

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**
 Отделение школы **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<i>Исследование стабильности процесса механизированной дуговой сварки покрытыми электродами</i>

УДК 621.791.75.042.4-047.37

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Непомнящий Александр Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.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
Ассистент	Кулагин А.Е.	к.ф.-м.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

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

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

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**
 Отделение школы **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Непомнящий А.С.

Тема работы:

<i>Исследование стабильности процесса автоматической дуговой сварки покрытыми электродами</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.12.2021, №343-10с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исследовать влияние устройства автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну, на стабильность переноса электродного металла. Разработать методику оценки технологических свойств материалов, применяемых для ручной дуговой сварки</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проблемы при ручной дуговой сварке 2. Разбрызгивание при сварке 3. Оценка стабильности технологического процесса сварки 4. Устройство автоматической подачи покрытых электродов 5. Методика проведения эксперимента, материалы и применяемое оборудование 6. Аналоги устройства автоматической подачи покрытых электродов
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Таблицы стабильности переноса металла, гистограммы распределения, схема устройства, схема проведения эксперимента</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1. Литературный обзор</p>	<p>Скрипко С.И., Ассистент ОЭИ</p>
<p>2. Практическая часть</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>3. Ресурсоэффективность, ресурсосбережение и финансовый менеджмент</p>	<p>Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН</p>
<p>4. Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева И.И., старший преподаватель ООД</p>

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

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н		
Ассистент	Скрипко С.И.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Непомнящий А.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Непомнящему Александру Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работ. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

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
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Непомнящий Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1В81		Непомнящему Александру Сергеевичу	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образовани я	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.01 Машиностроение: оборудование и технология сварочного производства

Тема ВКР:

Исследование стабильности процесса механизированной дуговой сварки покрытыми электродами	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> Устройство автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну</p> <p><i>Область применения:</i> Сварочное производство</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 4*7 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Исследовательский-диагностический комплекс быстропротекающих процессов, устройство автоматический подачи покрытых электродов, источник питания для сварки, вытяжка.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль энергетических параметров режима сварки, визуально измерительный контроль образцов, переключение оборудования</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации —	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 28.06.2021) ГОСТ Р МЭК 60974-1-2012 Оборудование для дуговой сварки</p> <p>ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации: —	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общая и локальная вибрация 2. Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания 3. Микроклимат рабочей зоны 4. Шум на рабочей зоне 5. Естественное и искусственное освещение 6. Химические вещества 7. Психофизиологическое воздействие на организм человека <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Факторы, которые могут вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека 2. Механическое повреждение (элементы оборудования) и инструмент 3. Электрическая безопасность 4. Электромагнитные поля

	Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: знаки безопасности, герметизирующие, оградительные, глушители шума, дистанционного управления, предохранительные, заземляющие, средства для вентиляции и очистки воздуха, костюмы защитные, респираторы, сварочные маски, виброизолирующие рукавицы и перчатки, краги, виброизолирующая обувь, защитные очки
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: СЗЗ не требуется Воздействие на литосферу: твердые металлические отходы, утилизация макулатуры, люминесцентных ламп, изношенных средств коллективной и индивидуальной защиты Воздействие на гидросферу: отходы эксплуатационных жидкостей, продукты жизнедеятельности персонала Воздействие на атмосферу: выбросы сварочных аэрозолей, испарение металлов при сварке
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ систем безопасности; короткое замыкание в питающей цепи; выход из строя трансформатора; пожар) Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2022	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Непомнящий Александр Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 11 рис., 29 табл., 20 формул, 21 источник.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, стабильность, разбрызгивание, сталь, автоматизация, покрытые электроды.

Объектом исследования является: стабильность процесса автоматической дуговой сварки покрытыми электродами

Цель работы: Исследование влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов на стабильность технологического процесса сварки (наплавки)

В результате анализа было выяснено, что для испытаний и аттестации оборудования применяемых для сварки необходимо использовать автоматические методы подачи покрытых электродов.

Область применения: машиностроительная, производственная область

Экономическая эффективность заключается в автоматизации процесса сварки, высокой повторяемости и уменьшении разбрызгивания при сварке.

После доработки устройства автоматической подачи покрытых электродов можно предположить, что оно сможет повысить механические свойства наплавленного металла и уменьшить количество дефектов

Оглавление

Введение	13
1 Литературный обзор	15
1.1. Проблемы возникающие при ручной дуговой сварке	15
1.2. Разбрызгивание при сварке	16
1.3 Оценка стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами	17
1.4 Аналоги устройства автоматической подачи покрытых электродов	19
1 Практическая часть	23
2.1 Устройство автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну	23
2.2 Выбор электродов для дуговой сварки покрытыми электродами	24
2.3 Выбор источника питания для сварки	25
2.4 Методика проведения эксперимента, материалы и применяемое оборудование	26
2.5 Определение разбрызгивания при сварке	30
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	32
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	32
3.2 Анализ конкурентных технических решений	33
3.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию	38
3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	38
3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	39
3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	42
3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	42
3.5.2 Расчет амортизационных отчислений	43

3.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы	47
3.5.4	Расчет дополнительной заработной платы	50
3.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды	50
3.5.6	Накладные расходы	51
3.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	52
3.6.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	53
4	Социальная ответственность	56
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
4.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	57
4.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	58
4.2	Производственная безопасность	59
4.2.1	Общая и локальная вибрация	60
4.2.2	Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	61
4.2.3	Микроклимат рабочей зоны	63
4.2.4	Шум на рабочей зоне	65
4.2.5	Естественное и искусственное освещение	66
4.2.6	Химические вещества	67
4.2.7	Психофизиологическое воздействие на организм человека	68
4.2.8	Ожоги (обморожения) тканей организма человека	70
4.2.9	Механическое повреждение (элементы оборудования) и инструмент	70
4.2.10	Электрическая безопасность	71
4.2.11	Электромагнитные поля	72

4.3 Экологическая безопасность	74
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	75
Заключение по разделу «Социальная Ответственность»	77
Заключение	78
Список публикаций студента	79
Список использованных источников	83
Приложение А Полные таблицы параметров стабильности наплавки	86
Приложение Б Гистограммы распределения длительностей коротких замыканий	88
Приложение В Полные таблицы замеров и расчетов для определения разбрызгивания	89
Приложение Г Временные показатели проведения научного исследования	91

Введение

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и пластическом деформировании, также высокопроизводительный, экономически выгодный и механизированный технологический процесс, широко применяемый во всех отраслях машиностроения [1].

Сварочное производство занимает ведущее положение в машиностроении. В настоящее время достигнуты значительные успехи в разработке прогрессивных методов сварки, создании высокоэкономичных сварных конструкций, освоении сварки многих специальных сталей, цветных металлов и их сплавов, и других материалов

Ручная дуговая сварка является наиболее универсальным способом получения неразъемных соединений металлоконструкций различного производственно-технического назначения [2]. До настоящего времени исследования в этой области выполняются вручную, без применения автоматической подачи электродов в зону сварки [3]. Качество получаемых сварных соединений зависит от многих факторов, но особенно сильное влияние оказывает квалификация сварщика. Для получения объективных, достоверных и повторяющихся результатов при проведении исследований в области ручной дуговой сварки необходимо по возможности уменьшать влияние человеческого фактора. Особенно это важно для испытаний оборудования и материалов, применяемых для ручной дуговой сварки, где такое влияние оказывается решающим [4,5].

Цель

Исследование влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов на стабильность процесса дуговой сварки (наплавки) покрытыми электродами

Актуальностью является получение достоверных и повторяющихся результатов в области испытания и аттестации сварочных материалов для ручной дуговой сварки

Задачи:

1. Литературный обзор
 - 1.1 Анализ современного состояния
 - 1.2 Патентный поиск
2. Выбор материалов и оборудования для эксперимента
3. Получение осциллограмм тока и напряжения
4. Определение разбрызгивания и производительности процесса
5. Анализ полученных данных

1 Литературный обзор

1.1 Проблемы возникающие при ручной дуговой сварке

Наиболее распространённой проблемой является квалификация сварщика, в зависимости от уровня мастерства в сварном соединении могут уменьшаться или увеличиваться механические характеристики. В статье [6] приведены исследования влияния уровня квалификации сварщика на механические характеристики, на примере испытания на растяжение. В статье приведена статистика для разного уровня квалификаций сварщика, из приведенной статистики можно выделить общую тенденцию, что чем выше уровень мастерства сварщика, тем выше предел прочности на разрыв, тем больше площадь поперечного сечения шва и тем меньше количество дефектов, в таблице 1 представлена данная статистика.

Таблица 1 – Результаты влияния опыта сварщика на предел прочности на разрыв

Образец	P, kN	A _n , mm ²	A _g , mm ²	N _u , mm ²	N _u / N _e
G1F	140,77	189,65	557,78	252,38	0,39
G2F	152,65	210,73	501,88	304,15	0,47
G3F	175,22	235,67	501,43	346,45	0,54
G4F	257,43	382,50	510,00	504,76	0,78
G5F	287,58	434,30	505,00	569,47	0,88
G1V	126,09	155,87	556,67	226,50	0,35
G2V	135,31	158,10	510,00	265,32	0,41
G3V	157,75	198,07	507,86	310,62	0,48
G4V	265,00	368,55	585,00	452,99	0,70
G5V	253,06	371,25	495,00	511,23	0,79

G1 – группа; F – нижнее; V – вертикальное

Данная тенденция сохраняется для всех пространственных положений сварки.

