

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Повышение эффективности автоматической сварки под флюсом за счёт импульсного управления переменным током</b>
---

УДК 621.791.753.5.052.4-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1B71	Карамов Кирилл Вадимович		

Руководитель

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЭИ ИШНКБ ТПУ	Арышева Г.В.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства	Першина А.А.	к.т.н.		

## Планируемые результаты освоения ООП

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

	исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения

ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 Руководитель ООП

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

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

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b> <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
---

Студенту:

Группа	ФИО
1В71	Карамову Кириллу Вадимовичу

Тема работы:

<b>Повышение эффективности автоматической сварки под флюсом за счёт импульсного управления переменным током</b>	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <small>(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.).</small></p>	Процесс автоматической сварки под флюсом толщин 2-3 мм встык и угловых швов.
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <small>(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).</small></p>	Введение 1. Литературный обзор автоматической сварки под флюсом 2. Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом 3. Разработка функциональной схемы 4. Разработка полной

	<p>принципиальной электрической схемы установки</p> <p>5. Рекомендации по применению разработанной установки для сварки</p> <p>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>7. Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. Название работы, фамилии участников.</p> <p>2. Цели и задачи работы.</p> <p>3. Избранный метод управления</p> <p>4. Функциональная схема</p> <p>5. Электрическая принципиальная схема импульсного управления переменным током.</p> <p>6. Эпюры токов и напряжений</p> <p>7. Стыковые соединения и изделие для импульсно-фазового управления</p> <p>8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение.</p> <p>9. Социальная ответственность.</p> <p>10. Выводы по работе.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Литературный обзор автоматической сварки под флюсом	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка функциональной схемы	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка полной принципиальной электрической схемы установки	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Рекомендации по применению разработанной установки для сварки	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина В.А., к.э.н., доцент ОСГН
Социальная ответственность	Авдеева И.И., старший преподаватель
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.02.2021

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Карамов Кирилл Вадимович		

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Уровень образования высшее  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2021	Введение	5
28.02.2021	Литературный обзор автоматической сварки под флюсом	10
15.03.2021	Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом	15
05.04.2021	Разработка функциональной схемы	15
20.04.2021	Разработка полной принципиальной электрической схемы установки	15
05.05.2021	Рекомендации по применению разработанной установки для сварки	10
15.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2021	Социальная ответственность	10
01.06.2021	Заключение	10

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства	Першина А.А.	к.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В71	Карамову Кириллу Вадимовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 284000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 200000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,6 из 5 баллов</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального критерия: Интегральный финансовый показатель разработки; Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки; Интегральный показатель эффективности; Сравнительная эффективность вариантов исполнения.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ

5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Карамов Кирилл Вадимович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В71	Карамов Кирилл Вадимович

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<b>Повышение эффективности автоматической сварки под флюсом за счёт импульсного управления переменным током</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования – импульсно-фазовое управление переменным током при сварке под флюсом. Рабочая зона – отапливаемое помещение площадью 450 м<sup>2</sup> со смешанным освещением. Технологический процесс включает в себя следующий вид работ: работу с автоматом для сварки под флюсом. Области применения – работы, где используется сварка под флюсом.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы».</li> <li>2. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность».</li> <li>3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».</li> <li>4. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность».</li> <li>5. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества».</li> <li>6. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Вибрационная безопасность».</li> </ol>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: – шум / вибрации; – освещенность; – микроклимат; – вредные вещества; – психофизиологические факторы (тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки, повышенная нагрузка на органы чувств) Опасные факторы: – электрический ток; – термические и химические ожоги; – короткое замыкание; – движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования. Мероприятия по снижению воздействия при проведении сварочных работ: А) защита от поражения электрическим током; Б) защита

	<i>органов дыхания; В) инструктаж рабочих по работе с оборудованием.</i>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<i>Загрязнение атмосферы: выброс газа, задымление. Загрязнение гидросферы: разлив смазывающе-охлаждающих жидкостей, масел. Загрязнение литосферы: металлическая стружка и пыль, окалины, шлак. необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению</i>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Возможные ЧС: – возникновение пожара, взрыва; – химическое отравление воздуха рабочей среды вредными газами. Наиболее типичная ЧС: – возникновение пожара, взрыва.</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>01.03.2021</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Карамов Кирилл Вадимович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 114 листов, 31 рисунок, 20 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: пульсирующая дуга, импульсно-фазовое управление, импульсно-регулируемое сопротивление.

Результаты данной работы позволят модернизировать и расширить область применения процесса автоматической сварки под флюсом.

Объектом исследования является процесс автоматической сварки под флюсом толщин 2-3 мм встык и угловых швов.

Целью работы является разработка процесса и технических средств для автоматической сварки под флюсом малых толщин.

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

В разделе «Литературный обзор автоматической сварки под флюсом» были рассмотрены сущность, преимущества, недостатки и методы их устранения автоматической сварки под флюсом.

Во разделе «Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом» были рассмотрены сварка пульсирующей дугой и методы управления ей, из которых был избран метод импульсно-фазового управления.

В разделе «Разработка функциональной схемы» была составлена и описана функциональная схема импульсно-фазового управления.

В разделе «Разработка полной принципиальной электрической схемы установки» была составлена и описана принципиальная электрическая схема установки.

В разделе «Рекомендации по применению разработанной установки для сварки» были рассмотрены режимы установки, а также изделие и соединения, которые перспективно сваривать методом импульсно-фазового управления.

Экономическая эффективность данной технологии обусловлена меньшими затратами на заработную плату сварщиков, за счёт снижения требований к квалификации.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Сварка пульсирующей дугой-технологическая схема сварки, относящаяся к методу управления технологическими свойствами дуги за счет периодического изменения электрических параметров режима с заданной частотой, амплитудой и формой импульсов.

Импульсно-фазовое управление переменным током-способ регулирования переменного электрического тока синусоидальной формы путём изменения угла открытия тиристорov, симисторov, тиратронов или иных ключевых электронных приборов, на которых собран выпрямитель или электрический ключ.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
2. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования»
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
4. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
5. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
6. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»
7. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»

8. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»

9. ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия»

10. ГОСТ 12.4.250-2019 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования»

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

- $U_d$  – напряжение дуги;
- $U_0$  – напряжение холостого хода;
- $E_d$  – пассивная против э. д. с. сварочной дуги;
- $I_d$  – сварочный ток дуги;
- $R_d$  – динамическое сопротивление сварочной дуги;
- $K$  – коэффициент пропорциональности;
- $U_{yз}$  – напряжение на управляющем электроде;
- $i_{уст}$  – ток нагрузки при коротком замыкании тиристорov;
- $\alpha$  – угол открытия тиристорov;
- $\tau$  – постоянная времени цепи;
- $\tau_n$  – постоянная времени паузы;
- $\tau_{и}$  – постоянная времени импульса;
- $R_i$  – резистор с порядковым номером  $i$ ;
- $V_i$  – оптопара с порядковым номером  $i$ ;
- $C_i$  – конденсатор с порядковым номером  $i$ ;
- $VD_i$  – тиристор (стабилитрон) с порядковым номером  $i$ ;
- $OPT_i$  – однопереходной транзистор с порядковым номером  $i$ ;
- $VS_i$  – тиристор с порядковым номером  $i$ ;
- $FU_i$  – предохранитель с порядковым номером  $i$ ;

- FL<sub>i</sub> – сигнальная лампочка с порядковым номером *i*;
- VT<sub>i</sub> – биполярный транзистор с порядковым номером *i*;
- И<sub>i</sub> – интегратор с порядковым номером *i*;
- БА – блок абсолютных значений;
- ПУ<sub>i</sub> – пороговое устройство с порядковым номером *i*;
- ИЭ<sub>i</sub> – импульсный элемент с порядковым номером *i*;
- ИУ<sub>i</sub> – импульсный усилитель с порядковым номером *i*;
- W<sub>i</sub> – обмотка с порядковым номером *i*;
- А – амперметр;
- К – коллектор;
- Э – эмиттер;
- Б – база;
- ПК – пакетный переключатель;
- М – вентилятор;
- ВР – ветровое реле;
- ОУ – обмотка управления;
- К – контактор;
- АВ – автомат;
- РТ – тепловое реле;
- СТОП – кнопка стоп;
- Тр – трансформатор;
- ТТ – трансформатор тока;
- Триг – тиристорный триггер;
- СТ – сварочный трансформатор;
- ИРС – импульсно-регулируемое сопротивление;
- ИФУ – импульсно-фазовое управление.

## Оглавление

Введение.....	22
1 Литературный обзор автоматической сварки под флюсом .....	23
1.1 Сущность процесса .....	23
1.1.1 Схема процесса автоматической сварки под флюсом.....	23
1.1.2 Образование шва при автоматической сварке .....	25
1.2 Вольтамперная характеристика сварочной дуги под флюсом .....	29
1.3 Перенос металла с электрода в сварочную ванну .....	30
1.4 Силы, действующие на сварочную ванну .....	33
1.5 Формирование шва в различных условиях .....	35
1.6 Преимущества и недостатки автоматической сварки под флюсом .....	39
1.7 Методы устранения недостатков.....	40
1.8 Выводы по разделу.....	41
2 Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом .....	42
2.1 Сварка пульсирующей дугой .....	42
2.2 Сварка пульсирующей дугой за счет изменения скорости подачи сварочной проволоки.....	42
2.3 Сварка пульсирующей дугой за счет управления током в обмотке шунта трансформатора .....	45
2.4 Импульсно-фазовое управление переменным током.....	47
2.4 Выводы по разделу.....	48
3 Разработка функциональной схемы .....	49
3.1 Функциональная схема установки для сварки на переменном токе .....	49
3.2 Сварочный трансформатор .....	50
3.3 Импульсно-регулируемое сопротивление ИРС .....	50

3.4 Блок абсолютных значений.....	51
3.5 Интеграторы, пороговые устройства, импульсные элементы.....	51
3.6 Импульсный усилитель .....	53
3.7 Тиристорный триггер.....	54
3.8 Выводы по разделу.....	55
4 Разработка полной принципиальной электрической схемы установки .....	56
4.1 Принципиальная электрическая схема .....	56
4.2 Сварочный трансформатор .....	57
4.3 Релейно-контакторная схема управления трансформатором.....	57
4.4 Схема управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора .....	58
4.5 Схема импульсно-фазового управления тиристорами в импульсно-регулируемом сопротивлении .....	62
4.6 Схема программного управления фазой открытия тиристорov.....	64
4.7 Выводы по разделу.....	66
5 Рекомендации по применению разработанной установки для сварки .....	67
5.1 Управление сварочным током при помощи импульсно-регулируемого сопротивления в сварочной цепи, обеспечивающее питание сварочной дуги в импульсном режиме – импульс – пауза .....	67
5.2 Управление током подмагничивания магнитного шунта, обеспечивающее протекание пульсирующего тока в сварочной цепи .....	68
5.3 Рекомендации .....	70
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	72
6.1 Оценка конкурентоспособности проекта .....	72
6.2 SWOT-анализ.....	74
6.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	77

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	77
6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	78
6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	79
6.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	82
6.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	82
6.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	83
6.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	84
6.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	86
6.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	86
6.4.6 Накладные расходы.....	87
6.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	88
6.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	88
6.6 Выводы по разделу.....	91
7 Социальная ответственность .....	92
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	92
7.2 Производственная безопасность.....	94
7.2.1 Повышенный уровень вибрации .....	95
7.2.2 Освещенность рабочей зоны.....	96
7.2.3 Отклонение показателей микроклимата .....	97
7.2.4 Вредные вещества .....	98
7.2.5 Электрический ток .....	99
7.2.6 Термические ожоги .....	100
7.2.7 Движущиеся машины .....	101

7.2.8 Уровень шума на рабочем месте .....	102
7.2.9 Психофизиологические факторы .....	102
7.3 Экологическая безопасность.....	103
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103
7.5 Выводы по разделу.....	105
Заключение .....	107
Список использованных источников .....	109
Приложение А Электрическая принципиальная схема импульсного управления переменным током .....	111
Приложение Б Эпюры токов и напряжений.....	113

## **Введение**

Автоматическая сварка под флюсом является одной из самых распространенных способов дуговой сварки плавящимся электродом. Впервые широкое применение он получил еще во время Отечественной войны на оборонных заводах. При этом данный способ сварки имеет актуальность и в наше время, так как имеет большое количество достоинств, которые будут приведены в работе.

Развитие процесса может идти последующим путям:

- а) дальнейшее увеличение производительности процесса;
- б) повышение качества швов;
- в) увеличение обхвата толщин свариваемых заготовок и т.д.

Для модернизации процесса в работе предлагается метод импульсно-фазового управления (ИФУ). ИФУ обладает увеличенной возможностью регулирования вследствие большой частоты пульсации, что позволяет сваривать тонкостенные изделия, меньшей текучестью расплавленного металла и флюса и одинаковым строением капель электродного металла.

Целью работы является разработка процесса и технических средств для автоматической сварки под флюсом малых толщин.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: анализ процесса сварки под флюсом, обоснование и выбор способа управления процессом, разработка функциональной схемы, разработка полной принципиальной электрической схемы, описание процесса с помощью эюр токов и напряжений.

# **1 Литературный обзор автоматической сварки под флюсом**

## **1.1 Сущность процесса**

### **1.1.1 Схема процесса автоматической сварки под флюсом**

Автоматическая сварка под флюсом основана на принципе использования тепла дуги также, как и ручная сварка металлическим электродом. Существенное отличие состоит в том, что при автоматической сварке под флюсом дуга (между концом электрода и местом сварки) горит под слоем сыпучего флюса. Флюс в основном играет такую же роль, как и обмазка электрода при ручной сварке.

Сварка под флюсом производится при помощи сварочной головки, основное назначение которой – автоматически поддерживать горение дуги.

При автоматической сварке под флюсом (рисунок 1) дуга горит между свариваемым изделием 1 и голой электродной проволокой 2, которую по мере сгорания сварочная головка 3 из бухты 4 подает в зону дуги. Зона сварки покрыта слоем гранулированного флюса 5, засыпаемого перед дугой из бункера 6. Дуга горит внутри заполненной газами и парами оболочки, образованной расплавленным флюсом, поэтому дуги не видно.

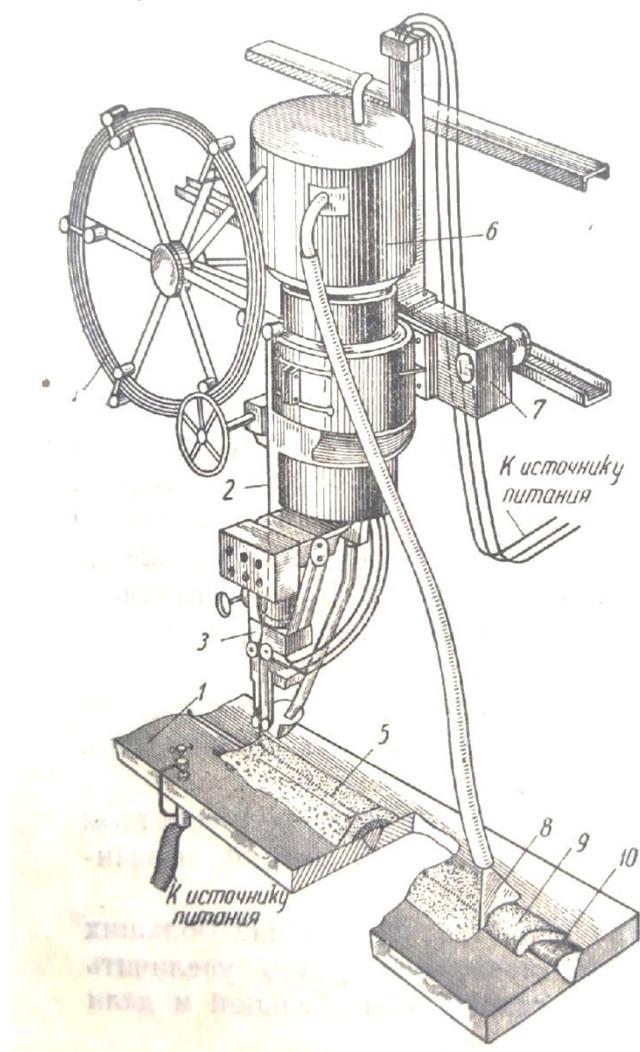


Рисунок 1 – Схема процесса автоматической сварки под флюсом [1]

По мере отложения шва дуга передвигается вдоль места сварки при помощи самоходного привода 7. Неиспользованный флюс при сварке через сопло 8 отсасывается обратно в бункер. Расплавившийся флюс после остывания образует шлаковую корку 9, легко удаляемую с поверхности шва. Шов 10 представляет собой родную и основного металла, имеет серебристую блестящую поверхность с характерными мелкими чешуйками. Питание дуги сварочным током осуществляется от источника питания. Контроль за процессом сварки ведется по амперметру и вольтметру.

Из описания схемы процесса видно, что для автоматической сварки под флюсом требуется специальное устройство с самоходом, осуществляющим перемещение головки по свариваемому изделию или

передвижение самого изделия при неподвижной головке. Свариваемое изделие может укладываться на стеллажи или на манипуляторы для вращения изделия, наконец, свариваемое изделие может находиться в кондукторе, служащем для сборки изделия.

При автоматической сварке требуется флюсовая аппаратура для подачи флюса в зону сварки, для отсоса неиспользованного флюса и для удержания флюса на месте сварки. Для питания установки электроэнергией требуется пункт питания со сварочным трансформатором, силовым контактором и прочей аппаратурой.

