined the influence of jumpers destruction intensification process on the stability of the modulated current welding process.

The study obtained the result, confirming the necessity of intensifying the process of breaking of jumpers or additional amplitude modulation of the current in a period of low energy level.

The basic constructive, technological and technical-operational characteristics: the algorithm of the amplitude modulation current providing additional modulation current has been offered.

Level of implementation: working prototype has been developed.

Area of application: further research at the chair of equipment and technology of welding production.

Economic efficiency: increasing of the productivity of the welding work.

In the future it is planned to continue the experimental studies on this subject.