1.2 Разбрызгивание при сварке

Разбрызгивание — это процесс, сопутствующий при сварке, идеальный процесс сварки должен происходить без разбрызгивания [7, 13-16], но данное утверждение справедливо для сварки в среде защитных газов, а для ручной дуговой сварки невозможно добиться полного исключения брызг, поэтому определение разбрызгивания показывает, насколько процесс производительный. В статье [8] авторами показано, что наименьшее разбрызгивание было на режиме переменного тока, при средней длине дуги и минимальным значением силы тока. Наименьшее разбрызгивание подтвердили опытные сварщики и метод компьютерной оценки для измерения сварочных брызг, на рисунке 1 приведена корреляционная диаграмма между количественной и компьютерной оценкой сварочных брызг

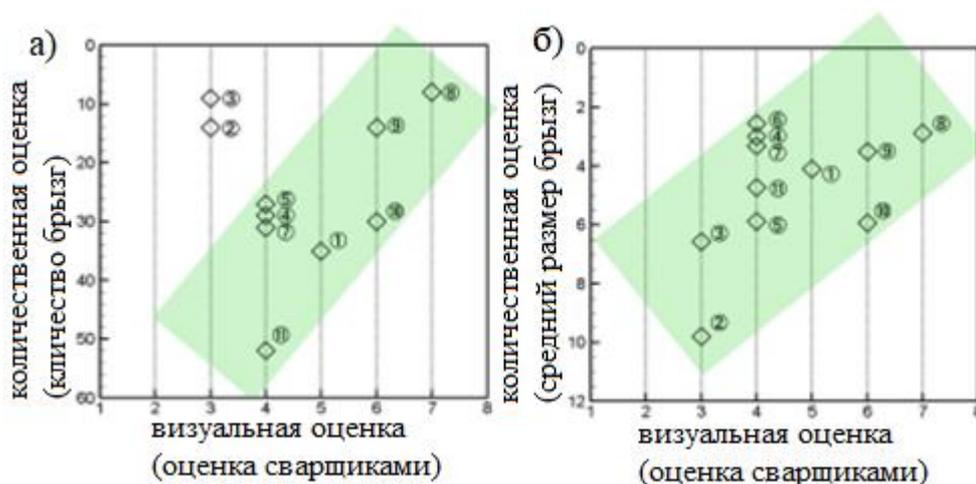


Рисунок 1 – Корреляционные диаграммы

Метод компьютерной оценки для измерения сварочных брызг показывает более точную оценку, по сравнению с опытными сварщиками, поскольку человеку трудно объективно визуально оценить быстротекающие процессы, пример приведен на рисунке 2.

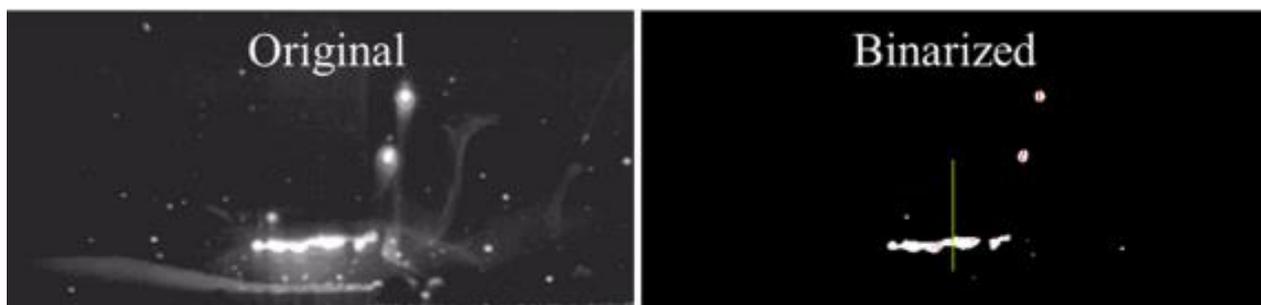


Рисунок 2 – Пример изображений метода компьютерной оценки оценки

1.3 Оценка стабильности процесса дуговой сварки покрытыми электродами

Стабильность процесса сварки – способность того или иного процесса сварки к получению сварных соединений гарантированного качества, с гарантированными механическими свойствами, с высокой повторяемостью результатов.

Стабильность процесса сварки можно оценить несколькими методами, такими как осциллографирование тока и напряжения [9], высокоскоростной видеосъемкой, оценка стабильности пространственного положения дуги [8].

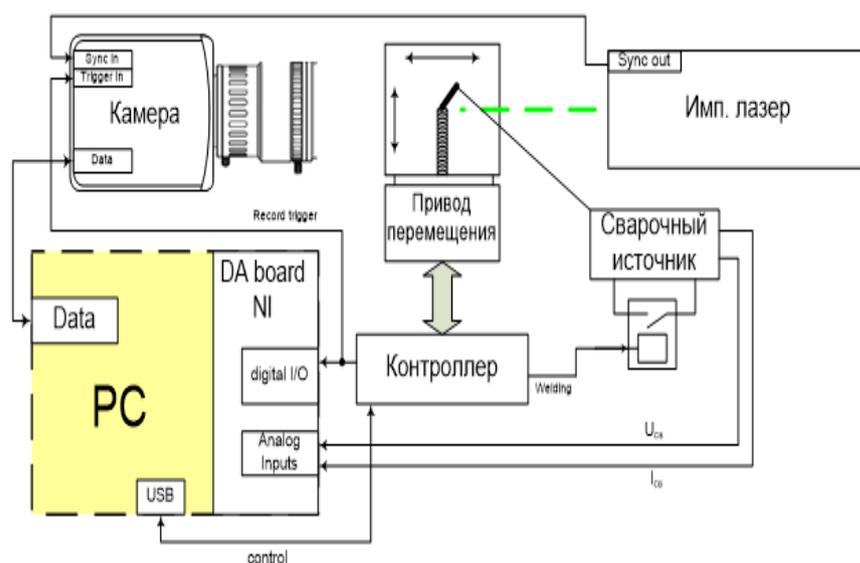
Методом осциллографирования тока и напряжения можно оценить характеристики переноса электродного металла в сварочную ванну. Перенос электродного металла осуществляется в период короткого замыкания, при ручной дуговой сварке обязательно присутствуют короткие замыкания дугового промежутка.

Перенос электродного металла в сварочную ванную – это быстропротекающий процесс, регистрация которого требует соответствующего оборудования, а также разработки специального программного обеспечения для обработки и количественной оценки характеристик переноса металла [10, 17,18].

Для комплексного изучения кинетики протекающих процессов, был использован специализированный исследовательский комплекс [18], позволяющий производить регистрацию процесса плавления и переноса

электродного металла в сварочную ванну при помощи высокоскоростной видеокамеры, при одновременной синхронной регистрации основных электрических параметров, таких как напряжение на электродном промежутке, сварочный ток. На рис. 3 представлены структура (а) и внешний вид исследовательского комплекса (б). Регистрация параметров процесса сварки осуществляется следующим образом. С помощью специального программного обеспечения (ПО) задается алгоритм выполнения сварного соединения (или наплавки), задание передается с персонального компьютера (РС) на контроллер. Контроллер управляет перемещением стола с образцом и запускает процесс наплавки. После задержки 1–2 с с момента начала процесса наплавки контроллер подает сигнал (Trigger) на начало записи на высокоскоростную видеокамеру и плату сбора данных, записывающую электрические параметры (ток, напряжение). Каждый кадр высокоскоростной видеозаписи, посредством блока синхронизации, синхронизируется с импульсами лазера, обеспечивающего подсветку изучаемого объекта. Кроме того, импульсы синхронизации обеспечивают постановку меток на осциллограммах тока и напряжения для точного совмещения осциллограмм с кадрами видеозаписи.

Остановка записи производится по сигналу от контроллера. Комплекс подразумевает использование инфракрасной тепловизионной камеры для записи тепловых полей в процессе наплавки (сварки). Расшифровка термограмм позволяет получить информацию о кинетике распространения тепла, скорости остывания сварочной ванны и зоны термического влияния, размерах сварочной ванны и ЗТВ, изменении их температуры во времени. Важным звеном в разработанном комплексе является роботизированная сварочная платформа, которая обеспечивает в процессе исследований автоматическое перемещение свариваемого образца по одной из выбираемых траекторий перемещения.



а

б

Рисунок 3 – Исследовательский комплекс быстропротекающих процессов

Стабильность процесса переноса электродного металла оценивается по средней длительности коротких замыканий, периодичности появления коротких замыканий, частоте переноса электродного металла, коэффициентам вариации длительности коротких замыканий и периодичности коротких замыканий.

1.4 Аналоги устройства автоматической подачи покрытых электродов

В статье [11] представлено устройство, основанное на передаче винт-гайки и сервомоторе, на рисунке 4 представлена схема такого устройства.

На рисунке 5 представлена фотография экспериментальной установки, на базе схемы (рисунок 4). Как показано, сварочная цепь включает в себя контроллер на базе ПК, сварочный робот с серводвигателем, датчик тока и источник питания для сварки. Во время сварки фактический сварочный ток измеряется датчиком тока, преобразуется в цифровой сигнал аналого-цифровым преобразователем и подается на контроллер на базе ПК в качестве сигнала обратной связи.

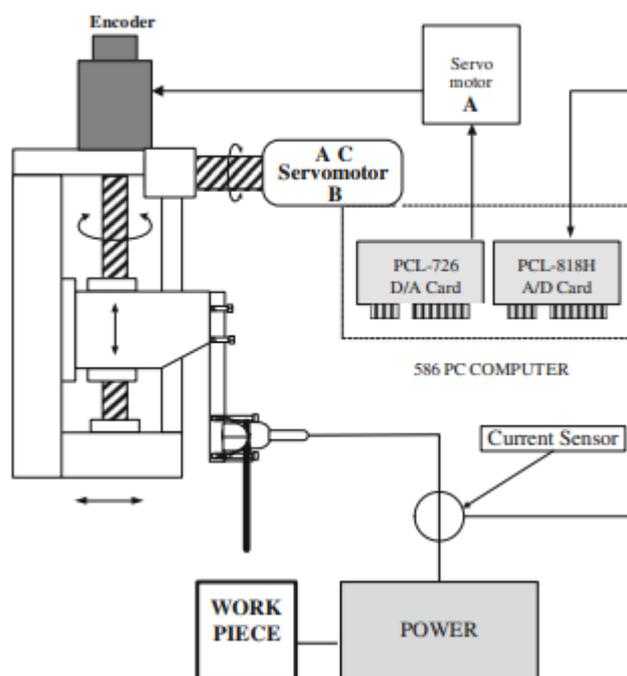


Рисунок 4 – Схема автоматической сварки покрытыми электродами



Рисунок 5 – Фотография экспериментальной установки

Алгоритм управления динамической системой обрабатывает сигнал обратной связи и выводит соответствующий управляющий сигнал через цифро-аналоговый преобразователь и усилитель на входную клемму серводвигателя переменного тока (обозначен буквой А на рис. 4), который затем соответствующим образом регулирует скорость подачи электрода. В текущей экспериментальной установке сварочный ток измеряется с помощью датчика тока на эффекте Холла LEM HAS 200 SI с пиковым током и среднеквадратичным номинальным напряжением 200 А и 50 В

соответственно. Величина сварочного тока установлена на 80 А, и сварка выполнялась с использованием электрода Е4313 с диаметром стержня 2,6 мм. Во время сварки электрод удерживается в вертикальном положении относительно траектории сварки и приводится в действие вторым серводвигателем переменного тока (обозначен буквой В на рис. 4).