Для автоматической сварки применяется гранулированный флюс и электродная проволока: специальная или простая малоуглеродистая.

Для производства автосварочных работ требуется тщательная сборка изделия из ранее заготовленных деталей, а также подготовка свариваемых кромок. В процессе сварки следует производить контроль режима сварки и прочих операций согласно технологическому процессу, разработанному для данного изделия.

### **1.1.2 Образование шва при автоматической сварке**

При сварке под флюсом плавильное пространство весьма своеобразно. Процесс сварки происходит под флюсом, поэтому непосредственно наблюдать его нельзя.

Процесс образования шва можно представить в виде схемы (рисунок 2), изображающей продольный разрез зоны сварки и шесть поперечных сечений, показывающих отдельные стадии образования шва.

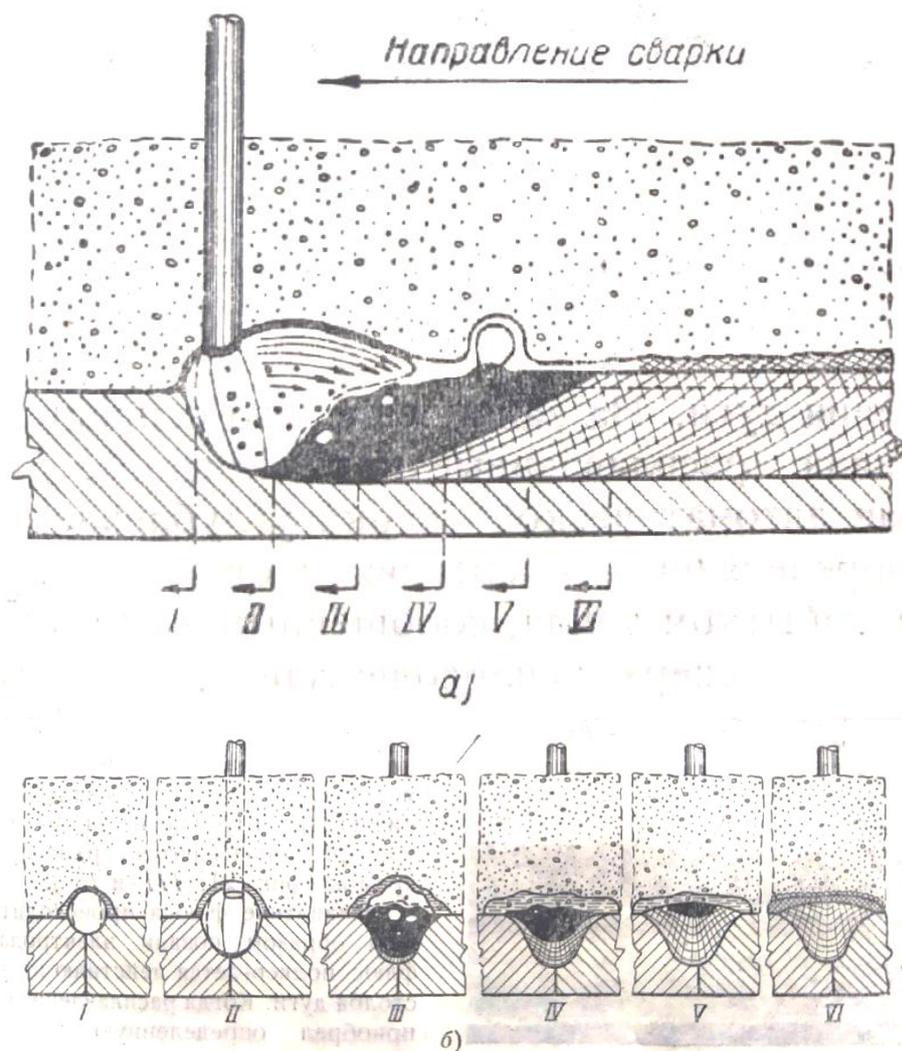


Рисунок 2 – Процесс образования шва [1]

На рисунке 2, а показан продольный разрез зоны сварки, на рисунке 2, б – поперечные сечения зоны сварки.

В момент возбуждения дуга горит между концом электрода и активным пятном на основном металле. Столб дуги занимает вертикальное положение. При перемещении дуги столб отклоняется назад – в сторону, противоположную направлению сварки, так как активное пятно на основном металле отстает от движущегося электрода. Это отставание обусловлено отставанием точек с максимальной температурой, в которых наиболее вероятно возникновение дугового разряда. Приближение дуги вызывает плавление металла под действием мощного излучения столба (рисунок 2, I).

Вследствие значительной мощности дуги и высокой концентрации

тепловой энергии резко возрастает объем ванны расплавленного металла. В данном случае объем сварочной ванны достигает 20 – 25 см<sup>3</sup>.

Дуга плавит металл и вытесняет его назад. Столб дуги значительной своей частью погружен в основной металл (рисунок 2, II). Тонкий жидкий слой, остающийся под дугой, не препятствует плавлению основного металла под действием тепла, выделяемого в активном пятне. Металл электрода, переносимый в дуге в форме капель, попадает в ванну и перемешивается в ней с расплавленным основным металлом. Расплавленный флюс изолирует от воздуха не только столб дуги, но и всю зону сварки.

Процесс образования автоматического шва имеет свои отличительные особенности. При ручной сварке основной металл мало участвует в образовании шва, так как сварка стыкового шва производится с разделкой кромок, являющихся своего рода изложницей, в которой формируется наплавляемый электродный металл. При автоматической сварке дуга интенсивно проплавляет основной металл и вытесняет его назад, образуя глубокий кратер. Углубление или канавка, выплавляемое дугой, постепенно заполняется по мере удаления дуги. На заполнение его непрерывно поступают новые порции жидкого металла, расплавленные и вытесненные дугой и, впереди лежащих участков. В случае автоматической сварки углубление, образованное дугой, служит изложницей, определяющей очертания провара шва. Металл сварочной ванны обладает некоторым избытком тепла, сообщенным ему излучением сверх теплосодержания, соответствующего температуре плавления. Этот избыток тепла расходуется на расплавление дополнительных порций основного металла. В результате несколько увеличивается глубина и растет ширина провара – оплавляются верхние участки кромок (рисунок 2, III и IV).

Плавление флюса происходит глазным образом позади электрода, где флюс подвергается действию излучения столба дуги. Когда расплавленный флюс приобрел определенную жидкотекучесть, он стремится стечь по стенкам

оболочки. Наблюдение процесса в рентгеновых лучах позволяет говорить о непрерывном движении жидкого флюса в направлении, указанном стрелками (рисунок 2). Передвигаясь, жидкий флюс омывает ванну жидкого металла. Объемная концентрация тепла в расплавленном флюсе, составляющая не более  $3 - 4 \text{ кДж/см}^3$ , недостаточна для плавления металла. Некоторое количество расплавленного флюса растекается подслоем сыпучего (рисунок 2, III); поэтому часть тепла, запасенного флюсом, поступает на подогрев кромок, которые затем оплавляются перегретым металлом, поступающим из зоны дуги.

По мере удаления дуги отвод тепла в массу холодного металла начинает преобладать над притоком тепла. На поверхности раздела расплавленного металла с нерасплавленным начинается кристаллизация (рисунок 2, III). Затвердевание ванны идет слоями. При нормальном процессе сварки газы успевают полностью удалиться из ванны и образуется плотный равномерный мелкочешуйчатый шов (рисунок 3). Благодаря значительному запасу тепла шлак остается жидким до конца затвердевания ванны и не препятствует удалению газов (рисунок 2, V и VI).

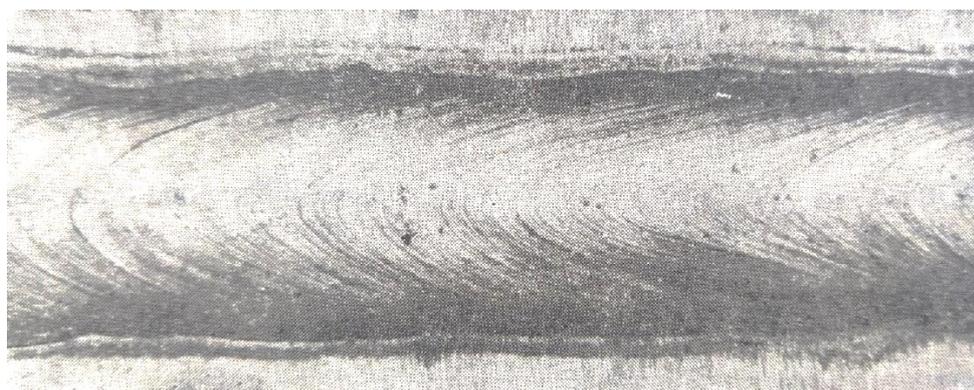


Рисунок 3 — Поверхность плотного мелкочешуйчатого шва [1]

Слой флюса можно рассматривать как своего рода теплую надставку, замедляющую затвердевание верхней части ванны. По истечении некоторого времени шлаковый покров полностью затвердевает в виде корки, легко

отделяющейся от сварного шва (рисунок 4).

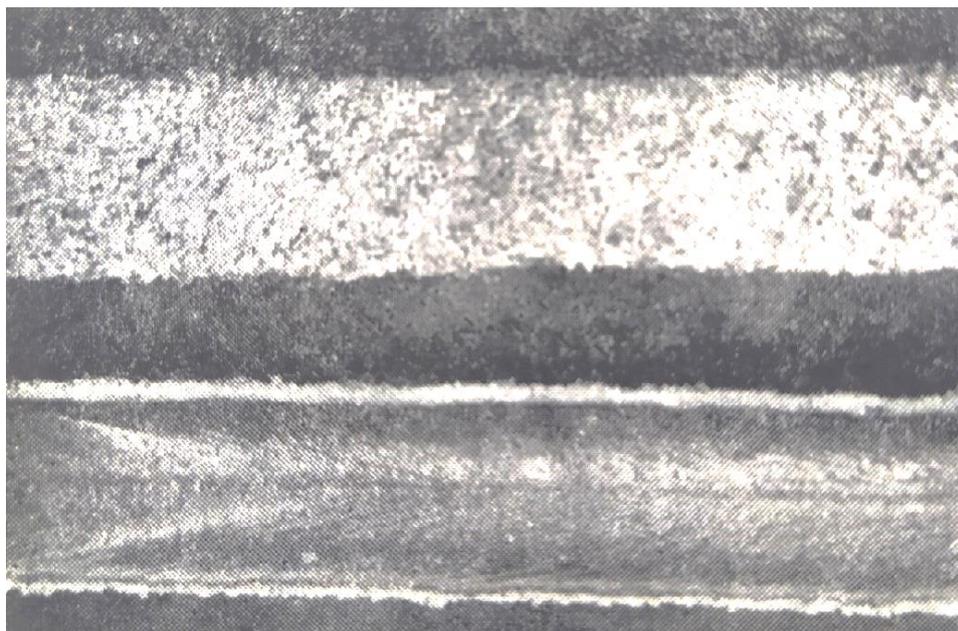


Рисунок 4 – Шлаковая корка [1]

## 1.2 Вольтамперная характеристика сварочной дуги под флюсом

Как элемент электрической цепи – сварочная дуга представляет собой нелинейный элемент. В общем виде вольтамперная статическая характеристика сварочной дуги имеет V-образную характеристику (рисунок 5).

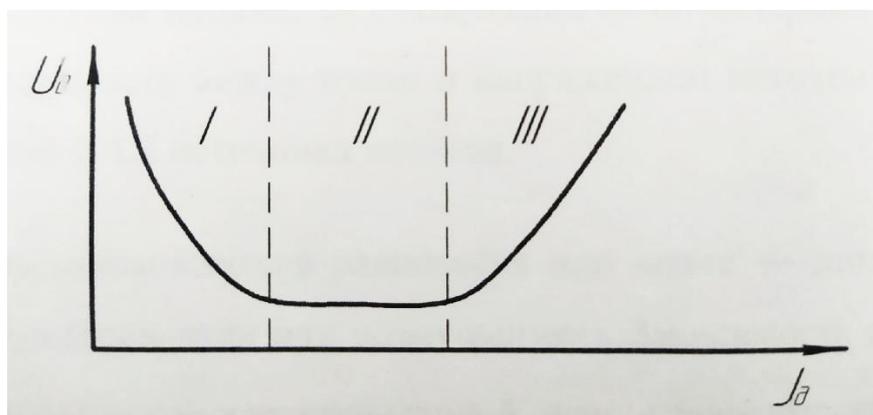


Рисунок 5 – Общий вид вольтамперной характеристики сварочной дуги

На рисунке область I соответствует малым режимам (0,5-10) А, где форма характеристики падающая. Область II соответствует средним режимам с умеренными плотностями тока (сварка под флюсом, электродами с покрытием, неплавящимся электродом в аргоне и др.). В этой области

$$U_d = E_d, \quad (1)$$

где  $U_d$  – напряжение дуги, В;

$E_d$  – пассивная противо – Э. Д. С. сварочной дуги, В.

Область III соответствует сварке при высоких плотностях тока. В этой области напряжения дугового промежутка может быть представлено в виде:

$$U_d = E_d + I_d R_d, \quad (2)$$

где  $R_d$  – динамическое сопротивление сварочной дуги, Ом;

$I_d$  – сварочный ток дуги, А.

### 1.3 Перенос металла с электрода в сварочную ванну

При сварке качественными электродами металл электрода переносится в ванну мелкими каплями. Кривые напряжения и тока дуги при сварке электродами с толстым покрытием имеют большое сходство с теми же кривыми при автоматической сварке под флюсом. Поэтому можно предположить, что в случае автоматической сварки перенос металла происходит главным образом в виде капель различного размера. Диаметр капель колеблется от десятых долей миллиметра до 3 – 4 мм. Надо полагать, что некоторая часть капель летит в шлаковой оболочке, как это наблюдается при сварке открытой дугой качественными электродами.

Отрыв капель от электрода происходит под действием силы тяжести, электродинамической силы, бурного кипения железа, выделения окиси углерода. Отрыву капель препятствуют поверхностное натяжение железа и реактивная сила.

Электродинамическая сила возникает благодаря взаимному притяжению линий тока в жидком проводнике, каким является капля металла, образующаяся на конце электрода. Электродинамическое усилие в жидком проводнике переменного сечения направлено от меньшего сечения к большему. Оно способствует отрыву капли, соединенной с электродом шейкой. Величина осевого усилия выражается уравнением (3):

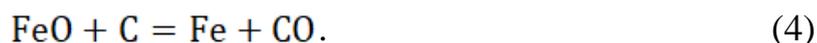
$$P = KI_d^2 \ln F_1 / F_2 \text{ дин.}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности, равный  $1/150$  (по данным В. К. Лебедева);

$I_d$  – сварочный ток дуги, А;

$F_1$  и  $F_2$  – сечения проводника, т. е. сечение капли и шейки, соединяющей каплю с концом электрода.

Благодаря применению высоких плотностей тока конец электрода интенсивно разогревается. Тепло, выделяющееся в активном пятне на торце электрода, вызывает мгновенное расплавление и кипение прилегающих к нему слоев металла. Физическое кипение металла сопровождается и химическим кипением вследствие реакции (4):



Обычная электродная проволока, нашедшая применение при автоматической сварке, содержит 0,10% С. Проволока из мартеновской стали всегда содержит 0,02 – 0,03% кислорода в виде шлаковых включений и в твердом растворе. Предположим, что за время пребывания металла в жидком состоянии на конце электрода успевает окислиться только 0,01% С, т. е. из 1 грамма металла удаляется 0,0001 грамм углерода в виде окиси углерода. Объем выделяющегося газа при нормальной температуре составит 0,19 см<sup>3</sup>.

При температуре капля металла около 2300 °С объем газа достигает 1,8 см<sup>3</sup>. При этой же температуре объем 1 грамма жидкого металла составляет 0,13 см<sup>3</sup>.

Итак, объем удаляющегося газа почти к 14 раз больше, чем объем металла. Поэтому кипение стали на конце электрода сопровождается бурным хлопотанием и отрывом крупных и мелких капель. Выделение окиси углерода продолжается и вовремя полета капель в столбе дуги и, вероятно, сопровождается взрывообразным дроблением более крупных капель металла на мелкие капельки. Выделение окиси углерода является одной из основных причин переноса металла с электрода на изделие. Доказательством этого служит тот факт, что при потолочной сварке не удастся получить удовлетворительных результатов, если электроды изготовлены из очень чистого железа или из успокоенной стали (полностью раскисленной в процессе ее изготовления). В обоих случаях не может происходить кипения с выделением окиси углерода: в первом случае из-за отсутствия углерода, во-втором – из-за отсутствия кислорода.

Из сил, противодействующих отрыву капель, наиболее важной, вероятно, является реактивное давление, создаваемое струей паров железа, исходящих из активного пятна. Наличие такого давления приводит к деформированию жидкой капли (рисунок 6).

