

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

Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|-----------------------------------|
| Приборы электроискрового контроля |

УДК: 620.179.142.6:621.315.211

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 1БЗБ | Федотов Дмитрий Владимирович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Доцент | Редько Виталий Владимирович | Кандидат технических наук | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент кафедры менеджмента | Грахова Елена Александровна | | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Инженер | Маланова Наталья Викторовна | Кандидат технических наук | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------------------------|--|---------|------|
| ФМПК ИНК ТПУ | Суржиков Анатолий Петрович | Доктор физ. – мат. наук. профессор | | |

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------------------------|---|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | | |
| P1 | Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения | Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10; ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P2 | Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа | Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P3 | Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества | Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ППК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P4 | Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности | Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P5 | Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе | Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P6 | Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции | Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| <i>Универсальные компетенции</i> | | |
| P7 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности | Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон |
|----------------|---|---|
| P8 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы | Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P9 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности | Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P10 | Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду | Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P11 | Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности | Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 Приборостроение
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(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 |
|--------|--------------------------------|
| 1Б3Б | Федотову Дмитрию Владимировичу |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Приборы электроискрового контроля | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 07.06.2017 |
|--|------------|

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>Объект исследования – Приборы электроискрового контроля.</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</i></p> | <p>Обзор методов и средств электроискрового контроля защитных покрытий и изоляций. Исследование методики ведения контроля. Проектирование электроискрового прибора. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность.</p> |

| | |
|--|-------------------------------|
| <i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> | Выводы по результатам работы. |
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | — |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. | Грахова Елена Александровна |
| Социальная ответственность | Маланова Наталья Викторовна |
| | |
| | |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|---|-----------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 5.09.2016 |
|---|-----------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Редько Виталий Владимирович | Кандидат технических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 1БЗБ | Федотов Дмитрий Владимирович | | |

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

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1БЗБ | Федотову Дмитрию Владимировичу |

| | | | |
|---------------------|------------|---------------------------|-----------------|
| Институт | ИНК | Кафедра | ФМПК |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | Приборостроение |

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

| | |
|---|--|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | -Проект выполняется в кабинете ФМПК ИНК -В реализации проекта задействованы 2 человека руководитель проекта, студент-дипломник |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2017 год составляет 7500 руб. |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | -Согласно п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ данная НИР не подлежит налогообложению - Отчисления во внебюджетные фонды – 30 % от ФОТ |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| <i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследовательской работы</i> | -Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы |
| <i>2. Планирование процесса управления НИР: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i> | -Планирование работ по научно-техническому исследованию; -Смета затрат на разработку исследования |
| <i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | - Оценка научно-технического уровня следования, - Оценка рисков |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|--|
| <i>1. «Портрет» потребителя результатов НИР</i> |
| <i>2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИР</i> |

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент кафедры менеджмента | Грахова Елена Александровна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|------------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1БЗБ | Федотов Дмитрий Владимирович | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1БЗБ | Федотову Дмитрию Владимировичу |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------|
| Институт | ИНК | Кафедра | ФМПК |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Приборостроение |

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность» | |
|---|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объектом исследования являются приборы электроискрового контроля. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. Производственная безопасность:</p> <p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты) <p>1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов</p> | <p>1.1. Вредные факторы при работе за ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; – Повышенная или пониженная подвижность воздуха; – Повышенное тепловое воздействие ЭВМ; – Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Недостаточная освещенность; <p>1.2. Опасные факторы при работе с ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, а также привести к пожарам; – Статические физические перегрузки; – Монотонность труда; |
| <p>2. Экологическая безопасность:</p> <p>2.1 Анализ влияния объекта исследования на</p> | Влияние на литосферу, после некоторого периода времени образуются опасный |

| | |
|--|---|
| <p>окружающую среду;</p> <p>2.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования;</p> <p>2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды;</p> | <p>мусор в виде комплектующих персонального компьютера.</p> |
| <p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований;</p> <p>3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований;</p> <p>3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС;</p> | <p>Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера и техническая характеристика;</p> |
| <p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя;</p> | <p>При работе с персональным компьютером, которые соединены с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Согласно нормам, установлены средства пожаротушения.</p> |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Инженер | Маланова Н.В. | к.т.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 1БЗБ | Федотов Дмитрий Владимирович | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 65 с., 14 рис., 17 таблиц.

Ключевые слова: искровой разряд, коронный (поверхностный) разряд, электрический пробой, сплошность.

Объектом исследования являются приборы электроискрового контроля.