К недостаткам данного устройства можно отнести:

Отсутствие прижимных конструкций на покрытый электрод, что дает определенную степень свободы покрытому электроду. Из-за недостаточной жесткости конструкции, во время сварки электрод может начать дергаться и нарушить стабильность процесса сварки. В устройстве автоматической подачи покрытых электродов использовано направляющее устройство, конструкция которого исключает касание электрода стенок корпуса и самоцентрирует его относительно выходного отверстия независимо от диаметра покрытия. Применённые в устройстве керамические подшипники выдерживают высокие температуры, не требуют смазки и как следствие не загрязняют поверхность покрытия электрода.

Отсутствие концевых выключателей может привести к деформации резьбы и выхода из строя всего механизма. В предлагаемом устройстве конструкцией реализованы концевые выключатели, которые исключают избыточные напряжения в резьбе и продлевают срок службы механизма

В статье [8] представлен аналог автоматической подачи покрытых электродов, на рисунке 6 представлена принципиальная схема экспериментальной установки.

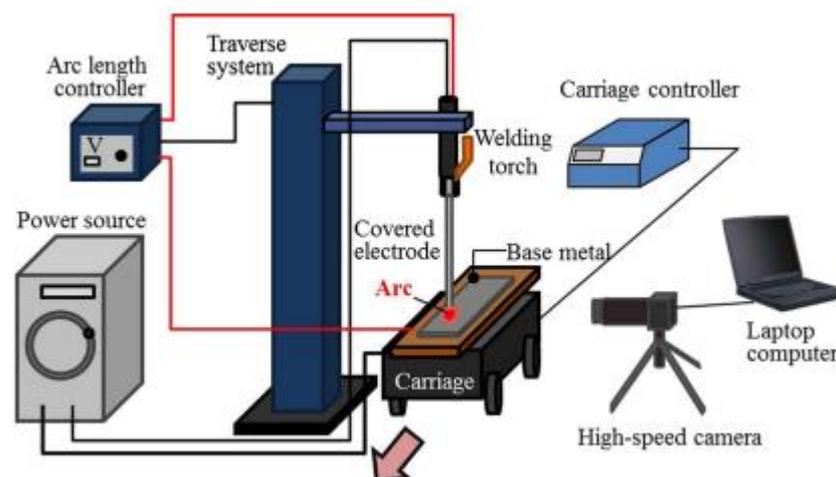


Рисунок 6 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Установка состоит из сварочной горелки, источника питания, каретки, траверсной системы и системы регистрации с высокоскоростной цифровой видеокамерой. Каретка, соединенная с регулятором скорости, перемещает изделие с фиксированной скоростью. Система перемещения автоматически регулирует длину дуги, чтобы поддерживать постоянное напряжение между покрытым электродом и основным металлом. Камера была установлена перпендикулярно направлению сварки. Расстояние между камерой и дугой было установлено равным 440 мм. Частота кадров была зафиксирована на уровне 2000 кадров в секунду. Время экспозиции составляло 497,5 мкс. Скорость сварки была зафиксирована на уровне 30 см/мин. Диаметр электрода составлял 4 мм.

В данной установке длина дуги поддерживается постоянно, с помощью системы перемещения электрода, вероятно авторы статьи экспериментально определили скорость подачи электрода, чтобы длина дуги была постоянной, это можно отнести к недостаткам этой системы, поскольку подбирать скорость вручную процесс долгий и снижает производительность.

1 Практическая часть

2.1 Устройство автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну

Для проведения экспериментов использовали устройство автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну разработанное сотрудниками ОЭИ ТПУ, которое обеспечивает функции контактного зажигания и гашения дуги удлинением, а также регулировку и стабилизацию средней длины межэлектродного промежутка в процессе её горения. Особенностью разработанного устройства является перемещение электрода вдоль его оси, в следствии чего пространственные координаты торца электрода в процессе сварки не изменяются, что позволяет осуществлять видеосъемку процесса плавления электрода.

В состав устройства (Рис 7) входят следующие компоненты: электрододержатель (а); корпус (б), направляющее устройство (в), сервопривод (г), ходовой винт (д), а также не показанный на рисунке блок управления.

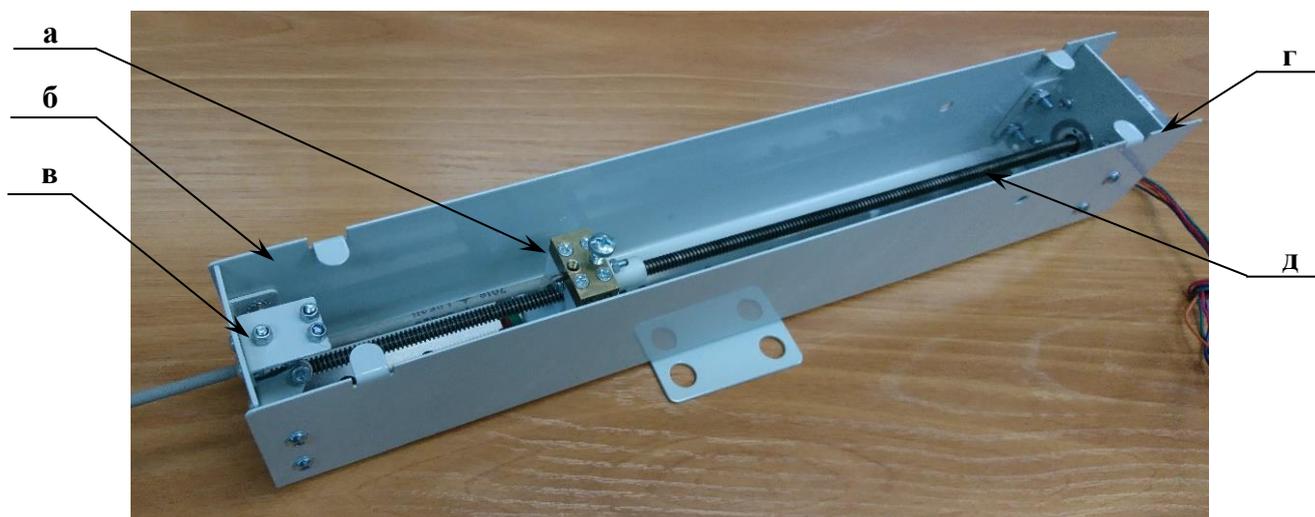


Рисунок 7 – Внутреннее устройство блока подачи покрытых электродов.

Блок управления посредством измерения падения напряжения на межэлектродном промежутке распознает его состояние (холостой ход, горение дуги, короткое замыкание) и в соответствии с командами оператора осуществляет управление двигателем сервопривода. Стабилизация средней

длины межэлектродного промежутка в процессе горения дуги производится путем сравнения заданной величины среднего напряжения горения дуги с фактическим, полученная разница поступает на вход ПИД-регулятора, выходной сигнал которого определяет скорость и направление вращения двигателя сервопривода.

С целью выявления преимуществ и недостатков данного устройства были произведены экспериментальные исследования, результаты которых сравнивали с данными, полученными для аналогичных условий при ручной подаче покрытых электродов в сварочную ванну.

2.2 Выбор электродов для дуговой сварки покрытыми электродами

Для сварки (наплавки) металлоконструкций должны применяться электроды диаметром 1,6 - 12 мм. Диаметр в свою очередь определяется в зависимости от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве. Для сравнения влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов в сварочную ванну были выбраны электроды с рутилово-целлюлозным (ОК 46.00) и основным типом покрытия (ОК 53.70). Рутилово-целлюлозное покрытие обеспечивает легкое зажигание электрода, также рутилово-целлюлозное покрытие позволяет более точно определить разбрызгивание при сварке, поскольку такое покрытие обеспечивает плавное плавление и перенос электродного металла мелкими и средними каплями. Также в процессе сварки невозможно вести электрод методом опирания торца электрода на основной металл, то есть необходимо постоянно поддерживать оптимальную длину дуги, что вносит негативный фактор на стабильность процесса сварки. Основным типом покрытия электродов был выбран поскольку в процессе горения дуги, содержащийся плавиковый шпат CaF_2 , распадается на Ca и F . После распада плавикового шпата фтор реагирует с ионами водорода образуя фтористый водород и плавиковую кислоту, которые не переходят в

сварочную ванну, а уходят в атмосферу. Такие соединения получаются более качественными и способны работать при низких температурах, в условиях динамических и статических нагрузках.

2.3 Выбор источника питания для сварки

Основное требование к сварному соединению - его качество, то есть источник питания должен обеспечивать необходимый процесс сварки и обладать высокими технологическими показателями.

Технологические показатели источника питания определяют его возможность обеспечивать необходимые характеристики процесса. Это определяется статическими и динамическими характеристиками источника и нелинейного участка цепи (дуги, сварочная ванна).

Статические свойства источника определяются внешней вольтамперной характеристикой и соответствием ее статической вольтамперной характеристике дуги. Для ручной дуговой сварки (наплавки) необходимо использовать источник питания с крутопадающей ВАХ.

Динамические свойства влияют на протекание переходных процессов, при коротких замыканиях. Поскольку интервал горения дуги не постоянен во времени, то в сглаживающем дросселе запасается разное количество энергии, которая в последствии идет на плавление электродного металла.

С целью уменьшения влияния источника питания на процесс сварки был выбран классический выпрямитель ВД – 306, который не имеет высокого быстродействия, но способен обеспечить необходимые статические и динамические свойства.

2.4 Методика проведения эксперимента, материалы и применяемое оборудование

Схема проведения экспериментальных исследований представлена рисунке 5а. Наплавку ниточных валиков покрытыми электродами диаметром 3 мм и 3,2 мм (марки ОК46.00 и ОК53.70 соответственно) осуществляли в нижнем положении дугой обратной полярности (электрод являлся анодом) на пластину толщиной 13 мм из стали 09Г2С. Питание сварочной цепи производили от стандартного трехфазного сварочного выпрямителя (ВД–306Э). Угол наклона электрода к детали θ составлял 70° , величина межэлектродного расстояния выдерживалась минимально возможной для обоих способов подачи электрода. Скорость сварки равнялась 180 мм/мин и поддерживалась постоянной с помощью специального механизма перемещения изделия. После зажигания дуги и стабилизации процесса наплавки осуществляли регистрацию величины тока в сварочной цепи и напряжения на межэлектродном промежутке в течение 10с с помощью исследовательского-диагностического комплекса.