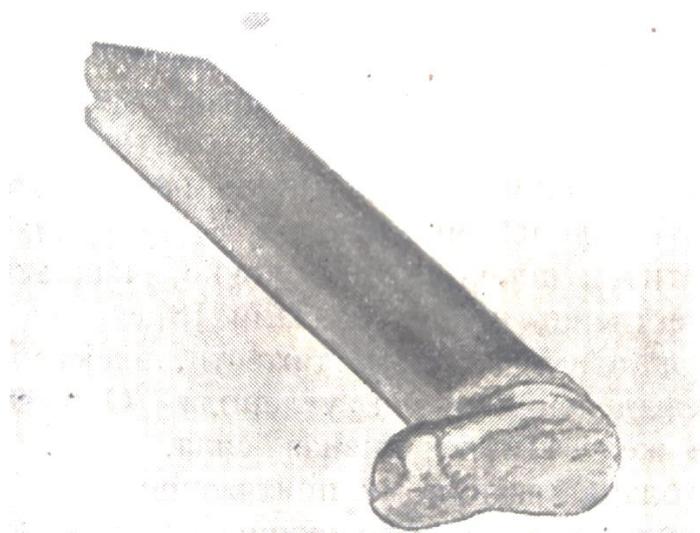


Рисунок 6 – Конец электрода [1]

Основная масса капель, летящих с электрода, пройдя дуговой

промежуток, попадает непосредственно в сварочную ванну, где перемешивается с расплавленным металлом. Некоторое количество капель (обычно не выше 1,5 % веса расплавленной электродного металла) застревает во флюсовой оболочке и остается в шлаковой корке.

#### 1.4 Силы, действующие на сварочную ванну

При сварке под флюсом ванна имеет своеобразную вытянутую форму с углублением (картером) под столбом дуги. Жидкий металл находится на различном уровне в картере и в затвердевающей части ванны. Чтобы поддерживалась, такая разность уровней, должно существовать равновесие между силой, под действием которой образуется кратер, и гидростатическим давлением жидкого металла и жидкого флюса (рисунок 7).

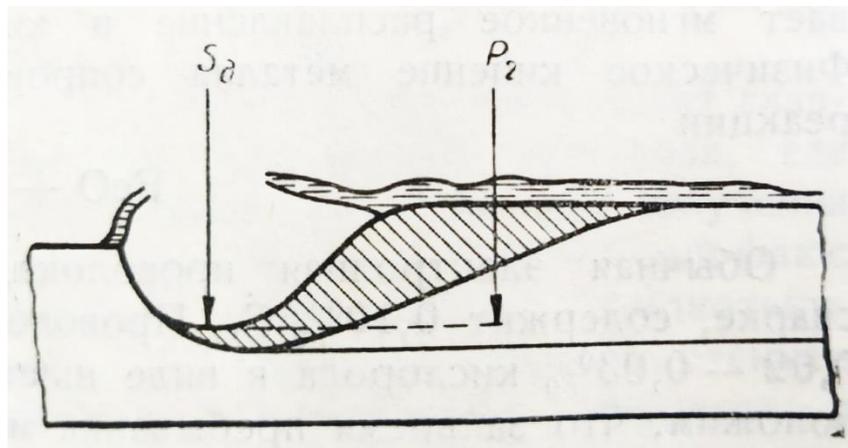


Рисунок 7 – Равновесие сил, действующих в жидкой ванне [1]

Из сил, действующих в кратере ванны, наиболее важные электродинамические и реактивные силы. Давление газа внутри флюсовой оболочки (в полости, выплавленной дугой во флюсе) играет, по-видимому, небольшую роль.

В ванне, образующейся тотчас после зажигания дуги (рисунок 8, а),

линии тока идут от активного пятна к поверхности раздела расплавленного и нерасплавленного металла. Создается электродинамическое усилие, вытесняющее жидкий металл из-под дуги. Если дуга неподвижна, металл вытесняется равномерно во все стороны (рисунок 8, б). Если дуга перемещается, металл вытесняется в сторону, противоположную ее движению (рисунок 8, в). Чем больше плотность тока, тем сильнее вытесняется металл ванны из-под дуги.

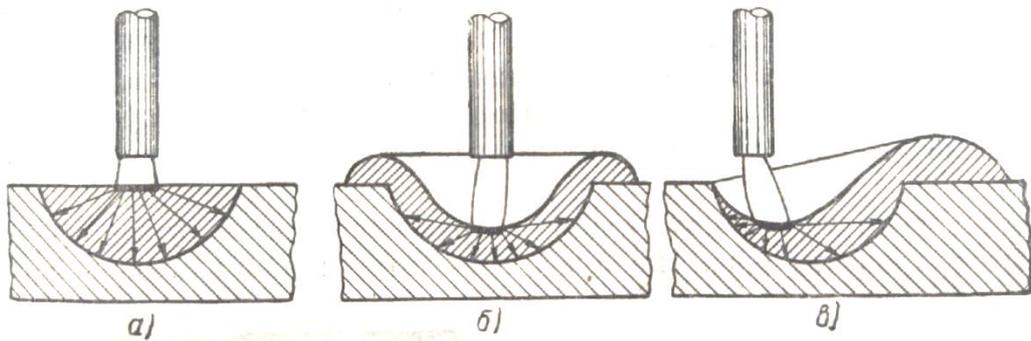


Рисунок 8 – Схема вытеснения жидкого металла из ванны [1]

А. М. Макара обнаружил, что при сварке под флюсом лежачим электродом диаметром от 10 до 4,5 мм по мере уменьшения диаметра электрода и возрастания плотности тока увеличивается расстояние между плавящимся концом электрода и поверхностью ванны, т. е. усиливается вытеснение жидкого металла из-под дуги.

«Химическое» кипение ванны и реактивное давление, создаваемое выделением окиси углерода, также способствуют образованию кратера. Равнодействующую давления газов, электродинамической и реактивной сил будем называть давлением дуги. Суммарное давление дуги можно выразить приближенной формулой (5):

$$S_{д} = 0,05 \cdot I_{д}^2 \text{ дин.}, \quad (5)$$

где  $I_{д}$  – сварочный ток в А.

Давление дуги обуславливает вытеснение металла и образование кратера. Формирование ванны зависит от того, как сочетается давление дуги с

силой тяжести, подвижностью дуги и условиями растекания металла.

### **1.5 Формирование шва в различных условиях**

Гидростатическое давление жидкого металла и флюса большей частью направлено противоположно давлению дуги. При горизонтальном положении изделия и при режиме сварки 1000 А, 40 В, 20 м/час давление дуги уравнивает давление столба жидкого металла высотой 10 – 12 мм и столба жидкого флюса высотой 4 – 6 мм в затвердевающей части ванны. Плотность расплавленного флюса, пронизанного пузырьками газа, значительно уступает плотности жидкого металла, поэтому можно считать, что гидростатическое давление в основном создается жидким металлом.

Если наклонить изделие и сварку производить на спуск, разность уровней между двумя частями ванны изменится. Давление дуги не изменяется, тем не менее происходит понижение уровня металла в затвердевающей части и повышение уровня под столбом дуги. Толщина жидкого слоя в кратере увеличивается (рисунок 9, а). Вследствие этого изменяется расположение столба дуги – значительной своей частью дуга выступает над поверхностью металла. При этом возрастает подвижность дуги и увеличивается площадь, где успевает побывать активное пятно. В результате увеличивается ширина провара. Увеличение жидкого слоя под дугой сопровождается уменьшением глубины провара. Поэтому при сварке на спуск формируется широкий валик при относительно неглубоком проваре.



Рисунок 9 – Схема расположения жидкой ванны при сварке на спуск и при сварке на подъем [1]

На рисунке 9, а показана сварка на спуск, на рисунке 9, б – сварка на подъем.

Если наклонить изделие в противоположную сторону и производить сварку на подъем, гидростатическое давление уменьшится. Силы, возникающие вследствие наклона изделия, суммируются с давлением дуги. Поэтому повышается уровень жидкого металла в затвердевающем конце ванны, одновременно уменьшается толщина жидкого слоя под дугой (рисунок 9, б), и дуга углубляется в основной металл. В результате формируется узкий валик с глубоким проваром.

Условия растекания металла оказывают существенное влияние на ширину ванны и формирование валика. Известно, что жидкий металл плохо смачивает холодный и не растекается по холодному металлу, образуя наплывы. Чтобы металл ванны, вытесняемый давлением дуги, хорошо смачивал и оплавливал поверхности, прилегающие к кромкам, кромки должны быть подогреты излучением дуги и расплавленным флюсом. С увеличением длины дуги усиливается подогрев кромок и улучшаются условия растекания металла. Вытеснение ванны из кратера ослабляется. Ванна получает большую долю излучения дуги и ее эффективная температура повышается. При сварке длинной дугой (высокое напряжение дуги) формируется широкий низкий валик с плавными очертаниями, глубина провара получается меньше.



Рисунок 10 – Схема зоны сварки при наклонном угле электрода [1]

Наклон электрода вдоль шва углом вперед оказывает существенное влияние на условие формирования шва. Наклоняя электрод, можно изменить расположение столба дуги – активное пятно на основном металле перемещается вперед по направлению сварки (рисунок 10). Вытеснение жидкого металла ослабляется. Уменьшается разность уровней металла в ванне. Увеличивается жидкий слой под дугой. Столб дуги значительной своей частью располагается выше уровня свариваемых кромок. Подвижность дуги и подогрев кромок усиливаются еще в большей степени, чем при сварке длинной дугой или при сварке на спуск. Глубина провара уменьшается вдвое, а ширина провара увеличивается более чем в 1,5 раза по сравнению со сваркой вертикальным электродом.

С увеличением скорости сварки увеличивается перепад температуры в направлении от стенок ванны в толщу основного металла. Длина дуги уменьшается. Условия растекания ухудшаются. Вследствие резкого изменения теплового состояния стенок и самой ванны форма шва претерпевает значительные изменения. Недостаточный прогрев кромок и стенок ванны приводит к затвердеванию смачивающей их пленки флюса. Малый запас тепла в ванне недостаточен для того, чтобы расплавить затвердевающий флюс, что ведет к образованию зоны несплавления. В некоторых случаях несплавление имеет место по всему контуру провара (рисунок 11).



Рисунок 11 – Зона несплавления [1]

Улучшение условий растекания металла позволяет избавиться от зоны несплавления при сварке на больших скоростях. Это достигается наклоном электрода вдоль шва углом вперед, повышением напряжения дуги, сваркой на спуск и применением пемзовидного флюса. Одно только повышение напряжения дуги (увеличение длины дуги) оказывает положительное действие при сварке на скоростях до 60 – 80 м/час. При сварке со скоростью, превышающей 100 м/час, приходится прибегать к наклону электрода или к комбинации наклона электрода и высокого напряжения, а иногда и к небольшому наклону изделия, чтобы сварка шла на спуск.

Положительный эффект, получаемый при сварке на больших скоростях от замены стекловидного флюса пемзовидным, можно объяснить их различным объемным или насыпным весом.

Флюс-стекло имеет насыпной вес  $1,5 \text{ г/см}^3$ , а флюс пемза – только  $0,8 \text{ г/см}^3$ .

Объем полости, выплавляемой дугой при сварке под флюсом пемза, гораздо больше, чем под флюсом стекло. Это позволяет в большей степени

использовать излучение столба дуги для подогрева кромок.

Соответственно улучшаются условия растекания металла.

## **1.6 Преимущества и недостатки автоматической сварки под флюсом**

Преимущества автоматической сварки под флюсом:

1. При автоматической сварке под флюсом производительность повышается в 5 – 10 раз по сравнению с ручной сваркой в зависимости от толщины металла, что достигается:

а) применением больших токов без заметного увеличения диаметра электрода, т. е. увеличением плотности тока, которое возможно вследствие того, что ток подводится к электроду в непосредственной близости от дуги, чем устраняется нагрев электрода на большой длине;

б) значительным повышением скорости сварки, так как концентрированный нагрев основного металла в зоне сварки обеспечивает глубокий его провар;

в) уменьшением количества наплавленного электродного металла вследствие возможности сварки стыковых швов без разделки кромок при толщине листов до 20 мм а также уменьшением угла раскрытия кромок при большей толщине листов;

г) уменьшением сечения швов сравнительно со швами ручной сварки, что обуславливается глубоким проваром основного металла и высокими механическими качествами металла шва;

д) возможностью варить стыковые швы большого сечения в один проход.

2. Качество наплавленного металла при автоматической сварке под флюсом значительно выше, чем при ручной сварке, ввиду того, что:

а) защита жидкого металла от воздуха получается более совершенной и

надежной, чем при ручной сварке;

б) металл шва получается плотным и однородным вследствие более продолжительного пребывания металла в жидком состоянии;

в) предупреждаются непровары в вершине угла и по кромкам благодаря глубокому провару.

3. Экономия электродной проволоки благодаря:

а) отсутствию потерь на угар и разбрызгивание;

б) отсутствию потерь на огарки при непрерывной подаче электродной проволоки.

4. Экономия электроэнергии благодаря лучшему использованию тепла дуги.

5. Отпадает надобность в защите глаз сварщика, так как дуга горит под флюсом невидимо для глаз.

6. Отпадает необходимость в специальной вентиляции рабочих мест, так как выделение газов при сварке под флюсом ничтожно.

7. Основные сварочные операции выполняет автомат, что дает возможность заменить квалифицированных сварщиков малоквалифицированными рабочими и подростками, которых можно обучить в несколько дней.

8. Упрощается контроль качества сварных швов. Для контроля качества швов после сварки еще не разработан надежный и пригодный для производства способ. В случае автоматической сварки контроль качества швов можно в значительной мере заменить контролем режима сварки.

К минусам сварки под флюсом относится затрудненность сварки тонкостенных изделий и сильная текучесть расплавленного металла и флюса.

## **1.7 Методы устранения недостатков**

При сварке тонкостенных изделий, когда теплоотвод в стенки изделия ограничен, необходимо регулировать проплавляющую способность дуги и

характер формирования шва, чтобы исключить возможность появления прожогов. Одним из методов управления технологическими свойствами дуги является периодическое изменение электрических параметров режима с заданной частотой, амплитудой и формой импульсов. Сюда относятся такие технологические схемы сварки, как импульсно-дуговая, сварка модулированным током и пульсирующей дугой. Исследования показали, что основным преимуществом первых двух технологических схем сварки плавящимся электродом является возможность управления переносом электродного металла. Сварка же пульсирующей дугой позволяет управлять условиями формирования шва.

### **1.8 Выводы по разделу**

Сварка под флюсом является одной из самых распространенных способов дуговой сварки плавящимся электродом, так как имеет большое количество достоинств. При этом сварка под флюсом имеет и недостатки. Одним из таких недостатков является затрудненность сварки тонкостенных изделий. Сварка пульсирующей дугой решает эту проблему, так как она позволяет управлять условиями формирования шва.

## **2 Мероприятия по улучшению процесса сварки под флюсом**

### **2.1 Сварка пульсирующей дугой**

Сварка пульсирующей дугой состоит в том, что скорость и количество вводимой в изделие теплоты определяются режимом пульсации дуги, который устанавливается по определенной программе, зависящей от свойств свариваемого металла, его толщины, пространственного положения сварки. Скорость нарастания и спада электрической мощности дуги, частоту и амплитуду ее пульсации можно изменять в довольно широких пределах. С помощью изменения находят широкое применение сварке пульсирующей дугой.

Пульсацию дуги можно достичь с помощью управления током в обмотке шунта трансформатора, изменения скорости подачи сварочной проволоки и импульсно фазового управления.

### **2.2 Сварка пульсирующей дугой за счет изменения скорости подачи сварочной проволоки**

В статье [2] была предложена технологическая схема сварки пульсирующей дугой, при которой в каждом конкретном опыте скорость вращения ведущих роликов  $N$  (об/мин) поддерживали постоянной и программировали длительность периодов подачи электрода  $p$  и длительность пауз  $m$  без синхронного изменения напряжения на выходных зажимах источника питания дуги. Эксперименты проводили на лабораторной установке, оборудованной специальной подающими механизмами, обеспечивающими плавное изменение скорости подачи электродной проволоки и регулировки длительности периодов подачи электрода и пауз. На рисунке 12, а показан подающий механизм, предложенный в статье, с плоскими фигурными ведущими роликами. Регулировка режима пульсации в данном случае

достигается за счет изменения протяжённости выступов и впадин на ведущих роликах.

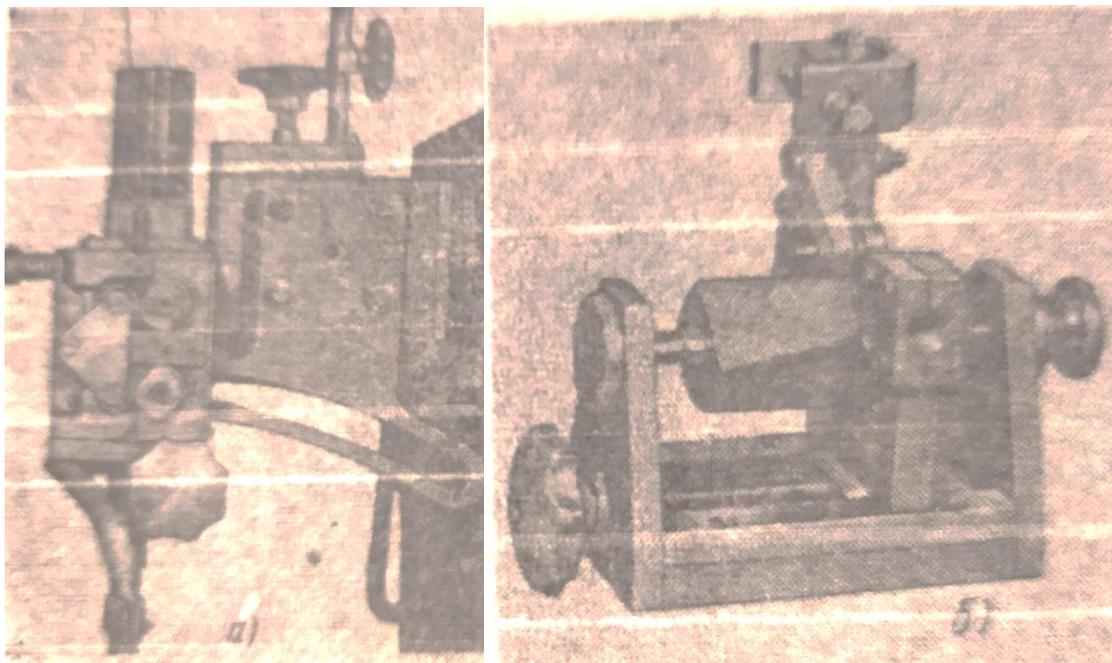


Рисунок 12 – Подающий механизм с плоскими фигурными роликами (а) и удлиненным ведущим роликом (б) [2]

На рисунке 12, б показан подающий механизм, имеющий удлиненный ведущий ролик с пазом переменной ширины на рабочей поверхности. Перемещение прижимного ролика вместе со сварочной проволокой параллельно оси вращения ведущего ролика обеспечивает изменение пульсации режима сварки при постоянной скорости подачи проволоки.

Общую оценку изменения электрических параметров режима при сварке пульсирующей дугой под флюсом производили по осциллограммам тока и напряжения дуги, записанным на пленку. Оценку особенностей изменения тока за время одного периода горения дуги производили по осциллограммам, записанным на бумагу. Их анализ показал, что пульсирующий режим сварки под флюсом обеспечивает стабильное повторение периодов горения дуги (рисунок 13).

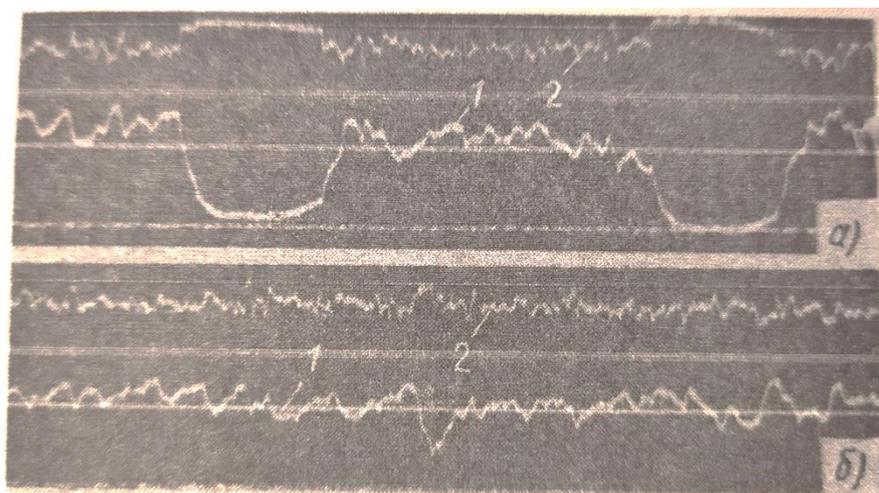


Рисунок 13 – Осциллограммы тока (1) и напряжения дуги (2) при режиме горения дуги [2]

На рисунке 13, а показаны осциллограммы при непрерывном горении дуги, на рисунке 13, б – при пульсирующем.

Проведенные исследования в статье показали, что при постоянных значениях скорости сварки, напряжения дуги и скорости вращения ведущих роликов можно изменить форму и сечение шва в широких пределах, регулируя длительность периода подачи проволоки и длительность паузы (рисунок 14).

Переменные параметры режима			Площадь наплавки в мм <sup>2</sup>	Площадь проплавления в мм <sup>2</sup>	$F_H / F_{пр}$	Глубина проплавления в мм
Длительность периода подачи проволоки в с	Длительность паузы в с	Частота пульсации $f = \frac{1}{n+t}$				
0,35	0,29	1,56	23,3	12,6	1,85	1,6
0,38	0,61	1,01	28,7	15,3	1,875	2,0
1,448	0,617	0,485	32,0	16,9	1,89	2,15
—	—	—	42,6	22,8	1,87	2,3

Примечание. Постоянные параметры режима:  $d_s = 1,6$  мм;  $v_H = 220$  м/ч;  $v_{св} = 10,8$  м/ч;  $U_d = 27$  В.

Рисунок 14 – Результаты проведенных исследований в статье [2]

Частота пульсации по результатам исследования в статье находится в узком диапазоне, равном 0,485–1,56 Гц.

Само устройство для подачи сварочной проволоки является слишком громоздкое и ненадежное.

### 2.3 Сварка пульсирующей дугой за счет управления током в обмотке шунта трансформатора

Схема, обеспечивающая управление током в обмотке шунта трансформатора представлена на рисунке 15.

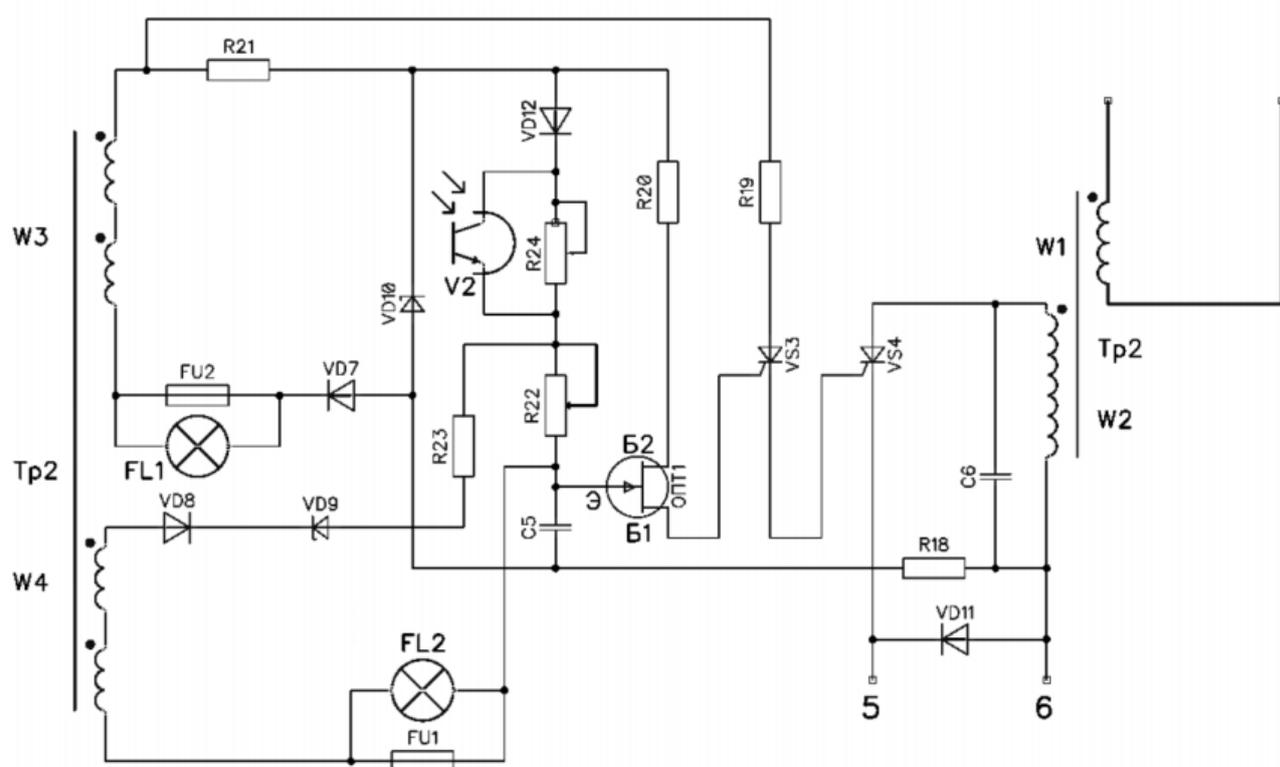


Рисунок 15 – Схема управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора

Схема работает по горизонтальному принципу регулирования и выполнена на однопереходном транзисторе ОПТ1, отличающимся стабильным напряжением и очень малым током отпирания (переключения), широким диапазоном рабочих температур и большим допустимым амплитудным значением тока эмиттера. Схема управления фазой открытия тиристора,

питающего обмотку управления, на ОПТ проста, компактна и потребляет небольшую мощность.

На рисунке 16 представлена эюра изменения тока дуги.

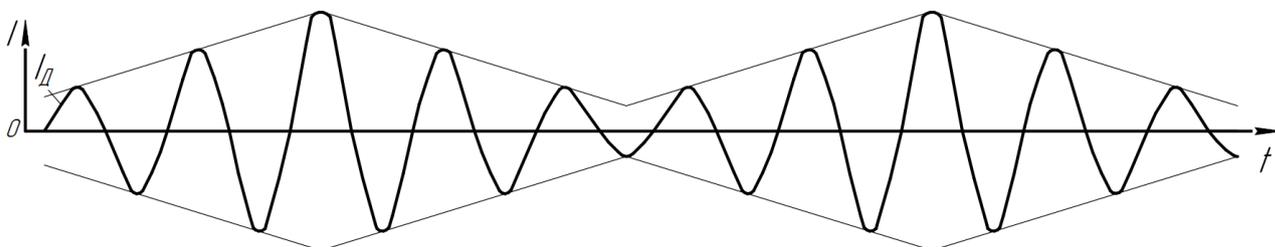


Рисунок 16 – Эюра изменения тока дуги

Из рисунка видно, что переход тока от максимального к минимальному происходит не мгновенно, а за промежуток времени.

На рисунке 17 показано пересечение вольт–амперной характеристики дуги и двух режимов схемы управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора.

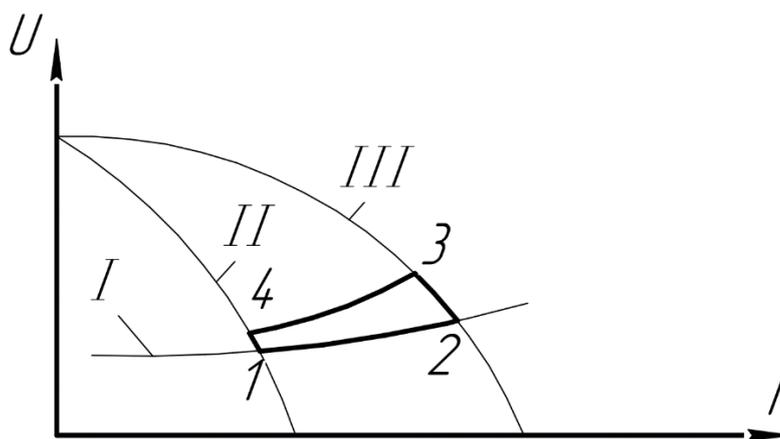


Рисунок 17 – Пересечение вольт–амперной характеристики дуги и двух режимов схемы управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора

На рисунке под символом I показана вольт–амперная характеристика дуги, под символом II режим схемы, при котором оптотранзистор V2 на рисунке 15 замкнут и под символом III режим схемы, при котором оптотранзистор V2 на рисунке 15 разомкнут.

При замыкании оптотранзистора V2 ток увеличивается и переходит из точки 1 в точку 2. Перемещение из точки 2 в точку 3 происходит из-за оплавления электрода. При размыкании оптотранзистора ток уменьшается и переходит из точки 3 в точку 4, а затем в обратном направлении в точку 1.

Рассмотренный процесс также ограничен максимальной частотой пульсации 2-3 Гц.

## **2.4 Импульсно-фазовое управление переменным током**

Импульсно-фазовое управление переменным током – способ регулирования переменного электрического тока синусоидальной формы путем изменения угла открытия тиристорных, симисторных, тиратронных или иных ключевых электронных приборов, на которых собран выпрямитель или электрический ключ.

На рисунке 18 показаны встречно-параллельно включенные тиристоры, проводящие ток поочередно и управляемые переменным током. Регулирование величины тока осуществляется за счет изменения угла открытия тиристорных  $\alpha$  (рисунок 19). При большом угле  $\alpha$  ток имеет малые значения, при уменьшении угла  $\alpha$  ток увеличивается.

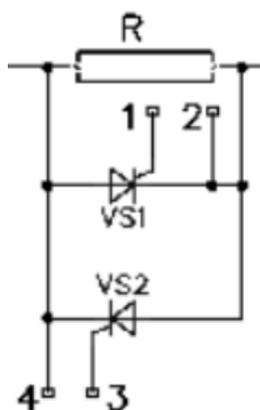


Рисунок 18 – Встречно–параллельно включенные тиристоры

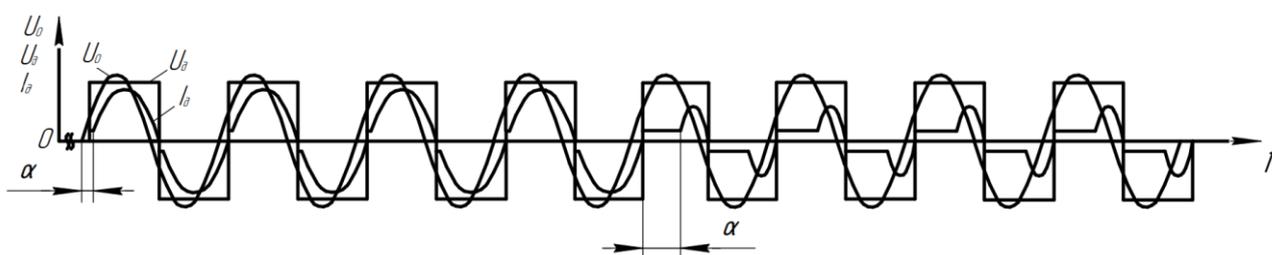


Рисунок 19 – Эпюры тока и напряжений

На рисунке символом  $U_d$  обозначено напряжение дуги, символом  $U_0$  напряжение холостого хода и символом  $I_d$  ток дуги.

В рассмотренном процессе частота модуляции – фазы открытия силовых тиристоров происходит за половину периода напряжения питающей сети, что позволяет в широких пределах и независимо друг от друга изменять длительность импульса при малом угле сдвига (большом значении тока) и при большом угле сдвига (при малом значении тока).

## 2.4 Выводы по разделу

Наиболее перспективным способом сварки, позволяющем уменьшить режим сварки, является способ импульсно-фазового управления встречно – параллельно включенными тиристорами, зашунтированных резистором для непрерывности протекания тока, сварочной цепи.

### 3 Разработка функциональной схемы

#### 3.1 Функциональная схема установки для сварки на переменном токе

Для реализации избранного алгоритма управления разработана функциональная установка, представленная на рисунке 20.

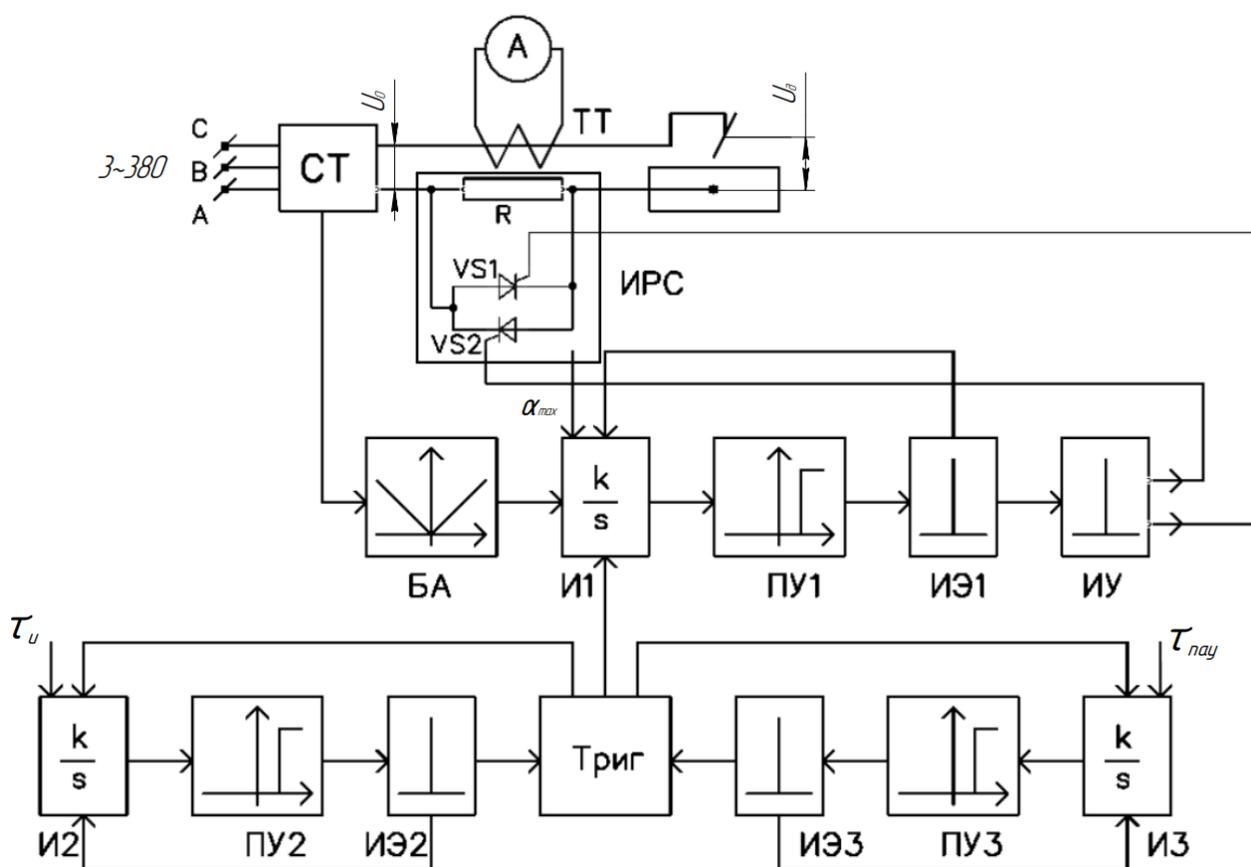


Рисунок 20 – Функциональная схема

Функциональная схема разработана на базе модернизированной схемы управления сварочного трансформатора ТДФ-1001УЗ.