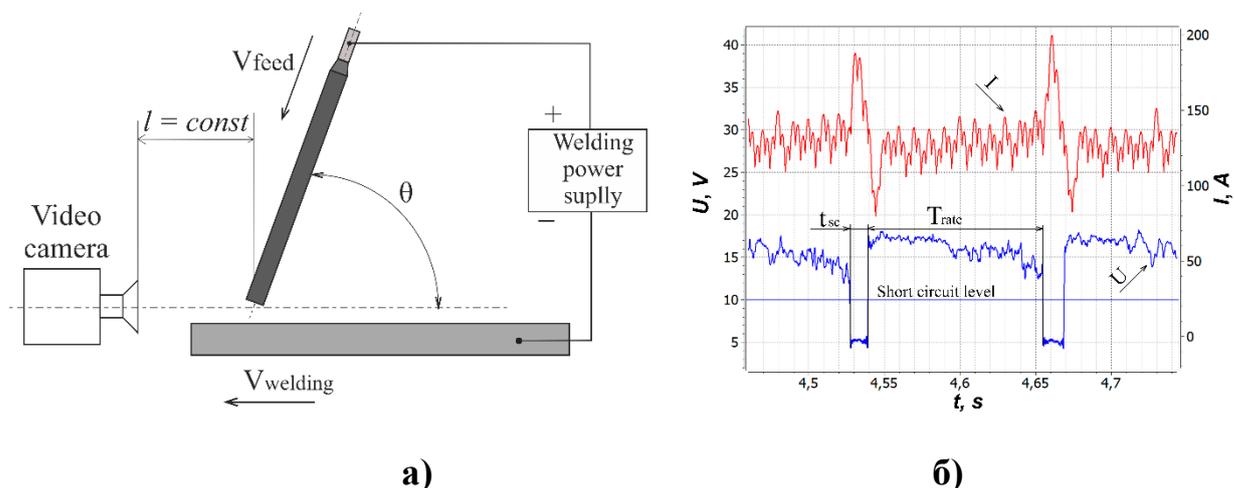


Рисунок 8 – Схема проведения эксперимента и осциллограмма сварочного тока и напряжения дуги при механизированной подаче электрода ОК46.00.

Полученные осциллограммы (рис. 8б) анализировали по критериям характеризующим стабильность процесса сварки: U_{rms} – среднеквадратичное

напряжение на межэлектродном промежутке, I_{rms} – среднеквадратичное значение сварочного тока, N_{sc} – количество коротких замыканий за период регистрации, $t_{sc.mean}$ – средняя длительность коротких замыканий, $t_{sc.srd}$ – коэффициент вариации длительностей коротких замыканий, $T_{sc.mean}$ – среднее значение длительность периода между короткими замыканиями, $T_{sc.srd}$ – коэффициент вариации длительность периода между короткими замыканиями.

Средние результаты анализа осциллограмм для процесса наплавки электродами ОК46.00, ОК 53.70 представлены в таблицах 2-3, полные таблицы результатов приведены в приложении А.

Таблица 2 – Средние параметры стабильности процесса наплавки электродами ОК 46.00, с учетом всех коротких замыканий

Способ подачи электрода	U_{rms} , V	I_{rms} , A	N_{sc}	$t_{sc.mean}$, ms	$t_{sc.srd}$	$T_{sc.mean}$, ms	$T_{sc.srd}$
Автоматический	24,85	94,81	145	2,92	0,52	68,6	0,71
Ручной	22,4	97	200	3,57	0,65	48,6	0,66

Таблица 3 – Средние параметры стабильности процесса наплавки электродами ОК 53.70

Способ подачи электрода	U_{rms} , V	I_{rms} , A	N_{sc}	$t_{sc.mean}$, ms	$t_{sc.srd}$	$T_{sc.mean}$, ms	$T_{sc.srd}$
Автоматический	24,8	105	58	4,38	0,55	164,4	0,765
Ручной	22,7	105	86	5,07	0,55	112,6	0,616

Анализ экспериментальных данных показал, что при использовании устройства автоматической подачи покрытых электродов можно выделить несколько общих тенденций:

1. Среднее напряжение на межэлектродном промежутке при автоматической подаче выше, чем при ручной подаче.
2. При автоматической подаче уменьшается средняя длительность коротких замыканий и количество коротких замыканий.

3. Средняя длительность периода между короткими замыканиями при автоматической подаче больше, чем при ручной подаче.

Повышенное напряжение на электродном промежутке влияет на показатели стабильности процесса переноса электродного металла, так например при автоматической подаче электрода горит более длинная дуга, поэтому уменьшается количество коротких замыканий, так как капля электродного металла переходит преимущественно под действием собственного веса, что в свою очередь уменьшает среднюю длительность КЗ, но увеличивает периодичность появления КЗ. В случае с электродами рутилово-целлюлозного покрытия (ОК 46.00) было выявлено, что уменьшается стандартное отклонение по длительности КЗ, что приводит к уменьшению коэффициента вариации по длительности коротких замыканий и сужению области нормального распределения и соответствует более стабильному процессу переноса электродного металла, что так же подтверждается гистограммами распределения коротких замыканий приложение Б. Но увеличивается периодичность появления КЗ и коэффициент вариации периодичности появления КЗ.

При использовании электродов с основным типом покрытия (ОК 53.70) уменьшается средняя длительность коротких замыканий и пропорционально уменьшается стандартное отклонение, из-за чего коэффициент вариации остается таким же, как и в случае с ручной подачей покрытых электродов

Из приложения А видно, что при автоматической подаче покрытых электродов, разброс средних значений тока и напряжения лежит в пределах 3,9%, а в случае с ручной подачей 8,6%.

Использование устройства автоматической подачи покрытых электродов вместо сварщика приводит к повышению повторяемости, точности и качества формирования наплавленного металла, рисунок 9.



а)



б)

Рисунок 9 – Пример формирования наплавленного металла (а – автоматическая подача, б – ручная подача)

При помощи устройства автоматической подачи покрытых электродов реально достигнуть более точного исследования оборудования и материалов, применяемых для сварки покрытыми электродами, однако для подтверждения этого необходимо доработать блок управления устройства. Можно предположить, что применение устройства позволит повысить механические свойства металла шва. Однако для проверки этого предположения необходимо провести дополнительные исследования.

2.5 Определение разбрызгивания при сварке

Для точного определения разбрызгивания необходимо выполнить пункты:

1. Зачистить пластину.
2. Взвесить пластину с точностью до 1 г.
3. Определить массу металлического стержня электрода по формуле:

$$q_{ст} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \gamma \cdot l, \quad (1)$$

где d – диаметр стержня;

γ – плотность;

l – длина электрода.

4. Подобрать на вспомогательной пластине действительную силу сварочного тока, немаркированным электродом.
5. При установленной силе сварочного тока наплавить на пластину валик электродом типа Э38, оставляя огарки длиной не более 40 мм. Зафиксировать точное время горения дуги и силу тока.
6. Подсчитать массу огарка по формуле
7. Охладить пробу с наплавленным валиком, удалить шлак и брызги.
8. Взвесить пробу с наплавленным валиком.
9. Определить коэффициенты расплавления и наплавки по следующим формулам:

$$\alpha_p = G_p \cdot 3600 / I_{св} \cdot t, \quad (2)$$

$$G_p = q_{ст} - q_{ог}, \quad (3)$$

$$\alpha_n = G_n \cdot 3600 / I_{св} \cdot t, \quad (4)$$

11. Определить теоретическую производительность, кг/ч,

$$G = \alpha_n \cdot I_{св} / 1000, \quad (5)$$

12. Определить коэффициент потерь

$$\Psi = \frac{\alpha_p - \alpha_n}{\alpha_p} \cdot 100\%, \quad (6)$$

Данные по результатам замеров и результатам расчетов приведены в таблицах 4-5, полные таблицы по результатам замеров и расчетов приведены в приложении В

Таблица 4 – Средние результаты замеров для определения разбрызгивания

Марка электрода	Способ подачи	Масса металлического стержня		Режим сварки	
		До наплавки	После наплавки	Сила тока, А	Время горения дуги, с
ОК-46.00	Ручная подача	18,84	9,774	93	35,5
	Автоматическая подача	18,84	9,706	93	37,08
ОК-53.70	Ручная подача	22,48	10,15	102	43,82
	Автоматическая подача	22,48	12,14	102	38

Таблица 5 – Средние результаты расчетов для определения разбрызгивания

Марка электродов	Способ подачи	Масса, г		Коэффициенты			Производительность, кг/ч
		Расплавленного металла	Наплавленного металла	Расплавления, г А/ч	Наплавки, г А/ч	Потерь, %	
ОК-46.00	Ручная	9,17	8,56	9,77	9,12	6,64	0,848
	Автоматическая	8,99	8,48	9,39	8,74	6,66	0,822
ОК-53.70	Ручная	12,324	11,948	9,933	9,584	3,95	0,9775
	Автоматическая	10,335	10,064	9,601	9,348	2,63	0,9534

Из таблиц 4-5 можно сделать вывод, что при использовании автоматической подачи покрытых электродов и электродов с основным типом покрытия (ОК 53.70) уменьшается процент потерь на угар и разбрызгивание с 3,95% (при ручной подаче) до 2,63% (при автоматической)

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Сущность научно-исследовательской работы заключается в исследовании влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов на стабильность процесса сварки и потерь на угар и разбрызгивания. Были получены экспериментальные данные по осциллографированию и расчет потерь на угар и разбрызгивание.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

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

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Область применения испытания и аттестации материалов и оборудования, применяемых в сварке, а также автоматизация процесса сварки, наплавки.

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Исследование стабильности процесса автоматической дуговой сварки покрытыми электродами» являются предприятия по испытанию и аттестации материалов и оборудования, применяемых в сварке, а также автоматизация процесса сварки, наплавки.

Примером предприятия потребителя является компания ООО Судиславский завод сварочных материалов

3.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 6.

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

По таблице 6 видно, что автоматическая подача покрытых электродов может конкурировать с ручной дуговой и механизированной в среде защитного газа сваркой.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Качество сварного соединения	0,2	5	4	4	1	0,4	0,4
2. Производительность труда	0,1	4	4	4	0,5	0,8	0,6
3. Нетребовательность к квалификации сварщика	0,1	5	2	2	1	0,8	0,8
4. Универсальность метода	0,15	4	5	3	0,6	0,3	0,45
5. Безопасность метода	0,15	5	3	3	0,75	0,6	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	4	3	1	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,5	0,5	1
Итого	1	34	28	25	4,75	3,4	4.35

Где Б_Е – автоматическая подача покрытых электродов;

Б_И – ручная подача покрытых электродов;

Б_В – механизированная сварка в среде защитных газов.

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

3.3 SWOT-анализ

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

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

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

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

На первом этапе SWOT анализа в таблице 7 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 7 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С2. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>С3. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С4. Нетребовательность к квалификации сварщика.</p>	<p>В1. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В2. Публикации о проекте в тематических журналах.</p> <p>В3. Нетребовательность к квалификации сварщика позволяет легче приспособить данный метод к использованию в других странах.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие производства данного сварочного оборудования;</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Внедрение в производство конкурирующих способов сварки;</p> <p>У3. Нехватка финансирования;</p>

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые

имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 8.1 – 8.2

Таблица 8.1 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

Таблица 8.2 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

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

Самой большой угрозой для проекта является консерватизм предприятий и замена конкурирующими методами.