В состав функциональной схемы входят:

- СТ-сварочный трансформатор ТДФ-1001УЗ;

б) импульсно-регулируемое сопротивление (ИРС), которое состоит из параллельно-встречно включенных тиристоров VS1 и VS2 зашунтированных сопротивлением R и включенных последовательно в сварочную цепь;

в) амперметр А с трансформатором тока ТТ;

г) БА-блок абсолютных значений напряжения холостого хода  $U_0$  сварочного трансформатора СТ;

д) интеграторы И1; И2; И3;

е) пороговые устройства ПУ1; ПУ2; ПУ3;

ж) импульсные элементы ИЭ1; ИЭ2; ИЭ3;

и) импульсный усилитель ИУ;

к) тиристорный триггер Триг.

### **3.2 Сварочный трансформатор**

Установка для сварки создана на основе модернизированного сварочного трансформатора ТДФ-1001, регулируемого подмагничиванием шунта.

### **3.3 Импульсно-регулируемое сопротивление ИРС**

Состоит из двух встречно-параллельно включенных тиристоров VS1 и VS2, зашунтированных сопротивлением R и включено последовательно в сварочную цепь. Оно имеет два значения: заданное значение  $R_z$ , когда оба тиристора закрыты, а сварочный ток протекает через него и второе значение равное нулю, когда один из тиристоров открыт и закорачивает это сопротивление.

### 3.4 Блок абсолютных значений

Блок абсолютных значений напряжения холостого хода  $U_0$  сварочного трансформатора ТДФ-1001 представляет собой однофазную мостовую схему (рисунок 21) выпрямления, на выходе которой оба полупериода синусоиды положительны.

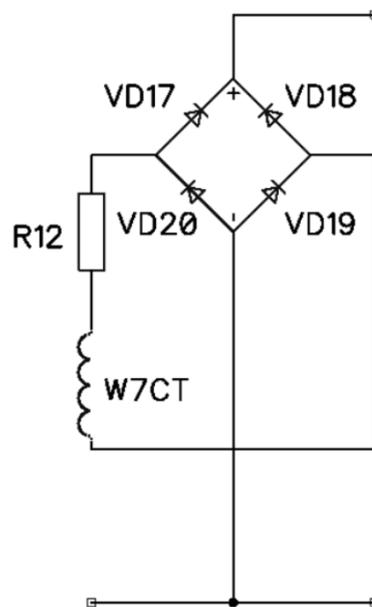


Рисунок 21 – Блок абсолютных значений-БА

### 3.5 Интеграторы, пороговые устройства, импульсные элементы

Для реализации этих элементов и устройств используется схема, построенная на базе однопереходного транзистора ОПТ и представленная на рисунке 22.

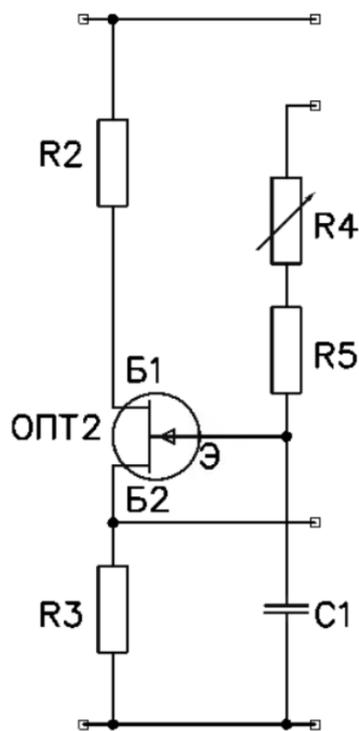


Рисунок 22 – Интегратор, включающий в себя пороговое устройство и импульсный элемент

Интегрирующая цепь включает конденсатор  $C1$ , сопротивление  $R5$ , сопротивление  $R4$  (регулируемое). Питание этой цепи осуществляется от одного из выходов тиристорного триггера Триг. От этого напряжения происходит заряд конденсатора  $C1$  по экспоненциальному закону до порогового напряжения  $U_{пор}$  с постоянной времени, которая определяется выражением (6):

$$\tau = C1 \cdot (R4 + R5). \quad (6)$$

Пороговым элементом является переход эмиттер-база 2. Пороговое напряжение, при котором происходит обратимый пробой перехода определяется выражением (7):

$$U_{пор} = K \cdot U_1, \quad (7)$$

где  $U_1$  – напряжение источника питания;

$K=(0,5-0,85)$  в зависимости от марки однопереходного транзистора.

При возрастании напряжения на конденсаторе  $C1$  до пробивного значения происходит обратимый пробой перехода и мгновенный разряд

конденсатора через сопротивление  $R_3$ . Импульс напряжения, снимаемый с сопротивления, используется как управляющее воздействие для управления другими элементами.

### 3.6 Импульсный усилитель

Импульсный усилитель выполнен на биполярном транзисторе VT1 (рисунок 23), в коллекторную цепь которого включена первичная обмотка трехобмоточного импульсного трансформатора Тр1. При приходе импульса через сопротивление R16 протекает ток по цепи R16-база-эмиттер-VD5.

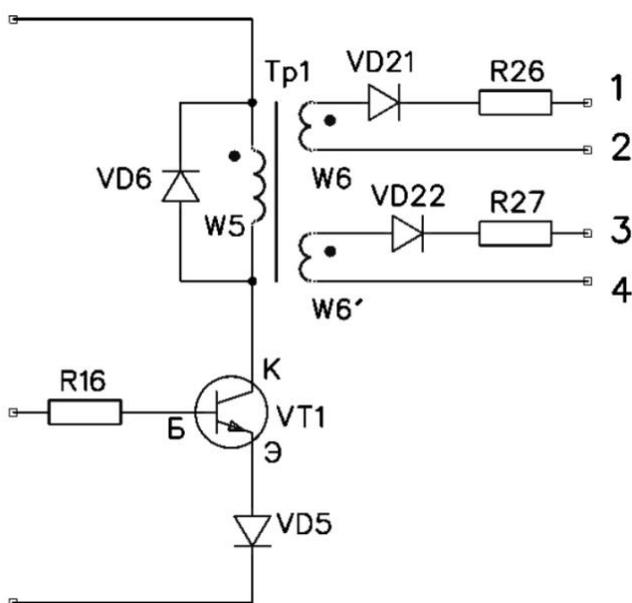


Рисунок 23 – Импульсный усилитель

На время импульса транзистор открывается и через первичную обмотку трансформатора Тр1 протекает импульс тока по цепи W5-коллектор-эмиттер-VD5. Этот импульс трансформируется во вторичные обмотки и передается дальше для управления другими элементами. Диод VD6 необходим для снятия перенапряжений возникающих при закрытии транзистора VT1. Диод VD5 необходим для защиты от помех.

### 3.7 Тиристорный триггер

Схема тиристорного триггера представлена на рисунке 24.

Схема включает тиристоры VS5 и VS6 в анодные цепи которых включены сопротивления R6 и R7, а аноды тиристоров соединены конденсатором C3. В катодные цепи тиристоров включены диоды VD2 и VD3, предотвращающие приложение обратного напряжения от конденсатора C3, которое может привести к пробую тиристоров. Также в катодную цепь тиристора VS6 включен светодиод оптотранзистора V1, который является одним из выходов триггера. Двумя другими выходами триггера являются точки соединения обкладок конденсатора C3 с анодами тиристоров VS5 и VS6. Триггер имеет два входа, которыми являются управляющие электроды тиристоров.

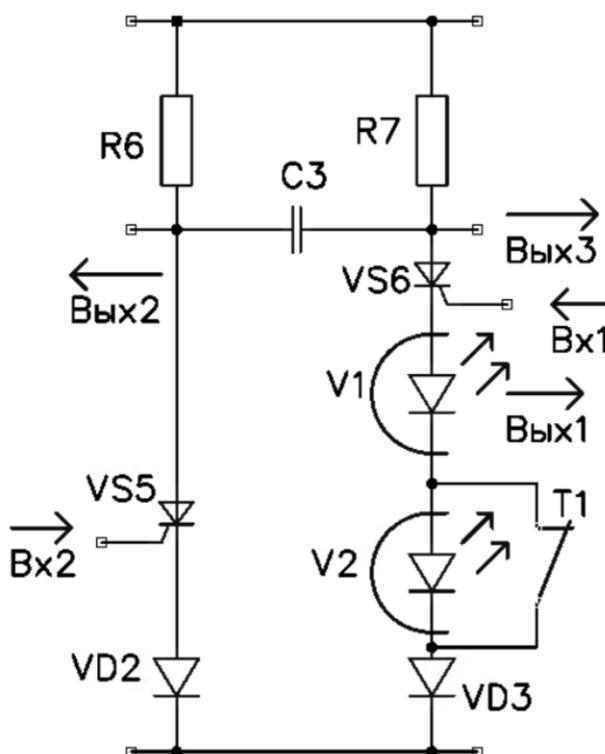


Рисунок 24 – Тиристорный триггер

Работа триггера происходит следующим образом. Пусть тиристор VS5 находится в открытом состоянии. При этом ток протекает по цепи R6-VS5-VD2. Конденсатор C3 заряжен током по цепи R7-C3-VS5-VD2 с плюсом на правой обкладке. При поступлении управляющего импульса на управляющий электрод тиристора VS6 (управляющие импульсы поступают поочередно на управляющие электроды тиристоров) он открывается. Напряжение конденсатора C3 будет приложено к тиристоры VS5 в результате чего он закроется и на выходе 2 триггера появится сигнал. Через открывшийся тиристор VS6 будет протекать ток по цепи R7-VS6-V1VD3 и на выходе 1 триггера появится сигнал, который будет пока открыт тиристор VS6.

Конденсатор C3 перезарядится по цепи R6-C3-VS6-V1-VD3 с плюсом на левой обкладке. На выходе 3 триггера будет выходной сигнал пока открыт тиристор VS6. При приходе очередного управляющего импульса на управляющий электрод тиристора VS5 процесс повторится.

### **3.8 Выводы по разделу**

Разработанная функциональная схема обеспечивает импульсно-фазовое управление переменным сварочным током.

Непрерывность протекания переменного сварочного тока обеспечивается сопротивлением R, шунтирующим встречно-параллельно соединенные тиристоры VS1 и VS2.

Предложенная схема ИФУ сварочным переменным током обеспечивает быстрое действие в широком диапазоне длительностей импульсов и пауз сварочного тока.

Предложенная схема отличается простотой и высокой надежностью т.к. выключение тиристоров происходит за счет естественной коммутации.

## 4 Разработка полной принципиальной электрической схемы установки

Разработанная в соответствии с функциональной полная принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 25.

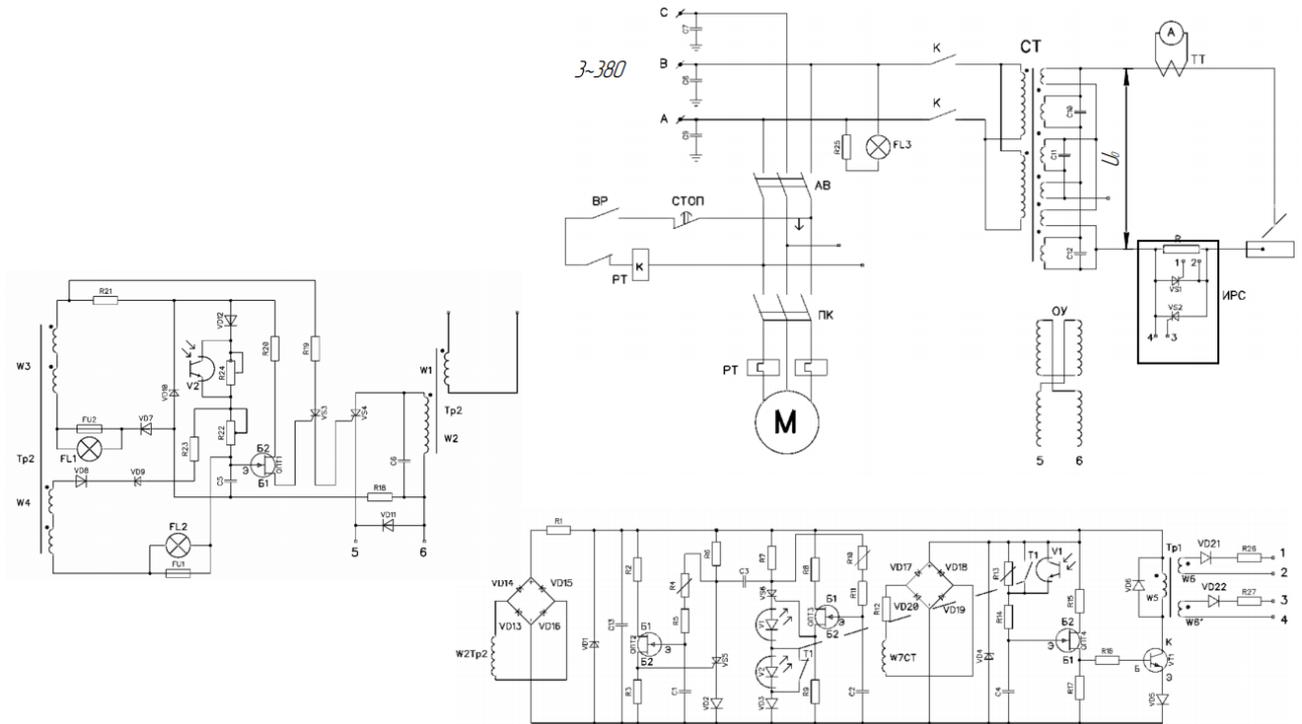


Рисунок 25 – Полная принципиальная электрическая схема

### 4.1 Принципиальная электрическая схема

В состав электрической схемы входят:

- сварочный трансформатор СТ
- релейно-контакторная схема управления трансформатором
- схема управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора
- импульсно-регулируемое сопротивление ИРС

д) схема импульсно-фазового управления тиристорами в импульсно-регулируемом сопротивлении

е) схема программного управления фазы открытия тиристоров

## **4.2 Сварочный трансформатор**

Сварочный трансформатор выполнен с частично разделенными обмотками, то есть часть вторичной обмотки находится на стержне вместе с первичной обмоткой. Эти обмотки обладают незначительным индуктивным сопротивлением. Вторая часть вторичной обмотки находится на другом стержне магнитопровода трансформатора и обладает повышенным индуктивным сопротивлением за счет чего обеспечивается внешняя крутопадающая характеристика трансформатора. Повышенное индуктивное сопротивление размещением магнитного шунта в воздушном пространстве между обмотками. На шунте расположена обмотка постоянного тока ОУ. При отсутствии тока в обмотке подмагничивания часть основного магнитного потока первичной обмотки замыкается магнитным шунтом и не проходит через вторичную обмотку, находящуюся на отдельном стержне. При этом индуктивное сопротивление этой обмотки велико и сварочный ток будет минимальным. Увеличивая ток в обмотке подмагничивания можно увеличивать сварочный ток. Измерение сварочного тока производится амперметром А через трансформатор тока ТТ.

## **4.3 Релейно-контакторная схема управления трансформатором**

Работа релейно-контакторной схемы происходит следующим образом. При наличии поданного напряжения 3 на 380 В, которое фиксируется

сигнальной лампочкой FL3, включают автомат АВ, подающее напряжение на блок управления трансформатором. После этого включают пакетный переключатель ПК. При этом подается напряжение к двигателю вентилятора М. Двигатель включается и создает поток воздуха, на пути которого расположено ветровое реле. При срабатывании ветрового реле замыкается его контакт ВР. При этом подается напряжение на обмотку контактора К. Контактор срабатывает и замыкает свои контакты в цепи первичной обмотки трансформатора СТ. Для защиты электродвигателя М служит тепловое реле РТ. Для выключения трансформатора необходимо нажать кнопку СТОП.

#### **4.4 Схема управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора**

Схема на рисунке 26 работает по горизонтальному принципу регулирования и выполнена на однопереходном транзисторе ОПТ1, отличающимся стабильным напряжением и очень малым током отпирания (переключения), широким диапазоном рабочих температур и большим допустимым амплитудным значением тока эмиттера. Схема управления фазой открытия тиристора, питающего обмотку управления, на ОПТ проста, компактна и потребляет небольшую мощность.