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

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 9.

Таблица 9 - Итоговая матрица SWOT-анализа

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

3.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

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

3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (7)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (8)$$

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

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

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

3.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (9)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

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

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ приложение Г был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 11 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме.

Таблица 11 - Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	Т _{ки} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1														
2	Составление и утверждение плана работ	НР, Ас	1														
4	Выбор направления исследования	Ст, Ас	2														
5	Календарное планирование работ	Ст, НР	2														
6	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	16														
7	Проведение экспериментов	Ст, Ас	13														
8	Обработка полученных экспериментальных данных	Ст	9														
9	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Ст, НР	4														
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5														
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1														
12	Оформление ВКР	Ст	5														

 – научный руководитель;  – студент.

Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты;
2. Амортизационные отчисления;
3. Заработная плата исполнителей;
4. Отчисления во внебюджетные фонды;
5. Накладные расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (10)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Офисная бумага, упаковка 500 листов	Шт.	480	1	480
Ручка	Шт.	25	4	100
Тетрадь, 48 листов	Шт.	50	1	50
Картридж для принтера	Шт.	750	1	750
Электроды ОК 46.00	кг	476	2,5	1190
Электроды ОК 53.70	кг	1425	2,5	3562,5
Нарезанные заготовки из листового проката Ст3	кг	102	50	5100
Итого		11232,5		
Итого с учетом транспортно-заготовительных расходов (10%)		12355,75		

3.5.2 Расчет амортизационных отчислений

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

- Персональный компьютер, первоначальная стоимость которого составляла 90000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Принтер, первоначальная стоимость которого 20000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;

–Источник питания для сварки ВД-306Э, стоимость которого 250000 рублей.

Срок полезного использования от 10 до 12 лет;

– Угловая шлифовальная машина, стоимость которой 7000 рублей.

Срок полезного использования от 5 до 6 лет.

– Исследовательский-диагностический комплекс, стоимость которого 2000000 рублей

Срок полезного использования от 10 до 15 лет.

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

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%; \quad (11)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования для сварочного источника питания ВД-306Э 12 лет, для угловой шлифовальной машины 6 лет, для исследовательского-диагностического комплекса 12 лет, а для принтера и компьютера равным 4 годам, то нормы амортизации, при подсчете по формуле

(35) будут равны 8% для источника питания и исследовательского диагностического комплекса, 17% для угловой шлифовальной машины, 25% для компьютера и принтера.

Рассчитываем годовые амортизационные отчисления для используемого оборудования:

$$A_{\text{год (источник питания)}} = 250000 \cdot 0,08 = 20000 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{год (УШМ)}} = 7000 \cdot 0,17 = 1190 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{год (Исследовательский-диагностический комплекс)}} = 2000000 \cdot 0,08 = 160000 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{год (компьютер)}} = 90000 \cdot 0,25 = 22500 \text{ рублей};$$

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

Тогда ежемесячные амортизационные отчисления составят 1667 рублей для источника питания, для исследовательского диагностического комплекса 13334 рублей, 99 рублей для угловой шлифовальной машины, 1875 рублей для компьютера и 417 рублей для принтера.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалификационной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на количество месяцев, отведенных на написание работы. Полученные результаты вычислений представлены в таблице 13.

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

Таблица 13 – Расчет амортизационных отчислений для оборудования, применяемого в научно-технической работе

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления за период выполнения ВКР руб.	Общая стоимость оборудования с учетом амортизационных отчислений, руб.
Компьютер	1	90	25	9375	99375
Принтер	1	20	25	2085	22085
Шлифовальная машина	1	7	17	495	7495
Исследовательский-диагностический комплекс	1	2000	8	66670	2066670
Источник питания	1	260	8	8335	268335
Итого 2463960					
Итого с учетом затрат по доставке и монтажу (15%) 2833554					

Таким образом, если приобрести все необходимое для реализации выпускной квалификационной работы оборудование, то общая сумма затрат на оборудование, доставку, монтаж и амортизационные отчисления составит 2833554 рублей.

3.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	3	2			4	4	6
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	12	13	16	2			24	26	32
7.	Создание процесса измерения толщины термоизоляционных материалов	Ст, НР	11	14	15	5,1			56,1	71,4	76,5
8.	Разработка методики	Ст	7	7	9	2			14	14	18
9.	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4	5	5	2			8	10	10
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5	5	5	2			10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1	2	2	2			2	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	5	6	7	2			10	12	14
Итого									156,7	185,1	207,3

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (12)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (13)$$

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.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	480	720
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p. \quad (14)$$

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

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

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

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

Тарифная заработная плата Z_{tc} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $Tc_1 = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

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

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 16

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Разряд	к _Т	З _{тс} , руб.	к _п р	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	17	63434,77
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	52	97344
Итого										160778,77

3.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

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

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (15)$$

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

3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (16)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

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

3.5.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

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

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

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

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

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

3.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	12355,75	12355,75	14421,1	Пункт 3.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2833554	2833554	3200000	Пункт 3.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	156700	185100	207300	Пункт 3.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24116,81	28602,09	31967,93	Пункт 3.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55838,46	66223,37	74016,41	Пункт 3.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют

8. Накладные расходы	49709,48	57140,71	63266,93	Пункт 3.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	3132274,5	3182975,9	3590972,4	

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

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

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

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

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{3132274,5}{3590972,4} = 0,872,$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{3182975,9}{3590972,4} = 0,886,$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{3590972,4}{3590972,4} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i, \quad (19)$$

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

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

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 3,9;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,25.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,7}{0,872} = 5,39;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,9}{0,886} = 4,40;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{4,25}{1} = 4,25.$$

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

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}. \quad (20)$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,872	0,886	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,9	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	5,39	4,40	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,816	0,788

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.

4 Социальная ответственность

Введение

Сущность научно-исследовательской работы заключается в исследовании влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов на стабильность процесса сварки и потерь на угар и разбрызгивания. Были получены экспериментальные данные по осциллографированию и расчет потерь на угар и разбрызгивание

Область применения испытания и аттестации материалов и оборудования, применяемых в сварке, а также автоматизация процесса сварки, наплавки.

Исследования проводились в институте физики прочности и материаловедения СО РАН, в лаборатории контроля качества материалов и конструкций. Рабочее место – это специальное лабораторное помещение, оснащенное сварочным постом и вытяжкой.

Для выявления влияния устройства автоматической подачи покрытых электродов проводятся опыты (эксперименты) на исследовательской установке, которая включает в себя: Источник питания для сварки, исследовательский-диагностический комплекс быстропротекающих процессов, устройство автоматической подачи покрытых электродов, компьютер

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

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

- Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- Получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счёт средств работодателя;
- Обучение безопасным методам и приёмам труда за счёт средств работодателя;
- Личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- Внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы

(должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

– Гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

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

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

– Не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции;

– Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надёжность защиты;

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

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

– Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м и тд.

4.2 Производственная безопасность

Для всех методов дуговой сварки плавлением в той или иной степени существует возможность опасных и вредных воздействий на сварщика в связи с факторами, отображёнными в ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Данные факторы приведены в таблице 1.

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте

п/п	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
	Производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуются: повышенным уровнем общей и локальной вибрации	ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка воздействия на человека.
	Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.	ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции;	СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
	Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуются: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума.	ГОСТ ISO 9612:2016 Акустика. Измерение шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах.
	Производственные факторы, связанные со световой средой: отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений, повышенная яркость света.	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.

Продолжение таблицы 21

	Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (токсические жидкости, предназначенные для обезжиривания поверхности металла, травления поверхности металла, газ - аргон), представляют из себя физические объекты (или их составные компоненты) живой и неживой природы, находящиеся в определенном физическом состоянии и обладающие такими химическими свойствами, которые при взаимодействии с организмом человека в рамках биохимических процессов его функционирования приводят к повреждению целостности тканей организма и (или) нарушению его нормального функционирования.	ГОСТ 32423-2013 классификация опасности смесевой химической продукции по воздействию на организм
	Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, такие как физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.	СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы «гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
	Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека;	ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
	Факторы, связанные с неподвижными режущими, колющими, обдирающими, разрывающими (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) частями твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ними;	ГОСТ Р 56906-2016 Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства
0	Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
1	Факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

4.2.1 Общая и локальная вибрация

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

нарушениям.

Уменьшить влияние вибрации можно несколькими способами, согласно ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003):

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

4.2.2 Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания

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

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

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

Наиболее опасны для здоровья сварщиков аэрозоли марганца, так как отравление марганцем может вызвать длительное и стойкое поражение центральной нервной системы вплоть до параличей. Острые отравление параамицинка и свинца могут вызвать литейную лихорадку, а отравление хромовым ангидридом – бронхиальную астму. Длительное отложение пыли в легких может вызвать пневмокониозы.

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

Существуют строгие требования в области вентиляции при сварочных работах, согласно ГОСТ 12.1.005-88.. Для улавливания сварочного аэрозоля на стационарных постах, а где это возможно, и на не стационарных нужно устанавливать местные отсосы в виде вытяжного шкафа, вертикальной или наклонной панели равномерного всасывания, стола с подрешеточным отсосом и др. При сварке крупногабаритных серийных конструкций на кондукторах, манипуляторах и т.п. местные отсосы необходимо встраивать непосредственно в эти приспособления. При автоматической сварке под флюсом, в защитных газах, электрошлаковой сварке применяют устройства с местным отсосом газов.

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

При работе на нестационарных сварочных постах в замкнутых и полузамкнутых пространствах (отсеках) следует применять местные отсасывающие устройства типа эжекторов, высоковакуумных установок с обеспечением объема удаляемого воздуха от одного сварочного поста 400 – 500 м³/ч, но не менее 100 – 150 м³/ч, что обеспечивает допустимый уровень загрязненности воздуха.

4.2.3 Микроклимат рабочей зоны

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-ми часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и обеспечивают высокую работоспособность, согласно СанПиН 1.2.3685-21 2.2.4.

Показателями, характеризующими микроклимат на рабочих местах в производственных помещениях, являются:

- а) температура воздуха;
- б) температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств, а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- в) относительная влажность воздуха;
- г) скорость движения воздуха;
- д) интенсивность теплового облучения

Категория тяжести труда в лаборатории относится к категории Па работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения. В таблице 2 приведены допустимые параметры микроклимата.

Таблица 22 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях, для IIa категории тяжести

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

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

4.2.4 Шум на рабочей зоне

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление, согласно ГОСТ ISO 961202016.

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

Уменьшить влияние данного фактора возможно путём:

- Изоляции источника шумов (установка в помещении звукопоглощающих конструкций и экранов);
- Применения глушителей аэродинамического шума, звукопоглощающих облицовок в газовоздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха;
- Применения индивидуальных средств защиты от шума (наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука).

4.2.5 Естественное и искусственное освещение

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

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

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Щитки изготавливают из изоляционного металла – фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 12.4.254-2013).

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

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих, работающих сварщиков и вспомогательных рабочих должны применяться переносные щиты и ширмы, согласно СП 52.13330.2016.

4.2.6 Химические вещества

Сварочная химия может значительно облегчить работу сварщика, улучшить качество сварки и увеличить эксплуатационный срок непосредственно самого оборудования. Именно поэтому при выполнении сварочных работ используются специальные химические средства, согласно ГОСТ 32423-2013.

Во время механической обработки заготовки из высоколегированной стали на поверхность основного металла могут проникать частицы, искры, небольшое количество стёртого металла с режущего инструмента, различные масла и смазки, используемые в процессе металлообработки. Все эти факторы ослабляют устойчивость детали к коррозии, делают более восприимчивой её к негативным факторам внешней среды. В результате чего верхний слой поверхности металлов разрушается от действия этих факторов и может возникнуть коррозия.

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

4.2.7 Психофизиологическое воздействие на организм человека

Как любой другой вредный фактор, физические перегрузки при продолжительном воздействии на организм работника могут привести к возникновению и развитию профессиональных заболеваний, согласно СанПиН 1.2.3685-21.

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

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

медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры, в части факторов, связанных с тяжестью трудового процесса, относятся (п. 5.1 Перечня, утв. Приказом Минтруда России N 988н, Минздрава России N 1420н от 31.12.2020:

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

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

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

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

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

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

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

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

В соответствии МР 2.2.9.2311-07:

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

При пятидневной рабочей неделе и 8-ми часовой смене продолжительность обеденного перерыва составляет 30 мин, а регламентированные перерывы рекомендуется устанавливать через 2 ч от

начала рабочей смены и через 2 ч после обеденного перерыва продолжительностью 5-7 мин каждый. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений, включая упражнения для глаз, в первой половине смены, а в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях.

4.2.8 Ожоги (обморожения) тканей организма человека

Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800 °С, при которой одежда из любой ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) из брезентовой или специальной ткани. Куртки при работе не следуетправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги, согласно ГОСТ 12.1.005-88.

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

4.2.9 Механическое повреждение (элементы оборудования) и инструмент

Важное значение имеет внедрение комплексной механизации и автоматизации, что значительно уменьшает опасность травм механического характера, согласно ГОСТ Р 56906-2016.

Основные причины травматизма при сборке и сварке: неисправный

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

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

4.2.10 Электрическая безопасность

При сварке плавлением используют источники тока с напряжением холостого хода $U_{xx} = 45 - 80$ В, при постоянном токе $U_{xx} = 55 - 75$ В при переменном токе. Поэтому источником возникновения данного опасного фактора является источник питания сварочной дуги, согласно ГОСТ 12.1.019-2017.

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

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

Надежная изоляция всех проводов, связанных с питанием источника тока и сварочной дуги, устройство геометрически закрытых включающих

устройств, заземление корпусов сварочных аппаратов. Заземлению подлежат: корпуса источников питания, аппаратного ящика, вспомогательное электрическое оборудование. Сечение заземляющих проводов должно быть не менее 25 мм². Подключением, отключением и ремонтом сварочного оборудования занимается только дежурный электромонтер. Сварщикам запрещается производить эти работы.

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

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

Наряду с соблюдением указанных требований, с целью предотвращения поражения электрическим током, необходимо проводить инструктаж о том, что на рабочем месте запрещается притрагиваться к клеммам и зажимным болтам цепи высокого напряжения.

4.2.11 Электромагнитные поля

Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, иммунной, сердечно сосудистой и других систем организма человека, согласно ГОСТ 12.1.006-84.

В процессе длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость,

сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические заболевания (выпадение волос, ломкость ногтей). При этом наблюдается вялость, снижение точности рабочих движений, возникновение болей в сердце.

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

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

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

4.3 Экологическая безопасность

Основные источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

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

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

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

Газообразные отходы перед выбросом подвергаются обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, которые защищают атмосферу от загрязнений. В связи с этим, каждый сварочный пост должен быть

оборудован вытяжкой с фильтрами для улавливания выделяющихся в процессе сварки аэрозолей и пыли. Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

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

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Чтобы избежать данные ЧС нужно соблюдать требования пожарной безопасности.

С целью предотвращения возможности возникновения пожаров и взрывов требуется:

- Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- Следить за уровнем давления аргона в баллоне;
- Проверять нормированный уровень аргона в помещении, проветривать помещение;

- Следить за чистотой на рабочем месте, вытирать скопившуюся пыль;
- Следить за чистотой источника питания и его материнской платы, снимать крышку и пылесосить скопившуюся пыль;
- Все сотрудники должны быть ознакомлены с планом пожарной эвакуации и знать где находятся средства первичного тушения очага возгорания(огнетушители).

При возникновении аварии или аварийной ситуации работники должны:

- прекратить работу, отключить электрогазосварочное оборудование и обесточить помещение;
- выключить приточно-вытяжную вентиляцию и закрыть окна;
- немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную службу по номеру телефона «01» - для рабочего телефона и «101» - для сотового телефона, указав точный адрес и место возникновения пожара; оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;
- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

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

- Огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- Огнетушитель углекислотный ОУ-1.

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

Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Заключение по разделу «Социальная Ответственность»

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

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

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

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Па (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

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

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

Заключение

- Анализ литературы показывает, что при испытании материалов действительно необходимо использовать методы автоматической подачи покрытых электродов и методы оценки материалов, исключаящие человеческий фактор, тогда можно с уверенностью говорить о объективной оценке материалов, с высокой повторяемостью результатов.

- В случае использования электродов ОК 53.70 удалось добиться уменьшения потерь на угар и разбрызгивание с 3,9% до 2,63%, в случае с электродами ОК 46.00 после доработки устройства автоматической подачи покрытых электродов можно предположить, что уменьшится разбрызгивание, также можно предположить улучшение общей тенденции по уменьшению разбрызгивания.

- После доработки устройства автоматической подачи покрытых электродов возможно будет добиться меньшей длины дуги. Можно предположить, что устройство автоматической подачи покрытых электродов сможет повысить стабильность процесса сварки (наплавки) и механические свойства наплавленного металла, однако для подтверждения этого необходимо провести дополнительные исследования.

Список публикаций студента

1. Enhancing an arc welding technology by the methods of adaptive pulsed control of energetic parameters / Yu.N. Saraev, A.G. Lunev, V.M. Semenchuk, A.S. Nepomnyashchiy, P.A. Strelnikov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 681 (2019) 012038. doi: 10.1088/1757-899X/681/1/012038
2. Assessment of welding working properties of power supplies / Yu.N. Saraev, D P Ilyashchenko, M A Krampit, V M Semenchuk, A S Nepomnyashchiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 681 (2019) 012037. doi: 10.1088/1757-899X/681/1/012037
3. The imaging of the welding processes with the use of CuBrlaser / Yu.N. Saraev, M.V. Trigub, N.A. Vasnev, V.M. Semenchuk, A.S. Nepomnyashiy // Proc. SPIE 11322, XIV International Conference on Pulsed Lasers and Laser Applications, 113221U (11 December 2019); doi: 10.1117/12.2554872
4. Heat and mass transfer kinetics in arc welding process / Saraev Yu.N., Lunev A.G., Semenchuk V.M., and Nepomnyashchii A.S. // Russian physics journal. – 2020. – Т. 62, – №. 9, – С. 1573-1579. DOI 10.1007/s11182-020-01878-у.
5. Кинетические особенности тепломассопереноса в условиях сварки и наплавки / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Семенчук В.М., Непомнящий А.С. // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2019. – Том 62, №9, – С. 34-40.
6. Возможности метода импульсно-дуговой сварки для повышения сопротивления хрупкому разрушению сварных соединений из низкоуглеродистых сталей / Сараев Ю.Н., Гладковский С.В., Перовская М.В., Семенчук В.М., Непомнящий А.С. // Тезисы докладов международной конференции «Сварка в России – 2019: Современное состояние и перспективы», посвященной к 100-летию со дня рождения Б.Е. Патона. 3-7 сентября 2019 года, г. Томск.

7. Совершенствование технологий дуговой сварки на основе методов адаптивного импульсного управления энергетическими параметрами режима / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Семенчук В.М., Непомнящий А.С. // Тезисы докладов Международной конференции «Сварка в России – 2019: Современное состояние и перспективы», посвященной к 100-летию со дня рождения Б.Е. Патона. 3-7 сентября 2019 года, г. Томск.

8. Снижение разбрызгивания и повышение стабильности характеристик тепломассопереноса при механизированной сварке плавящимся электродом в среде углекислого газа с управляемым каплепереносом / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Семенчук В.М., Непомнящий А.С. // Сборник докладов Международного научно-практического семинара «Сварочные материалы: перспективные материалы и перспективы», 18-20 июня 2019 года, Гомель. – С. 50-54.

9. Влияние режимов наплавки на характеристики тепломассопереноса электродного металла, формирование структуры и свойств покрытий / Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Перовская М.В., Семенчук В.М. Непомнящий А.С. // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2020. - № 9, – С. 4-12.