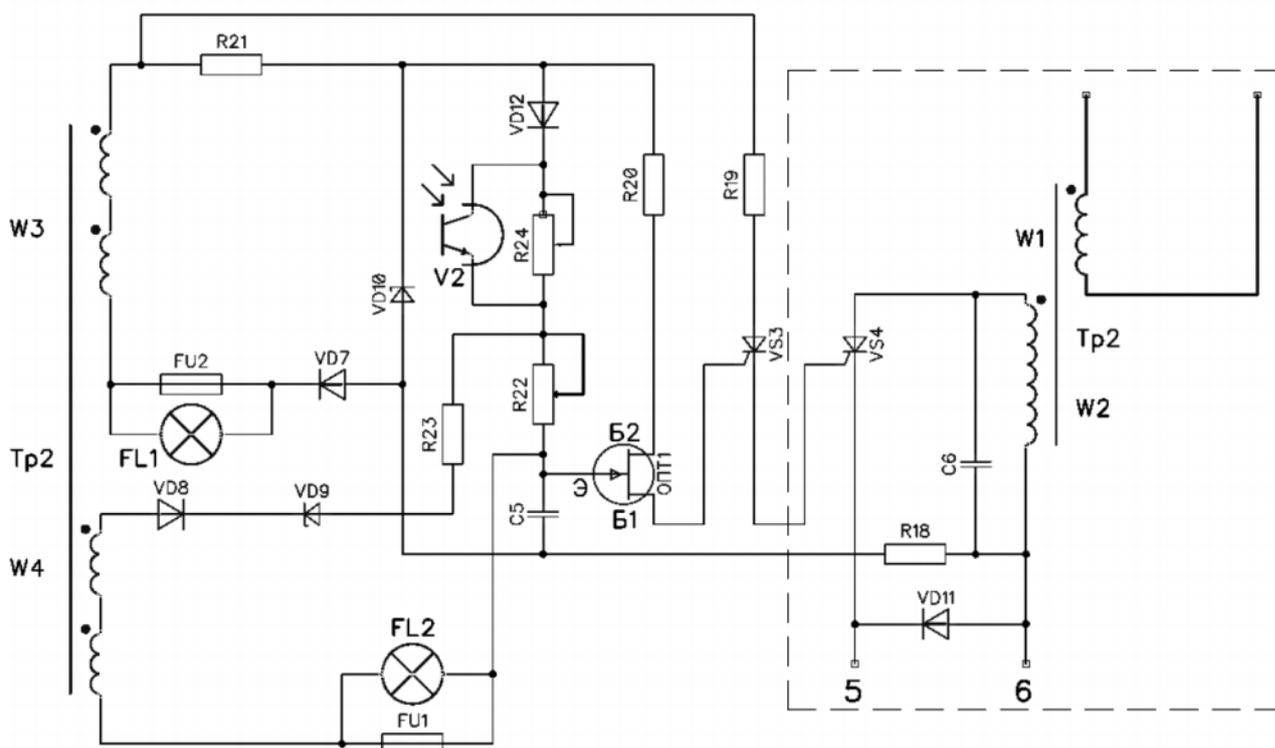


Рисунок 26 – Схема управления током в обмотке подмагничивания шунта трансформатора

На рисунке штриховой линией обведен участок стандартной схемы, содержащий трансформатор  $Tr_2$ , от вторичной обмотки  $W_2$  которого через фазорегулируемый тиристор  $VS_4$  питаются обмотка управления (клеммы 5 и 6), диод  $VD_{11}$ , шунтирующий обмотку управления в обратном направлении и обеспечивающий протекание тока при закрытом тиристоре  $VS_4$ , защитный фильтр  $R_{18}$ ,  $C_6$ .

Остальная часть схемы состоит из двух блоков: управления фазой отпирания тристора  $VS_4$  (обмотка  $W_3$ , сопротивления  $R_{19}$ - $R_{22}$ ,  $R_{24}$ ,  $VS_3$ ,  $VD_7$ ,  $VD_{12}$ , ОПТ1) и стабилизации режима при колебании напряжения сети (обмотка  $W_4$ ,  $VD_8$ ,  $VD_9$ ,  $R_{23}$ ).

Для электробезопасности и контроля работоспособности в схему включаются плавкие предохранители  $FU_1$ ,  $FU_2$ , а также сигнальные лампы  $FL_1$  и  $FL_2$ .

На рисунке 27 представлены эюры тока и напряжения на основных элементах схемы.

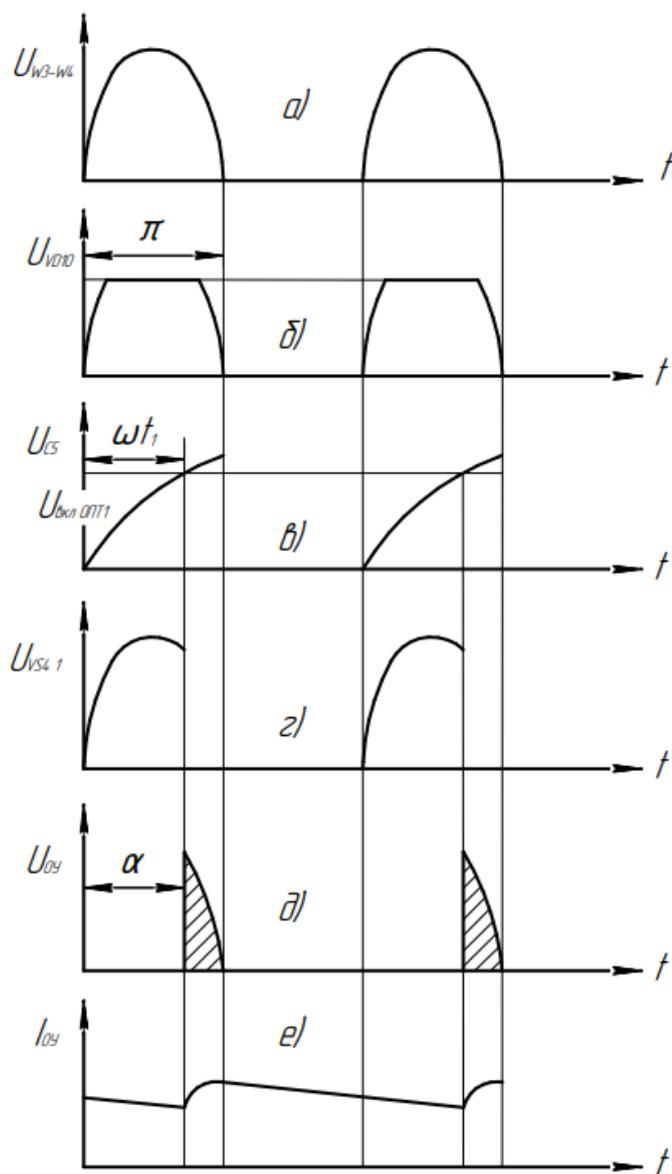


Рисунок 27 – Эюры тока и напряжения на основных элементах модернизированной схемы управления

Для упрощения схемы обмотки W3 и W4 намотаны поверх вторичной обмотки W2 трансформатора Tr2 (имеющийся зазор в его окне и небольшое число витков позволяет это легко сделать).

Напряжение на обмотке W3 имеет вид полусинусоиды (рисунок 21, а), которая совпадает с полусинусоидой напряжения на обмотке W2,

приложенного к аноду тиристора VS4. Стабилитрон VD10 стабилизирует напряжение этой полусинусоиды на уровне 30 В (рисунок 21, б), от которого заряжается времязадающий конденсатор C5 по цепи: «плюс», VD12, R24, R22, C5; «минус». Время его заряда до напряжения переключения транзистора ОПТ1, а следовательно, и угол открытия тиристора VS4 регулируется переменным резистором R24. В момент достижения на конденсаторе C5 напряжения, равного напряжению переключения транзистора ОПТ1 (рисунок 21, в), он разряжается по цепи: верхняя обкладка конденсатора, эмиттер ОПТ1, его база, управляющий электрод тиристора VS3, нижняя обкладка конденсатора. При этом тиристор VS3 отпирается и открывает тиристор VS4 благодаря протеканию тока через управляющий электрод по цепи: верхний конец обмотки W3, сопротивление R19, тиристор VS3, управляющий переход тиристора VS4, нижний конец обмотки W3. Тиристор VS4 открывается в момент времени  $\omega t_1 = \alpha$  (рисунок 21, г), который, как уже отмечалось, регулируется сопротивлением R24 и к обмотке управления магнитного шунта сварочного трансформатора прикладывается часть полуволны напряжения обмотки W2 длительностью  $\pi - \alpha$  (рисунок 21, д, заштрихованная область). Форма тока в обмотке управления имеет непрерывный характер (рисунок 21, е). Сопротивление R22 ограничивает минимальное значение угла  $\alpha$  и, следовательно, максимальный ток в обмотке управления.

Для стабилизации режима сварки при колебаниях напряжения сети предусмотрен блок стабилизации, питание которого осуществляется от дополнительной обмотки W4, находящейся также на сердечнике трансформатора Tr2. Через диод VD8 и стабилитрон VD9 напряжение, синфазное с напряжением обмотки W3, подается на сопротивление R22 в цепи заряда времязадающего конденсатора C5. Напряжение обмотки W3 и стабилитрон VD9 подобраны таким образом, что при минимальном допустимом сетевом напряжении последний не пропускает ток и блок стабилизации не работает. При увеличении сетевого напряжения стабилитрон начинает проводить ток - к сопротивлению R22 прикладывается напряжение,

замедляющее заряд конденсатора С5. Это приводит к увеличению угла  $\alpha$ , а следовательно к уменьшению тока подмагничивания шунта, что в свою очередь обеспечивает постоянство сварочного тока.

#### **4.5 Схема импульсно-фазового управления тиристорами в импульсно-регулируемом сопротивлении**

Питание схемы осуществляется стабилизированным напряжением от однофазной мостовой схемы на диодах VD13-VD16, стабилитроне VD7 и ограничивающем резисторе R1.

Работа схемы иллюстрируется эпюрами – приложение Б.

На вход схемы подается с обмотки W7CT напряжение синфазное с напряжением холостого  $U_0$  сварочного трансформатора СТ. Это напряжение выпрямляется однофазным выпрямительным мостом на диодах VD17-VD20 и поступает на стабилитрон VD4. Ток стабилитрона ограничивается резистором R12. Напряжение со стабилитрона в виде трапеций одной полярности поступает на интегрирующую цепь R13, V1, R14, C4. Происходит заряд конденсатора C4 по экспоненциальному закону до порогового значения однопереходного транзистора ОПТ4. Пороговым напряжением является напряжение обратимого пробоя перехода ОПТ4 эмиттер-база 1. При пробое происходит мгновенным разряд конденсатора C4 по цепи Э-Б1-R17. На сопротивлении R17 появляется импульс напряжения  $U_{R17}$ . От этого импульса протекает ток базы транзистора VT1 по цепи R16-Б-Э-VD5, при этом транзистор VT1 на время протекания базового тока открывается и через него протекает ток по цепи W5-К-Э-VD5. Импульс напряжения на первичной обмотке W5 импульсного трансформатора Tr1 трансформируется во вторичные обмотки W6 и W6', в результате чего по цепям VD21-R26 и VD22-R27 протекают импульсы пока управления через переходы-управляющий электрод-катод силовых тиристоров VS1 и VS2. При этом на открывается силовой тиристор, у которого на аноде положительный потенциал. Открытие тиристора

происходит со сдвигом на угол  $\alpha$  по отношению начала полусинусоиды напряжения холостого хода сварочного трансформатора для каждой полуволны (положительной и отрицательной). Угол  $\alpha$  определяется временем заряда конденсатора  $C_4$  до напряжения пробоя перехода эмиттер-база 1 однопереходного транзистора ОПТ4. Оптотранзистор  $V_1$ , подключенный параллельно резистору  $R_{13}$  при работе в ключевом режиме позволяет ступенчато изменять сопротивление в цепи заряда конденсатора  $C_4$ . При разомкнутом состоянии его постоянная времени цепи заряда будет определяться выражением (8):

$$\tau = C_4 \cdot (R_{13} \cdot R_{14}). \quad (8)$$

При этом угол  $\alpha$  будет большим и через силовой тиристор будет проходить ток только при небольшой части полусинусоиды (меньше половины полуволны). При замкнутом состоянии транзистора  $V_1$  постоянная времени цепи заряда будет определяться выражением (9):

$$\tau = C_4 \cdot R_{14}. \quad (9)$$

При этом угол  $\alpha$  будет небольшим. Он должен быть несколько больше угла сдвига сварочного тока по отношению к напряжению  $U_0$  сварочного трансформатора СТ, определяемого параметрами самого трансформатора. В этом случае сварочный ток будет протекать практически в течении всего полупериода  $U_0$  (положительного и отрицательного).

За счет управления оптотранзистором  $V_1$ , во ключевом режиме создается цикл сварки модулированным током-импульс в протекании сварочного тока и пауза. Во время импульса  $\alpha$ -мал, во время паузы  $\alpha$ -большой. Поскольку при импульсно-фазовом управлении переменным током создается прерывистый режим-параллельно-встречно включенные тиристоры шунтируются резистором  $R$  на ток-(30÷60) А.

#### 4.6 Схема программного управления фазой открытия тиристоров

Питание схемы программного управления фазы открытия тиристоров осуществляется от схемы импульсно-фазового управления тиристорами в импульсно-регулируемом сопротивлении.

Рассмотрение работы начнем с состояния триггера Триг, когда открыт тиристор VS6. При этом протекает ток по цепи R7-VS6-V1-V2-VD3. Поскольку оптодиод V1 направляет излучение светоизлучение на базу оптотранзистора V1, последний открыт и закорачивает сопротивление R13. Поэтому постоянная времени заряда конденсатора C4 минимальная и угол  $\alpha$  имеет также минимальное значение. Происходит почти полнофазное открытие тиристоров VS1 и VS2 по сварочной цепи протекает максимальный ток-ток импульса. Контакт 2T1 тумблера открыт, а 1T1 замкнут. Одновременно: конденсатор C1 заряжается от напряжения с выхода 2 триггера по цепи R6-R4-R5-C1 до порогового напряжения однопереходного транзистора ОПТ2. Когда конденсатор C1 зарядится до порогового напряжения происходит обратимый пробой перехода эмиттер-база 2 однопереходного транзистора и мгновенный разряд конденсатора C1 по цепи C1-эмиттер-база 2-R3. При этом на сопротивлении R3 появляется импульс напряжения  $U_{R3}$ . От этого напряжения протекает импульс тока по цепи управляющий электрод-катод тиристора VS5. В результате тиристор VS5 переходит в открытое состояние и через него начнет протекать ток по цепи R6-VS5-VD2. При открытии тиристора VS5 напряжение конденсатора C3 (с плюсом на левой обкладке) будет приложено в обратном направлении к тиристоры VS6 и он мгновенно перейдет в закрытое состояние. При этом излучение оптодиода V1 прекратится и оптотранзистор перейдет в закрытое состояние, угол  $\alpha$  будет иметь максимальное значение и по сварочной цепи будет протекать ток паузы. Одновременно с момента перехода тиристора VS6 конденсатор C3 перезарядится по цепи R7-C3-VS5-VD2 с плюсом на правой обкладке. Конденсатор C2 будет заряжаться от напряжения с выхода 3 триггера Триг по цепи R7-R10-R11-C2.

При достижении на конденсаторе  $C2$  порогового напряжения происходит обратимый пробой перехода эмиттер-база 2 однопереходного транзистора ОПТ3 и конденсатор  $C2$  мгновенно разряжается по цепи эмиттер-база 2- $R9$ . При этом на сопротивлении  $R9$  появляется импульс напряжения  $U_{R9}$ . От этого напряжения протекает импульс тока: управляющий электрод-катод- $V1$ - $VD3$  (при этом контакт 1Т1 замкнут). В результате тиристор  $VS6$  переходит в открытое состояние.

При открытии тиристора  $VS6$  напряжение конденсатора  $C3$  (с плюсом на правой обкладке) будет приложено в обратном направлении к тиристорам  $VS5$  и он мгновенно перейдет в непроводящее состояние и через него перестанет протекать ток. Конденсатор  $C3$  перезарядится по цепи  $R6$ - $C3$ - $VS6$ - $V1$ - $VD3$  с плюсом на левой обкладке. На выходе 2 триггера появится напряжение, от которого начнет заряжаться конденсатор  $C1$ , отсчитывающий время протекания тока импульса.

При открытии тиристора  $VS6$  и протекании через него тока оптодиод  $VD1$  освещает базу оптотранзистора  $V1$ , вследствие чего он будет открыт и замкнет сопротивление  $R13$ . За счет этого уменьшится постоянная времени цепи, равная

$$\tau = C_4 \cdot R_{14}, \quad (10)$$

и время заряда конденсатора  $C4$  до порогового напряжения однопереходного транзистора ОПТ4. Угол  $\alpha$  при этом будет иметь минимальное значение и сварочный ток будет максимальным.

Этот процесс будет продолжаться до момента заряда конденсатора  $C1$  до порогового напряжения однопереходного транзистора ОПТ2 затем все повторится.

#### 4.7 Выводы по разделу

Введение импульсно-регулируемого сопротивления во вторичную цепь сварочного трансформатора позволяет перевести его в импульсный режим сварки.

Импульсно-фазовое управление током в обмотке подмагничивания магнитного шунта сварочного трансформатора позволяет создавать пульсирующий ток в сварочной цепи.

Схема ИФУ тиристорами в сварочной цепи переменного тока на базе однопереходного транзистора (ОПТ) отличается простотой, надежностью и обеспечивает возможность импульсного режима сварки.

Схема управления сварочным циклом на базе RS-триггера обеспечивает независимое регулирование тока в импульсе и паузе по величине тока и длительности в широком диапазоне.

## 5 Рекомендации по применению разработанной установки для сварки

Выполненная установка может работать в двух режимах:

а) с управлением сварочным током при помощи импульсно-регулируемого сопротивления в сварочной цепи, обеспечивающим питание сварочной дуги в импульсном режиме – импульс – пауза;

б) с управлением током подмагничивания магнитного шунта, обеспечивающим протекание пульсирующего тока в сварочной цепи.

### 5.1 Управление сварочным током при помощи импульсно-регулируемого сопротивления в сварочной цепи, обеспечивающее питание сварочной дуги в импульсном режиме – импульс – пауза

Для перевода установки в режим импульсно-фазового управления тиристорами VS1 и VS2 в сварочной цепи нужно тумблер Т1 поставить в положение, когда контакт 2Т1 будет разомкнут, а контакт 1Т1 будет замкнут. При этом оптоэмиттер V1 будет управляться излучением оптодиода V1, являющимся одним из выходов тиристорного триггера типа RS. При протекании тока через оптодиод V1 оптоэмиттер V1 будет открыт и закорачивать сопротивление R13. Вследствие этого постоянная интегрирования цепи C4–R14, равная

$$\tau = C_4 \cdot R_{14}, \quad (11)$$

будет минимальная, поэтому конденсатор C4 будет заряжаться быстро до пробоя перехода Э–Б1 однопереходного ОПТ4 и в результате чего в конечном итоге импульсы с выхода импульсного трансформатора Тр1 будут открывать тиристоры VS1 и VS2 с малым углом  $\alpha_{и}$  относительно начала полупериода напряжения холостого хода  $U_0$  сварочного трансформатора СТ. То есть во время импульса сварочного тока будет почти полнофазное открытие тиристоров VS1 и VS2.

Во время паузы, когда через оптотриод V1 ток не протекает, оптотриод V1 закрыт и время заряда конденсатора C4 будет значительно больше, так как постоянная времени заряда будет определяться большей величиной

$$\tau = C_4 \cdot (R_{13} + R_{14}). \quad (12)$$

Необходимая величина  $\alpha_{п}$  определяется обеспечением физической устойчивости горения дуги. Непрерывность горения дуги обеспечивается током через резистор, шунтирующий тиристоры VS1 и VS2 на ток-(30÷60) А.

Необходимая величина тока в импульсе будет устанавливаться сопротивлением R24, так как оптотриод V2 будет закрыт, поскольку его оптотриод V2 закорочен контактом 1Т1 тумблера Т1.

## **5.2 Управление током подмагничивания магнитного шунта, обеспечивающее протекание пульсирующего тока в сварочной цепи**

Для установки режима с управлением тока в обмотке магнитного шунта необходимо установить тумблер Т1 в положение, когда контакт 2Т1 замкнут и при этом закорачивает оптотриод V1, вследствие чего постоянная заряда конденсатора C4 минимальна и происходит практически полнофазное открытие тиристоров VS1 и VS2. Поскольку контакт 1Т1 разомкнут, то во время импульса сварочного тока, когда триггер Триг находится в положении открытого состояния тиристора VS6, через светодиод V2 протекает ток, оптотриод V2 открыт и закорачивает сопротивление R24. Постоянная времени цепи заряда конденсатора C5 будет минимальная

$$\tau = C_5 \cdot R_{22}. \quad (13)$$

Поэтому угол открытия тиристора VS4 в конечном итоге будет минимальным и определяться сопротивлением R22. Угол  $\alpha$  будет изменяться в течение одного полупериода напряжения обмотки W2 трансформатора Тр2 (выпрямлене однополупериодное), но ток в обмотке подмагничивания ОУ

будет плавно по экспоненте нарастать, также плавно по экспоненте будет нарастать ток в сварочной цепи.

При переключении триггера Триг в другое положение ток через оптодиод V2 прекратится, оптотранзистор V2 закроется, постоянная времени заряда конденсатора C5, равная

$$\tau = C_5 \cdot (R_{24} + R_{22}), \quad (14)$$

резко увеличится, также увеличится угол открытия тиристора VS4. Но ток в обмотке подмагничивания ОУ резко не изменится, он будет плавно по экспоненте уменьшаться. Также плавно будет уменьшаться сварочный ток. Форма сварочного тока будет пульсирующей (рисунок 28) с частотой не более 3 Гц. На рисунке 29 показан процесс изменения режима схемы подмагничивания магнитного шунта, который был описан во втором разделе.

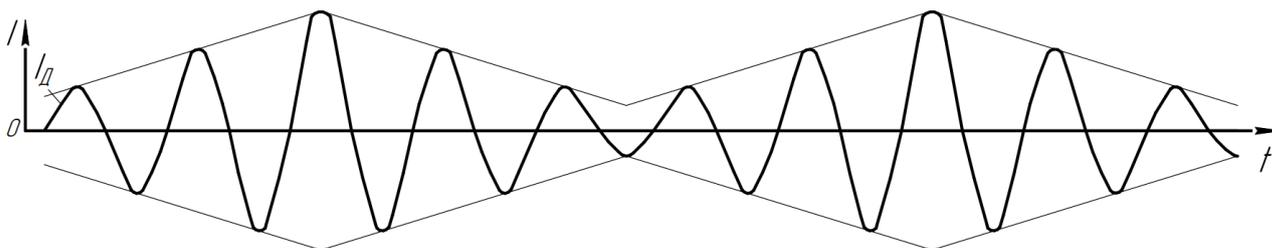


Рисунок 28 – Пульсирующая форма сварочного тока

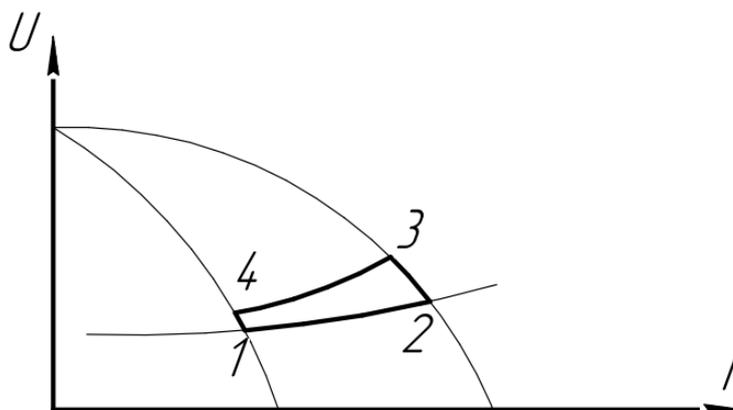


Рисунок 29 – Процесс изменения режима схемы подмагничивания магнитного шунта

### 5.3 Рекомендации

Возможность снижения сварочного тока при автоматической сварке под флюсом, обеспечивающая устойчивое горение дуги и формирование шва, позволяет решить технологические задачи, где нежелательно применять механизированную сварку в  $\text{CO}_2$  и ручную (РД) электродами с покрытием. При указанных видах сварки возможно набрызгивание, а при ручной сварке электродами с покрытием еще и возможность появления дефектов в местах смены электрода.

Применение предложенных методов импульсно–фазового при сварке под флюсом при отсутствии указанных недостатков имеются дополнительные преимущества:

- повышение производительности;
- нужен оператор, а не сварщик;
- нет излучения дуги;
- значительно меньше количество выделения газов;
- выше качество сварного соединения.

Ниже на рисунках 30 и 31 представлены стыковые соединения и изделие соответственно, которые более перспективно сваривать методами с использованием импульсно–фазового управления.

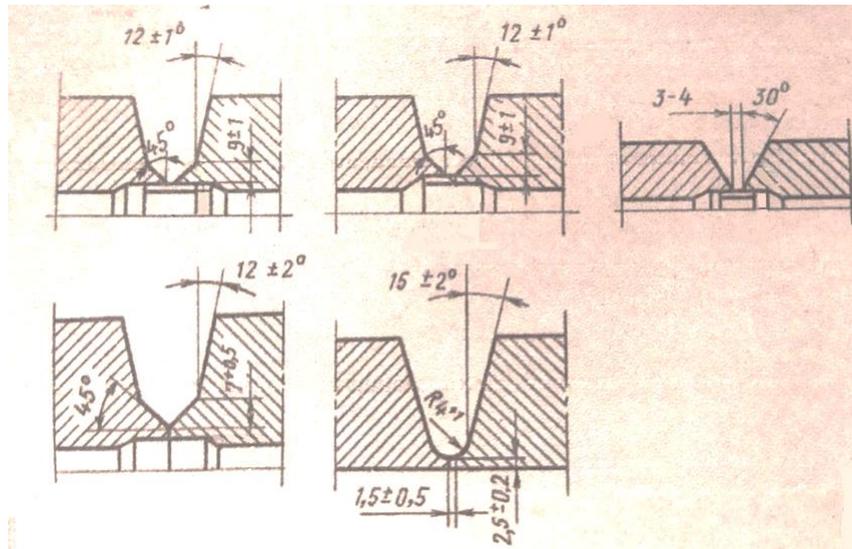


Рисунок 30 – Стыковые соединения

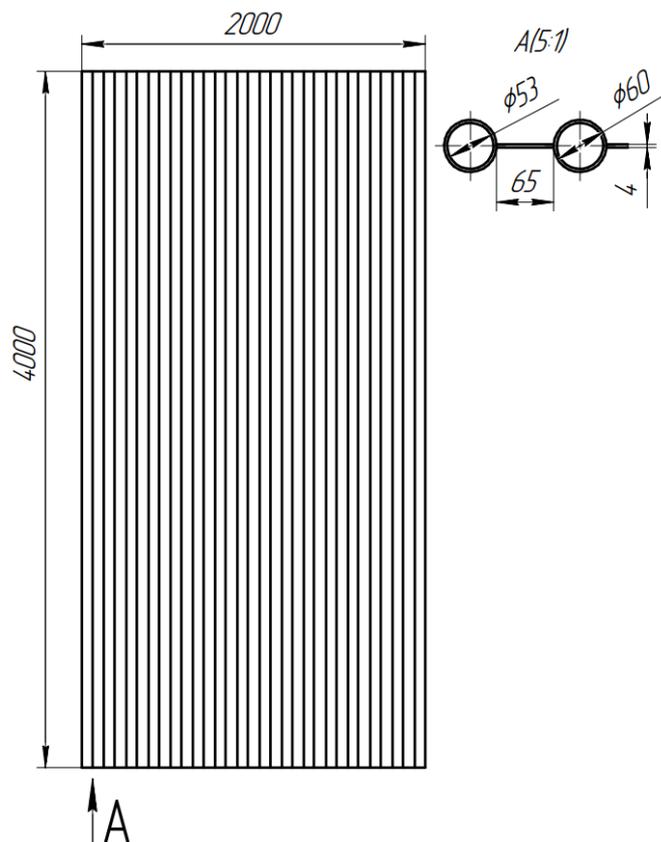


Рисунок 31 – Трубчатая панель

При этом необходимо учитывать, что при импульсно-фазовом управлении тиристорами в сварочной цепи нижний предел толщин  $2 \div 3$  мм, а при ИФУ подмагничиванием шунта трансформатора СТ- $3,5 \div 4$  мм.

## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках ИР. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы – разработка схемы для фазово-импульсного управления переменным током сварки под флюсом. Данная схема позволит проводить работы сваркой под флюсом корневых швов и тонкостенных изделий.

### **6.1 Оценка конкурентоспособности проекта**

Выберем способы сварки, которые будут рассматриваться:

1. Дуговая сварка под флюсом (ДСФ)
2. Ручная дуговая сварка (РДС)
3. Дуговая сварка в защитных газах (ДСЗГ)

Сравнение конкурентных технических решений занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ДСФ	РДС	ДСЗГ	ДСФ	РДС	ДСЗГ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Безопасность	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
2. Простота эксплуатации	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
3. Качество сварного соединения	0,21	5	3	4	1,05	0,63	0,84
4.Производительности труда	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,11	3	5	4	0,33	0,55	0,44
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
3. Послепродажное обслуживание	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1	31	26	27	4,53	3,59	3,8

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum Vi \cdot Bi , \quad (15)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

Vi – вес показателя (в долях единицы);

Bi – балл i-го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод, предложенный в дипломе эффективнее, чем методы конкурентов.

## 6.2 SWOT-анализ

Чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта во внутренней и внешней среде необходимо произвести SWOT – анализ. Для этого составим SWOT – матрицу, представленную в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

Сильные стороны научноисследовательского проекта: С1. Простота работы с оборудованием С2. Отсутствие конкурентов на рынке С3. Актуальность проекта С4. Высокое качество сварных соединений	Слабые стороны научноисследовательского проекта: Сл1. Высокая стоимость оборудования Сл2. Развитие новых технологий Сл3. Не проработаны вопросы выхода на рынок
Возможности: В1. Возможность быстрого внедрения в производство В2. Независимость от уровня квалификации рабочего В3. Повышение производительности труда	Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах 3–6.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	+	-	-	-
	В3	+	-	-	-

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	-	-	-
	В3	+	-	-

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	+	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	+	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	+	-	+
	У3	-	+	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 7.

Таблица 7 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота работы с оборудованием</p> <p>С2. Отсутствие конкурентов на рынке</p> <p>С3. Актуальность проекта</p> <p>С4. Высокое качество сварных соединений</p>	<p>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл2. Развитие новых технологий</p> <p>Сл3. Не проработаны вопросы выхода на рынок</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность быстрого внедрения в производство</p> <p>В2. Независимость от уровня квалификации рабочего</p> <p>В3. Повышение производительности труда</p>	<p>В1В2В3С1-за счет простоты работы с оборудованием увеличится возможность быстрого внедрения в производство, независимость от уровня квалификации рабочего и производительность труда.</p> <p>В1С2С3С4-отсутствие конкурентов на рынке,</p>	<p>В3Сл1-высокая стоимость понесет за собой автоматизацию процессов сварки и увеличит производительность.</p>

Продолжение таблицы 7

	актуальность проекта и высокое качество сварных соединений также увеличит возможность быстрого внедрения в производство.	
Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции	У1У3С3-актуальность проекта повлечет за собой появление новых технологий и введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У1С2-отсутствие конкурентов на рынке также вызовет появление новых технологий.	У2Сл1Сл3-высокая стоимость оборудования и непроработанность вопросов выхода на рынок будут способствовать отсутствию спроса на новые технологии. У1У3Сл2-развитие технологий повлекут за собой появление новых и введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

Результаты SWOT–анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

### 6.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 8 прописаны этапы проекта и исполнители проекта.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	

Продолжение таблицы 8

Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Составление функциональной и принципиальной схем установки	Научный руководитель, студент
	8	Сбор необходимых элементов для схемы	Научный руководитель
	9	Сборка установки	Научный руководитель
	10	Сварка образцов	Научный руководитель, студент
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Вывод по цели	

### 6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (16)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{p\ i}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (17)$$

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

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

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

### 6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (18)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (19)$$

где  $T_{кал} = 365$  – количество календарных дней в году;

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.47$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (таблица 9).

После заполнения таблицы 9 строим календарный план-график (таблица 10).

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

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\min}$ , чел-дни	$t_{\max}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни			
Составление и утверждение темы проекта	2	3	2,4	Научный руководитель	3	5
Анализ актуальности темы	1	2	1,4	Научный руководитель	2	3
Поиск и изучение материала по теме	7	10	8,2	Студент	9	14
Выбор направления исследований	2	4	2,8	Научный руководитель	3	5
Календарное планирование работ	1	2	1,4	Научный руководитель	2	3
Изучение литературы по теме	7	9	7,8	Студент	8	12
Составление функциональной и принципиальной схем установки	12	15	13,2	Научный руководитель, студент	14	21
Сбор необходимых элементов для схемы	3	6	4,2	Научный руководитель	5	7

Продолжение таблицы 9

Сборка установки	7	9	7,8	Научный руководитель, студент	8	12
Сварка образцов	2	3	2,4	Научный руководитель, студент	2	3
Анализ результатов	1	2	1,4	Научный руководитель, студент	1	2
Вывод по цели	1	2	1,4	Научный руководитель, студент	1	2

Таблица 10 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работ	Исполнители	T <sub>ki</sub> , кол.дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Науч. рук.	5	■											
2	Науч. рук.	3		■										
3	Студент	14	■	■										
4	Науч. рук.	5			■									
5	Науч. рук.	3			■									
6	Студент	12			■									
7	Науч. рук, студент	21				■	■	■						
8	Науч. рук.	7							■	■				
9	Науч. рук, студент	12								■	■			
10	Науч. рук, студент	3										■		
11	Науч. рук, студент	2											■	



Продолжение таблицы 11

2	Лист из стали Ст20	Шт.	2	600	1440
3	Флюс сварочный	Кг.	2	150	360
4	Сварочная проволока	Кг.	1	500	600
Итого					5460

### 6.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

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

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование	Количество	Цена за ед, руб.	Затрат на оборудование, (З <sub>м</sub> ), руб.
1	Тиристор	2	2400	5520
2	Балластный реостат	1	3000	3450
3	Однопереходной транзистор	4	150	690
4	Диод	10	70	805
5	Стабилитрон	4	60	276
Итого				10741

Рассчитаем амортизацию:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (21)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (22)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$t$  – время использования, мес.

Амортизация для тиристоров, однопереходных транзисторов, диодов и стабилитронов:

$$A = \frac{0,1 \cdot 6340}{12} \cdot 3 = 160 \text{ руб.}$$

Амортизация для балластного реостата:

$$A = \frac{1 \cdot 3000}{12} \cdot 3 = 750 \text{ руб.}$$

Всего амортизация составит 910 руб.