10. Studying the Interconnection between the Heat Transfer Characteristics and Thermal Welding Cycles during MAG Welding / Saraev Yu.N., Nesteruk D.A., Semenchuk V.M., Nepomnyashchiy A.S. // AIP Conference Presiding. 2285, 040014 (2020); Published Online: 16 November 2020

11. Influence of surfacing modes on the characteristics of heat and mass transfer of the electrode material and the formation of a dispersed structure in coatings / Saraev Yu.N., Bezborodov V.P., Perovskaya M.V., Semenchuk V.M., Nepomnyashchiy A. S. // AIP Conference Proceedings. Physical Mesomechanics. Materials with Multilevel Hierarchical Structure and Intelligent Manufacturing Technology. 2310, 020287 (2020)

12. Study of the influence of power source dynamic properties on the stability of heat and mass transfer at consumable electrode arc welding in a CO₂ /

Saraev Yu.N., Semenchuk V.M., Nepomnyashchiy A.S., Lunev A.G., Grigorieva A.A. // AIP Conference Proceedings. Physical Mesomechanics. Materials with Multilevel Hierarchical Structure and Intelligent Manufacturing Technology. 2310, 020288 (2020)

13. To the estimation of welded joints fatigue fracture / Saraev Yu.N., Kamantsev I.S., Perovskaya M.V., Kuznetsov A.V., Semenchuk V.M., Nepomnyashchiy A.S. // AIP Conference Proceedings. Proceedings of the 14th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures 2315, 040031 (2020)

14. Finding ways to improve the performance of welded joints based on controlled heat input and use of shock-mechanical treatment / Saraev Yu.N., Kamantsev I.S., Grigorieva A.A., Kuznetsov A.V., Semenchuk V.M., Nepomnyashchy A.S. // Journal of Physics: Conference Series. - 2021 - Vol. 1791, №. 1, Article number 012118. - p. 1-10. doi: 10.1088/1742-6596/1791/1/012118

15. Физико-технические аспекты разработки адаптивных импульсно-дуговых методов сварки и наплавки плавящимся электродом / Ю.Н. Сараев, В.М. Семенчук, А.С. Непомнящий, А.А. Григорьева. // Тяжелое машиностроение. – 2021. – № 5-6, – С. 23-31.

16. Влияние структуры покрытий, наплавленных электродами Т-590, и низкоуглеродистой стали на абразивное изнашивание / Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Перовская М.В., Семенчук В.М., Ан И-Кан, Вольф Э.Л., Непомнящий А.С. // Технология машиностроения. – 2021. – № 9, – С. 18-25.

17. Интегрированная оценка тепломассопереноса процессов дуговой наплавки покрытыми электродами / Сараев Ю.Н., Семенчук В.М., Lunev A.G., Непомнящий А.С., Григорьева А.А. // Сварочное производство. – 2021. – № 7, – С. 10-19.

18. Имитационная модель электродугового послойного выращивания валика / Кузнецов М. А., Крампит М. А., Крюков А. В., Ильященко Д. П., Непомнящий А. С. // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2019 - №. 11(84), - С. 19-26

19. Gordynets A. S. A device for automatic feeding of coated electrodes into a weld pool / Gordynets A. S., Nepomnyashchy A. S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2021 – Vol. 1118, Article number 012022. - p. 1-5. doi: 10.1088/1757-899X/1118/1/012022

Список использованных источников

1. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. / Г. А. Николаев и др. - М.: Машиностроение, 1978 - Т. 1/ Под ред. Н. А. Ольшанского - 504 с.
2. Теория сварочных процессов: Учеб. Для вузов по спец. «Оборудование и технология сварочного производства» / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; под редакцией В.В. Фролова. – М.: Высшая шк., 1988. 559 с.: ил. ISBN 5–06–001473–8.
3. Милютин В.С. Испытания сварочных свойств оборудования для дуговой сварки: / В.С. Милютин – Екатеринбург, 2019. —466 с.
4. Исследование стабильности плавления и переноса электродного металла в процессе дуговой сварки плавящимся электродом от источников питания с различными динамическими характеристиками / Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А., Ильященко Д.П., Киселев А.С., Гордынец А.С. // Сварочное производство. – 2016. – № 12, – С. 3-10.
5. Assessment of welding working properties of power supplies (Article number 012037) / Saraev Y. N., Iljyashchenko D. P., Krampit M. A., Semenchuk V. M., Nepomnyashchy A. S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020 – №. 681, – p. 2-6
6. Dundu M. Effect of defects on the strength of welds / Dundu M. // Journal of Engineering, Design and Technology Vol. 12, № 4, 2014 p. 410-422 doi 10.1108/JEDT-02-2012-0008
7. Suban M. Methods for the determination of arc stability / Suban M., Tušek J. // Journal of Materials Processing Technology. – 2003. – Vol. 143, – p. 430-437.
8. Qualitative and quantitative analyses of arc characteristics in SMAW / Shigeta M., Takahiro I., Manabu T., et al. // Welding in the World. – 2016. – Vol. 60, № 2, – С. 355-361. doi 10.1007/s40194-015-0288-2
9. Heat and mass transfer kinetics in arc welding process / Saraev Yu.N., Lunev A.G., Semenchuk V.M., and Nepomnyashchii A.S. // Russian physics

journal. – 2020. – Т. 62, – №. 9, – С. 1573-1579. DOI 10.1007/s11182-020-01878-у.

10. Complex for investigation of arc welding processes / Yu.N. Saraev, A.G. Lunev, A.S. Kiselev, A.S. Gordynets and M.V. Trigub // Paton Welding Journal. – 2018. – №. 08, – С. 04.

11. Wu C. Y. Development of an automatic arc welding system using an adaptive sliding mode control / Wu C. Y., Tung P. C., Fuh C. C. // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2010. – Vol. 21, №. 4, – С. 355-362.

12. Князьков, В.Л. Повышение эффективности ручной дуговой сварки модулированным током электродами с покрытием за счет автоматической адаптации параметров режима к технологическому процессу: дис. ... канд. техн. наук / Виктор Леонидович Князьков. – Барнаул, 2006. – 165 с.

13. Милютин, В.С. Оценка стабильности режима при испытании источников питания для ручной дуговой сварки / В.С. Милютин, Р. Ф. Катаев, А.В. Полухин // Сварка и диагностика. – 2014. – № 3, – С. 32–38.

14. Ильященко Д. П. Стабильность процесса ручной дуговой сварке покрытыми электродами / Ильященко Д. П. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №. 5, – С. 199-201.

15. Ланкин, Ю.Н. Показатели стабильности процесса дуговой сварки плавящимся электродом / Ю.Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1, – С. 7–15.

16. Дюргеров Н. Г. Технологическая стабильность импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / Дюргеров Н. Г., Ленивкин В. А. // Сварочное производство. – 2015. – №. 2, – С. 3-7.

17. Сараев Ю. Н. К вопросу о стабильности плавления и переноса электродного металла в процессе дуговой сварки плавящимся электродом / Сараев Ю. Н., Лунев А. Г // Велес. – 2017. – №. 11-1, – С. 61-74.

18. Исследование влияния энергетических параметров дуговой сварки покрытыми электродами на стабильность тепломассопереноса / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Киселев А.С., Гордынец А.С., Нестерук Д.А., Хайдарова А.А.,

Чинахов Д.А., Семенчук В.М. // Сварочное производство. – 2018. – №. 2, – С. 3-13.

19. Ильященко, Д.П. Влияние типа источника питания на тепло- и массоперенос при ручной дуговой сварке / Д.П. Ильященко, Д.А. Чинахов // Сварка и диагностика. – 2010. – № 6, – С. 26–29.

20. Ильященко Д. П. Стабильность процесса РДС при использовании покрытий для защиты, свариваемой поверхности / Ильященко Д. П., Садыков И. Д. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – №. 4, – С. 50-52.

21. Дюргеров Н. Г. Саморегулирование и управление процессом сварки короткой дугой / Дюргеров Н. Г., Соловьянюк Л. А. // Сварочное производство. – 2014. – №. 1, – С. 3-5.

22. Комплекс для исследования процессов дуговой сварки / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Киселев А.С., Гордынец А.С., Тригуб М.В. // Автоматическая сварка. – 2018. – Т. 8, – С. 15-23.

Приложение А
(рекомендуемое)

Полные таблицы параметров стабильности наплавки

Таблица 23 – Параметры стабильности процесса наплавки электродами ОК46.00, с учетом всех коротких замыканий

Способ подачи электрода	U_{rms}, V	I_{rms}, A	N_{sc}	$t_{sc.mean}, ms$	$t_{sc.srd}$	$T_{sc.mean}, ms$	$T_{sc.srd}$
Автоматический	25,5	93,7	133	2,8	0,46	81,4	0,63
	24,9	95,3	137	2,9	0,51	69,8	0,62
	25,3	92,7	144	2,8	0,57	72,6	0,77
	24,2	94,3	164	2,9	0,58	58,7	0,68
	25,2	93,5	155	2,5	0,52	67,6	0,71
	24,3	94	131	3	0,6	71,2	0,71
	24,5	96,1	167	2,8	0,57	60,5	0,73
	24,5	96,26	135	3,2	0,5	71,2	0,74
	24,9	95,7	148	2,7	0,52	67,9	0,82
	24,6	96,2	134	3,3	0,51	72,2	0,74
	25,1	95,7	152	2,7	0,59	66,5	0,72
	24,6	96,4	144	3,1	0,48	63,7	0,74
	23,7	97,5	168	3,2	0,56	55,2	0,69
	25,8	92,7	135	2,7	0,44	73,5	0,69
	25,3	93,4	131	3,1	0,48	75,4	0,63
	25,2	93,5	133	3,1	0,51	70,4	0,67
	25,5	93,7	133	2,8	0,46	81,4	0,63
Ручной	22,9	96,7	187	3,8	0,71	50,2	0,55
	23,4	96,2	197	3,2	0,65	49,1	0,77
	22,8	96,8	223	3,1	0,61	45,2	0,55
	20,9	99,6	210	4,7	0,95	45,1	0,53
	22,1	97,9	184	3,7	0,64	51,1	0,75
	22,9	97	185	3,7	0,64	51,5	0,71
	23,5	96,3	170	3,3	0,48	56,6	0,74
	21,6	97,7	227	3,5	0,62	44,7	0,58
	21,8	98,5	197	3,5	0,51	47,9	0,83
	23,5	96	202	3,2	0,56	48,9	0,66
	24,07	95,2	169	3,2	0,53	57,5	0,72
	21,5	98,1	216	4,1	0,82	44,4	0,59
	22,3	97	205	3,4	0,52	50	0,71
	22,6	97	215	3,3	0,66	44,1	0,55
	22,6	97	207	3,5	0,6	45,3	0,63
	21,1	98,5	213	4	0,8	46,3	0,59
	22,9	96,7	187	3,8	0,71	48,6	0,55

Таблица 24 – Параметры стабильности процесса наплавки электродами ОК53.70, с учетом всех коротких замыканий