### 6.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (23)$$

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (24)$$

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

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

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

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (25)$$

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

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

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

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (26)$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ );

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

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52/14	52/14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24/15	24/10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	260	265

Должностной оклад для научного руководителя в месяц:

$$Z_m = 24800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 48360 \text{ руб.}$$

Для студента:

$$З_{\text{м}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{\text{дн}} = \frac{48360 \cdot 11,2}{260} = 2083,2 \text{ руб.}$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя студента):

$$З_{\text{дн}} = \frac{48360 \cdot 11,2}{265} = 2044 \text{ руб.}$$

Результаты занесены в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$ , руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ , руб	$З_{\text{дн}}$ , руб	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб
Науч. р.	24800	0,3	0,2	1,3	48360	2083,2	41	85411
Студент	17000	0,3	0,2	1,3	33150	2044	43	87892
Итого $З_{\text{осн}}$								173303

#### 6.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (27)$$

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

Для научного руководителя:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 85411 = 12812 \text{ руб.}$$

Для студента:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 87892 = 13184 \text{ руб.}$$

#### 6.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (28)$$

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

Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30,2 %.

Для научного руководителя:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot (85411 + 12812) = 29467 \text{ руб.}$$

Для студента:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot (87892 + 13184) = 30323 \text{ руб.}$$

Результаты отчислений приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	85411	12812
Студент	87892	13184
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	59790	

#### 6.4.6 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}/5) \cdot K_{нр}, \quad (29)$$

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

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

$$Z_{\text{накл}} = (276200/6) \cdot 0,16 = 7365 \text{ руб.}$$

#### **6.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Результаты всех расходов приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб
Амортизация	910
Материалы, сырье	5460
Специальное оборудование	11651
Основная заработная плата	173303
Дополнительная заработная плата	25996
Отчисление на социальные нужды	59790
Накладные расходы	7365
Бюджет	283565

#### **6.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Интегральный показатель финансовой эффективности исследовательской работы получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

1. Импульсное управление порошковой проволокой (исп. 2);
2. Импульсное управление собственным магнитным полем (исп. 3).

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (30)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{283565}{300000} = 0,94; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{300000}{300000} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{270000}{300000} = 0,9.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (31)$$

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

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

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Производительность	0,25	5	3	4
2.Стабильность работы	0,25	4	4	3

Продолжение таблицы 17

3.Простота эксплуатации	0,15	5	4	4
4.Энергосбережение	0,15	4	5	3
5. Безопасность	0,2	5	3	5
Итого	1	4,6	3,7	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 = 4,6 ;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 = 3,7 ;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 = 3,8 ;$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп i}}{I_{финр.i}}, \quad (32)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,6}{0,94} = 4,87; \quad I_{исп2} = \frac{3,7}{1} = 3,7; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,9} = 4,2 .$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{исп max}}. \quad (33)$$

В таблице 18 представлена сравнительная эффективность разработок.

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,7	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,87	3,7	4,2

## Продолжение таблицы 18

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76	0,86
---	--	---	------	------

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

### **6.6 Выводы по разделу**

Была выявлена конкурентоспособность мелкосерийного производства изготовления детали.

Проведен SWOT-анализ, в котором рассматриваются все сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы, связанные с проектом;

Был распланирован график НИР, по которому руководителю отводится 41 рабочий день, студенту 43 рабочих дня;

При планировании комплекса работ по проекту была построена диаграмма Ганта, которая позволяет координировать работу исполнителей в ходе выполнения исследования;

Рассчитан бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 283565 рублей.

## **7 Социальная ответственность**

### **Введение**

Объектом исследования является разработка процесса автоматической сварки под флюсом с импульсным управлением формирования сварочного шва. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки.

В данном разделе была задача исследовать вредные и опасные факторы на человека и окружающую среду, разработать мероприятия по предотвращению данных факторов.

### **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности;

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

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

## 7.2 Производственная безопасность

В таблице 19 представлены опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки под флюсом.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки дугой, горящей в динамическом режиме.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработк а	Изготовлени е	Эксплуатаци я	
Повышенный уровень вибрации			+	ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Вибрационная безопасность»; СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества»; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность» ; ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность»;
Освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Вредные вещества		+	+	
Электрический ток	+	+	+	
Термические и химические ожоги		+	+	
Короткое замыкание	+	+	+	
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования			+	
Шум		+	+	
Психофизиологические факторы (умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки,	+	+	+	

## Продолжение таблицы 19

повышенная нагрузка на органы чувств)				ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность »; ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ «Оборудование для дуговой и контактной электросварки»; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум».
---------------------------------------	--	--	--	---

### 7.2.1 Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: насос, электродвигатель и гидромотор.

Амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более  $0,0072 \cdot 10^{-3}$  м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека.

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются

индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

### **7.2.2 Освещенность рабочей зоны**

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

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.

Для освещения нашего цеха необходимо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол  $\geq 30^\circ$ . Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах 10... 30°.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой.

Освещенность в этих случаях должна быть  $\geq 30$  лк. При этом трансформатор для переносных светильников нужно устанавливать вне свариваемого объекта с обязательным заземлением вторичной обмотки трансформатора. Не допускается применение автотрансформаторов.

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

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%. Коэффициент естественного освещения для наших сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1.5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении.

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

### **7.2.3 Отклонение показателей микроклимата**

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	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.

#### 7.2.4 Вредные вещества

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные соединения. Стационарные автоматические установки для сварки под слоем флюса должны быть оборудованы пылегазоотсасывающими и флюсоуборочными устройствами.

Основными вредными веществами в составе сварочного аэрозоля при автоматической сварке являются фтористые соединения и их выделение резко возрастает с увеличением содержания фтористого кальция во флюсе. Фтористые соединения относятся ко 2 классу опасности. Нормы и показатели этих соединений должны соответствовать таблице 21 (ГОСТ 12.1.007-76).

Таблица 21 – Нормы и показатели фтористых соединений

Наименование показателя	Нормы для класса опасности
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м	0,1-1,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	15-150
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	100-500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	500-5000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	300-30
Зона острого действия	6,0-18,0
Зона хронического действия	10,0-5,0

### 7.2.5 Электрический ток

При сварке под слоем флюса (как автоматической, так и полуавтоматической) каждый сварочный аппарат должен быть оснащен отдельным заземляющим проводом непосредственно с заземляющей магистралью, все части автоматов и полуавтоматов должны быть надежно заземлены, плавкие предохранители должны соответствовать паспортным данным, шкафы, пульта должны иметь дверцы с блокировкой, отключающей первичное напряжение при их открытии.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017.

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; зануление; системы защитного отключения; 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.

### **7.2.6 Термические ожоги**

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем газовой горелки. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, в соответствии ГОСТ 12.4.254-2013 шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла ГОСТ 12.4.250- 2019.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

Требования по безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91.

### **7.2.7 Движущиеся машины**

При работе применяются автомат для сварки под флюсом, то есть имеется опасность нанесения вреда человеку движущимися частями машин.

В качестве защиты необходимо проводить регулярный инструктаж рабочих по технике безопасности, все движущиеся механизмы должны быть аттестованы.

Проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.

Для большей безопасности работы необходимо выставить предупредительные таблички о наличии передвигающихся механизмов.

### **7.2.8 Уровень шума на рабочем месте**

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

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

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

Изоляции источников шумов;

Проведение акустической обработки помещения;

Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

### **7.2.9 Психофизиологические факторы**

Из психофизических факторов, возникающих при ремонте нефтепровода в трассовых условиях, можно отметить повышенную нагрузку на органы чувств (зрение, слух), умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки.

Для профилактики возникновения данных факторов предлагается:

– уменьшить плотность рабочего времени;

- исключить случайно возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов;
- организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

### **7.3 Экологическая безопасность**

При выполнении работы образовывались следующие отходы: вредные газы, пыль, шлаковые корки и промышленный мусор. При автоматической сварке под флюсом таких отходов, как смазывающе-охлаждающие жидкости и масла не наблюдалось.

Загрязнители атмосферы поступают в воздух через вентиляционные выбросы, их концентрация относительно невелика, однако из-за огромных валовых выбросов через вентиляцию атмосфера получает большое количество загрязнения. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Что касается шлаковых корок: можно механически примешивать к флюсу некоторое количество измельченной шлаковой корки, не ухудшая этим заметно качество металла шва или наплавки.

В помещении необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для стружки, стекла, металлических частей, пластика.

### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К

ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека. Наиболее типичной ЧС является пожар.

Наш сварочный пост относится к категории Г по пожарной опасности (умеренная пожароопасность).

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:

Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

Курить только в отведенных для курения местах.

Проверять уровень нормы газа аргона в помещении, проветривать помещение.

В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

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

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение 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.

Для локализации или ликвидации возгорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м

## **7.5 Выводы по разделу**

Целью раздела «Социальная ответственность» было рассмотрение характеристики объекта исследования и области его применения, и различных факторов, влияющих на рабочих, и окружающую среду.

В разделе производственная безопасность проведён анализ опасных и вредных факторов, оказывающих негативное действие на рабочего и представлены меры по снижению влияющих вредных факторов.

В разделе экологическая безопасность произведён анализ воздействия объекта окружающую среду и разработаны решения по обеспечению экологической безопасности.

В разделе безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС) рассмотрены возможные ЧС на рабочем месте, выбрана наиболее типичная ЧС для объекта, которой является пожар.

При выполнении раздела было выявлено, что рабочее место соответствует нормативно техническим документам.

## Заключение

При рассмотрении автоматической сварки под флюсом было выявлено, что данный процесс имеет множество достоинств и пользуется актуальностью. При этом сварка под флюсом имеет и недостатки. К этим недостаткам относится затрудненность сварки тонкостенных изделий и чрезмерная текучесть расплавленного металла. Сварка пульсирующей дугой решает эту проблему, так как она позволяет управлять условиями формирования шва.

Из перечисленных способов управления наиболее перспективным способом сварки, позволяющим уменьшить режим сварки, является способ импульсно-фазового управления встречно – параллельно включенными тиристорами, шунтированных резистором для непрерывности протекания тока, сварочной цепи.

Разработанная функциональная схема обеспечивает импульсно-фазовое управление переменным сварочным током, быстроедействие в широком диапазоне длительностей импульсов и пауз сварочного тока. Предложенная схема отличается простотой и высокой надежностью т.к. выключение тиристоров происходит за счет естественной коммутации.

Импульсно-регулируемое сопротивление (ИРС) обеспечивает непрерывность протекания переменного сварочного тока. Введение ИРС во вторичную цепь сварочного трансформатора позволяет перевести его в импульсный режим сварки.

Импульсно-фазовое управление током в обмотке подмагничивания магнитного шунта сварочного трансформатора позволяет создавать пульсирующий ток в сварочной цепи.

Схема ИФУ тиристорами в сварочной цепи переменного тока на базе однопереходного транзистора (ОПТ) отличается простотой, надежностью и обеспечивает возможность импульсного режима сварки.

Схема управления сварочным циклом на базе RS-триггера обеспечивает независимое регулирование тока в импульсе и паузе по величине тока и длительности в широком диапазоне.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был рассчитан бюджет проекта, равный 284000 рублей. При импульсно-фазовом управлении автоматической сваркой под флюсом работу выполняет оператор, а не сварщик, что положительно сказывается на бюджетной эффективности.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, экологическая безопасность и чрезвычайные ситуации. Было выявлено, что рабочее место соответствует нормативно техническим документам. Применение импульсного управления переменным током автоматической сварки под флюсом обеспечивает безопасность рабочего от излучения дуги, повышенной температуры воздуха рабочей зоны, искр и брызг расплавленного металла.

## Список использованных источников

1. Патон, Е. О. Автоматическая сварка под флюсом / Е. О. Патон, В. В. Шеверницкий, Б. И. Медовар, 1948
2. Меркулов Б. А. и др. Технологические особенности сварки пульсирующей дугой под флюсом “Сварочное производство”, 1975, №3
3. Меркулов Б. А. и др. Наплавка порошковыми проволоками “Сварочное производство”, 1972, №12
4. Меркулов Б. А. и др. Технологические особенности сварки пульсирующей дугой под флюсом угловых швов с односторонней разделкой кромок “Сварочное производство”, 1981, №4
5. Меркулов Б. А. и др. Сварка пульсирующей дугой плавящимся электродом стыковых соединений “Сварочное производство”, 1978, №2
6. Меркулов Б. А. и др. Специальные сварочные головки и электронные приборы для сварки пульсирующей дугой.-М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1976
7. Википедия: сайт. – URL: [ru.wikipedia.org/wiki/Фазовое\\_регулирование](http://ru.wikipedia.org/wiki/Фазовое_регулирование) (дата обращения: 15.05.2021). – Текст: электронный.
8. Строй-сервер: сайт. – URL: <http://stroy-server.ru/notes/svarka-pulsiruyushchei-dugoi> (дата обращения: 15.05.2021). – Текст: электронный.
10. Казаков Ю. В. и Славин Г. А. Исследование технологических возможностей импульсной сварки.- “Сварочное производство”, 1966, №2
11. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
12. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования»
13. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

14. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
15. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
16. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»
17. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»
18. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
19. ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия»
20. ГОСТ 12.4.250-2019 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

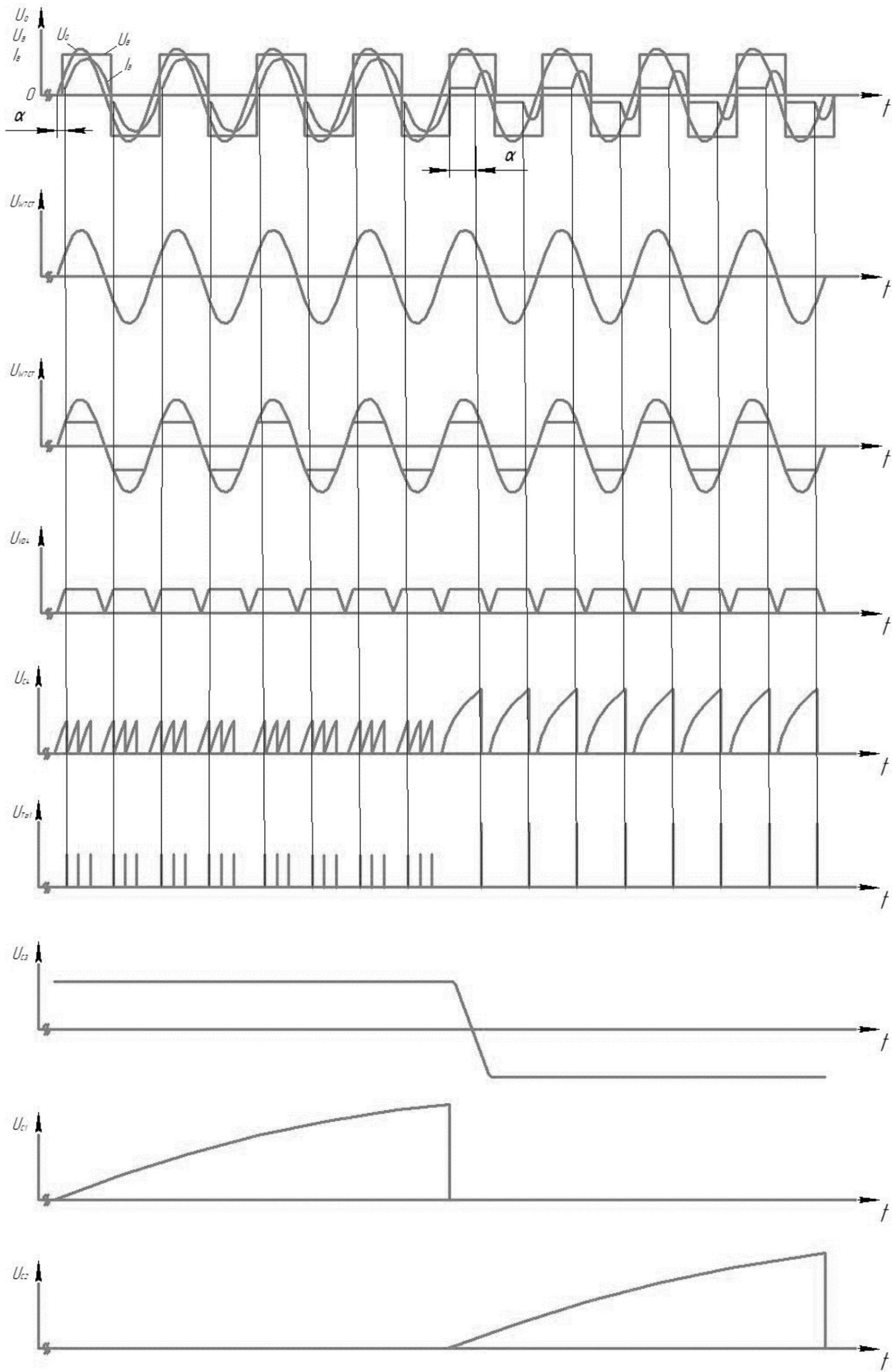
**Приложение А  
(обязательное)**

**Электрическая принципиальная схема импульсного управления  
переменным током**



**Приложение Б  
(обязательное)**

**Эпюры токов и напряжений**



Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Карамов К. В.		
Проб.		Киселев А. С.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.044642.002

Элюры токов и напряжений

Лит.	Масса	Масштаб
------	-------	---------

Лист	Листов	1
------	--------	---

ТПУ ИШНКБ  
Группа 1В71

Формат А3

Копировал