Способ подачи электрода	U_{rms} , V	I_{rms} , A	N_{sc}	$t_{sc.mean}$, ms	$t_{sc.srd}$	$T_{sc.mean}$, ms	$T_{sc.srd}$
Автоматический	24,4	105,7	57	4,4	0,5	179,5	0,665
	24,3	105,8	70	4,2	0,57	145,4	0,769
	24,8	105,4	56	4,6	0,52	167,4	0,717
	24,4	105,8	65	4,1	0,6	149,0	0,70
	24,7	105,5	61	4,2	0,43	147,9	0,639
	24,8	105,4	47	4,7	0,68	178,4	0,80
	25,3	104,7	50	4,3	0,6	162,7	0,97
	25,2	104,8	54	4,4	0,63	155,3	0,76
	24,2	106,0	62	4,6	0,45	144,8	0,75
	24,4	105,8	73	5,9	2,38	132,7	0,88
	25,4	104,0	56	4,2	0,5	167,8	0,83
	24,3	105,5	75	4,3	0,56	140,0	0,66
	25,3	104,9	49	4,2	0,47	203,4	0,77
	24,9	105,5	53	4,6	0,6	166,2	0,78
	25,7	104,4	48	3,4	0,59	215,7	0,90
25,0	105,5	58	4,0	0,57	173,7	0,66	
Ручной	21,8	106,2	90	5,4	0,6(6)	107,7	0,61
	22,0	106,0	95	5,2	0,67	104,3	0,65
	22,3	105,8	84	5,2	0,54	112,8	0,57
	23,3	104,3	81	4,6	0,56	114,2	0,63
	23,0	105,0	86	4,8	0,56	110,0	0,64
	22,7	105,4	102	4,7	0,49	97,4	0,55
	22,5	105,3	78	6,2	1,62	121,4	66,7
	22,6	105,3	85	4,6	0,5	111,2	0,57
	22,9	104,6	82	5,1	0,63	128,4	0,63
	22,4	105,2	86	4,7	0,51	108,8	0,62
	23,1	104,4	81	5,2	0,48	114,1	0,62
	22,3	105,5	84	5,3	0,53	110,7	0,53
	23,4	104,2	83	5,0	0,5	123,3	0,73

Приложение Б (рекомендуемое)

Гистограммы распределения длительностей коротких замыканий

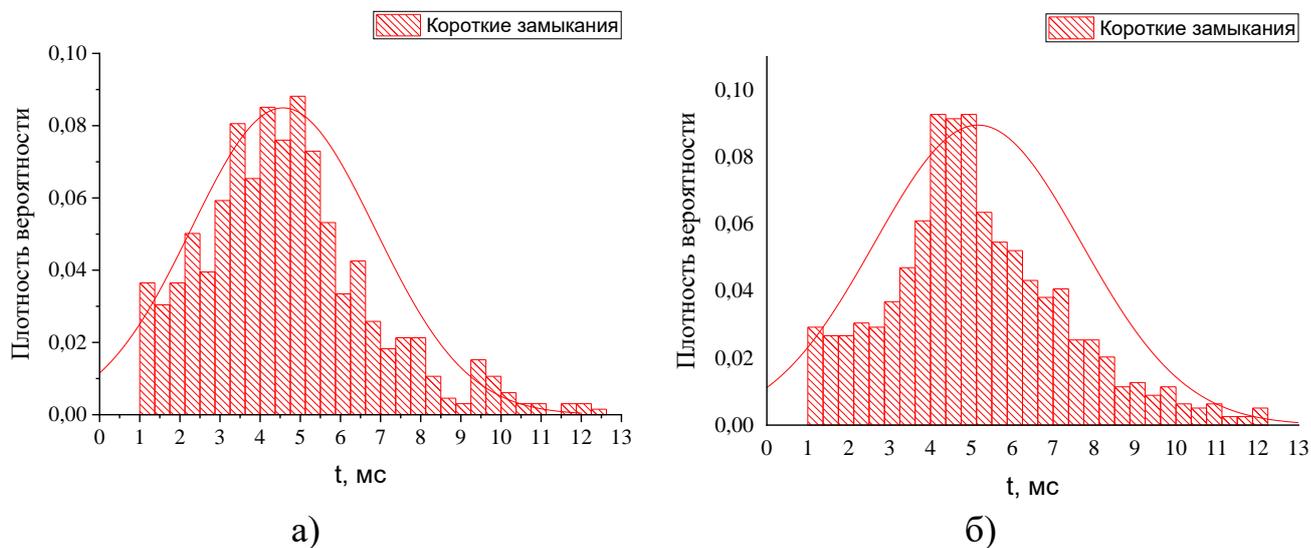


Рисунок 10 – Распределение длительностей коротких замыканий, электроды ОК 53.70 (а – автоматическая подача, б – ручная подача)

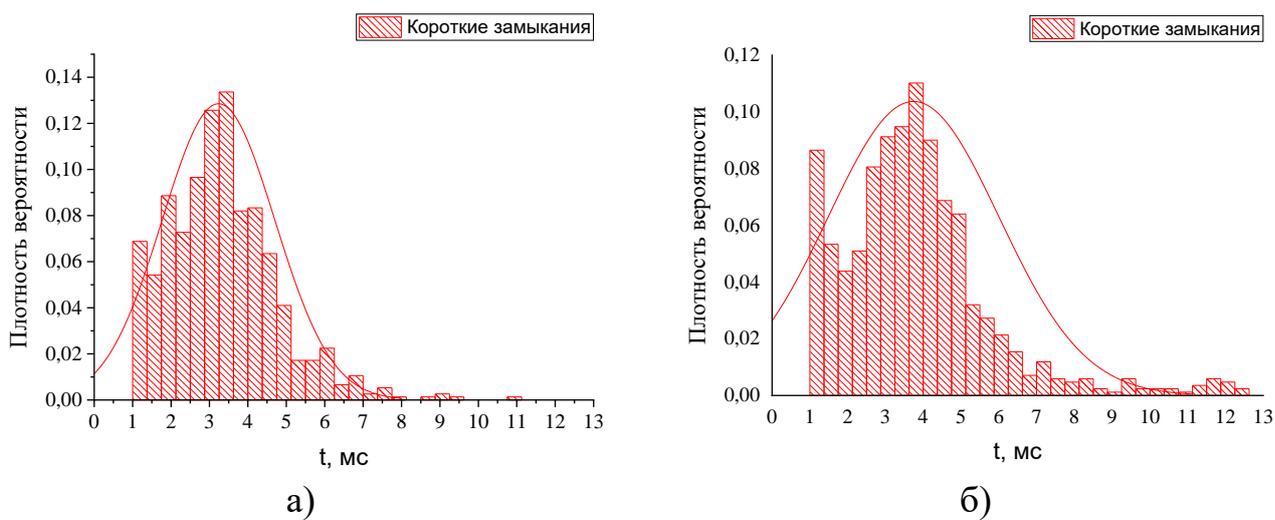


Рисунок 11 – Распределение длительностей коротких замыканий, электроды ОК 46.00 (а – автоматическая подача, б – ручная подача)

Приложение В
(рекомендуемое)

**Полные таблицы замеров и расчетов для определения
разбрызгивания**

Таблица 25 – Результаты замеров для определения разбрызгивания

Марка электрода	Способ подачи	Масса металлического стержня		Режим сварки	
		До наплавки	После наплавки	Сила тока, А	Время горения дуги, с
ОК-46	Ручная подача	18,84	11,305	93	31,03
			8,075		41,12
			9,636		36,03
			9,851		35,38
			10,174		34,53
			9,798		34,85
			9,582		35,90
	Автоматическая подача	18,84	9,906	93	37,16
			9,96		37,10
			9,69		36,78
			9,798		37,34
			9,529		37,56
			9,529		37,07
			9,529		36,56

Таблица 26 – Результаты расчетов для определения разбрызгивания

Марка электродов	Способ подачи	Масса, г		Коэффициенты			Производительность, кг/ч
		Расплавленного металла	Наплавленного металла	Расплавления, г А/ч	Наплавки, г А/ч	Потерь, %	
ОК-46	Ручная	10,605	9,86	9,983	9,282	7,02	0,863
		9,044	8,28	9,716	8,895	8,45	0,827
		8,882	8,37	9,718	9,157	5,77	0,851
		8,506	7,87	9,535	8,822	7,47	0,820
		8,882	8,26	9,866	9,174	7,01	0,853
		9,098	8,72	9,810	9,402	4,16	0,874
		8,721	7,99	9,085	8,323	8,38	0,774
	Автоматическая	8,775	8,21	9,156	8,566	6,44	0,796
		9,044	8,715	9,519	9,172	3,64	0,853
		8,882	8,32	9,209	8,625	6,33	0,802
		9,205	8,6	9,488	8,863	6,58	0,824

		9,205	8,415	9,747	8,910	8,59	0,828
--	--	-------	-------	-------	-------	------	-------

Таблица 27 – Результаты замеров для определения разбрызгивания

Марка электрода	Способ подачи	Масса металлического стержня		Режим сварки	
		До наплавки	После наплавки	Сила тока, А	Время горения дуги, с
ОК-53.70	Ручная подача	22,48	9,347	102	46,62
			9,044		47,06
			10,465		44,91
			9,238		47,75
			9,948		43,82
			10,724		41,88
			11,628		37,71
			10,853		40,81
	Автоматическая подача	22,48	11,821	102	37
			12,467		38
			12,403		38
			12,274		38
			11,628		39
			12,274		38

Таблица 28 – Результаты расчетов для определения разбрызгивания

Марка электродов	Способ подачи	Масса, г		Коэффициенты			Производительность, кг/ч
		Расплавленного металла	Наплавленного металла	Расплавления, г А/ч	Наплавки, г А/ч	Потеря, %	
ОК-53.70	Ручная	13,133	12,88	9,942	9,750	1,926	0,9945
		13,436	13,2	10,076	9,899	1,757	1,0097
		13,242	12,65	9,789	9,350	4,491	0,9537
		12,532	12,04	10,093	9,697	3,925	0,9891
		11,756	11,03	9,907	9,295	6,176	0,9481
		10,852	10,55	10,156	9,874	2,783	1,0071
		11,627	11,33	10,055	9,386	6,65	0,9573
		Автоматическая	10,659	10,25	10,1675	9,7774	3,836
	10,013		9,74	9,3	9,0464	2,726	0,9227
	10,077		9,77	9,35944	9,0743	3,046	0,9256
	10,206		9,945	9,4792	9,2368	2,557	0,9422
	10,852		10,68	9,8208	9,6651	1,585	0,9858
	10,206		10,0	9,4792	9,2879	2,018	0,9474

**Приложение Г
(рекомендуемое)**

Временные показатели проведения научного исследования

Таблица 29 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	T_{min} , чел–дни			T_{max} , чел–дни			$T_{ож}$, чел– дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Выбор направления исследований	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	2	1	1	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	2	2	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	2	2	2	2	2
Подбор и изучение материалов по теме	9	10	13	12	16	17	10,2	12,4	14,6	Студент	12	13	16	16	17	22
Проведение экспериментов	10	12	14	12	15	17	10,8	13,2	15,8	Студент, научный руководитель	11	14	15	13	18	19
Обработка полученных	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	Студент	7	7	9	9	9	11

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