Цель работы – анализ методов и средств электроискрового контроля защитных покрытий и изоляций.

В процессе исследования были изучены методы и приборы электроискрового контроля, и их физические основы.

В результате исследования был разработано техническое задание, структурная и принципиальная схема электроискрового дефектоскопа.

Область применения: энергетическая, автомобильная, газовая, нефтяная и авиационная промышленность, а также при производстве кабельной продукции.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коронный разряд: Характерная форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резко неоднородных полях.

Поверхностный разряд: Форма газового разряда, возбуждаемого поверхностными электромагнитными волнами.

Электрический пробой: Разрушение диэлектрика, обусловленное ударной ионизацией электронами из-за разрыва связей между атомами, ионами или молекулами.

Электронная лавина: Неуклонно нарастающий процесс размножения электронов в результате ионизации атомов и молекул, как правило, электронным ударом.

Электрод (щуп): Электрический проводник, имеющий электронную проводимость (проводник 1-го рода). Предназначен для подведения электрического напряжения к поверхности изоляционного покрытия.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ВСН 008-88 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция.
2. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы.
3. ГОСТ 12.1.013-78 Строительство. Электробезопасность. Общие требования

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение | 13 |
| 1 Обзор методов и средств электроискрового контроля | 14 |
| 1.1 Физические основы | 14 |
| 1.2 Области применения | 18 |
| 1.3 Достоинство электроискровых устройств | 18 |
| 2 Принцип работы и устройство электроискровых приборов | 19 |
| 2.1 Принцип работы прибора | 19 |
| 2.2 Устройство электроискрового дефектоскопа | 21 |
| 2.3 Виды электродов | 22 |
| 3 Порядок работы | 26 |
| 3.1 Меры безопасности | 28 |
| 4 Экспериментальная часть | 29 |
| 4.1 Назначение прибора | 29 |
| 4.2 ТЗ прибора | 30 |
| 4.3 Структурная схема | 31 |
| 4.4 Принципиальная схема | 33 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 36 |
| 6 Социальная ответственность | 50 |
| Заключение | 62 |
| Список используемых источников | 63 |

Введение

Электроискровой дефектоскоп – это прибор, назначение которого состоит в поиске трещин, недопустимых утончений, пористости и других нарушений целостности изоляционных, антикоррозионных и других защитных покрытий на металлических изделиях путем пробоя воздушных промежутков электрическим разрядом

Конкурентоспособность изделий на рынке напрямую зависит от качества покрытия. Последующие затраты на ремонт покрытия, производственные убытки и загрязнение окружающей среды могут быть весьма значительными, поэтому необходимо предварительно испытывать применяемые для покрытия материалы, контролировать операции процесса нанесения покрытия на каждом этапе, проверять уже готовые детали и изделия на соответствие установленным стандартам и нормативной документации.

Разрушение защитного покрытия приводит к преждевременной коррозии изделия. Одной из основных причин разрушения является наличие дефектов и нарушение целостности (сплошности) готового покрытия: непрокрасы и пропуски, трещины, отслоения, недопустимые уменьшения толщины, посторонние включения, микроотверстия и т.п.

Электроискровой дефектоскоп позволяет выявлять все описанные выше виды дефектов в изолирующих покрытиях

1 Обзор методов и средств электроискрового контроля

Электроискровой метод контроля – метод электрического неразрушающего контроля, основанный на регистрации возникновения электрического пробоя и (или) изменений его параметров в окружающий объект контроля среде или его участке.

1.1 Физические основы.

Электроискровой метод используется для обнаружения нарушений сплошности диэлектрических защитных покрытий на электропроводящих объектах контроля и для обнаружения сквозных пор и трещин. Электроискровой метод основывается на регистрации возникновения пробоя в объекте контроля или на его участке.

Пробой твердых диэлектриков – это потеря диэлектриком диэлектрических свойств при наложении электрического поля напряженностью выше определенного значения. При пробое диэлектриков электропроводность резко возрастает, и диэлектрик становится проводником. Критическое значение напряженности электрического поля, при котором происходит пробой диэлектриков $U_{пр}$, называется диэлектрической прочностью диэлектрика.

В сильных электрических полях протекание тока через диэлектрик не подчиняется закону Ома. Ток возрастает с напряжением примерно экспоненциально и затем при некотором значении напряженности поля увеличивается скачком до очень больших значений. Протекание больших токов ведет к разрушению материала, а диэлектрические свойства в большинстве случаев после снятия напряжения не восстанавливаются. Основные формы пробоя твердых диэлектриков – тепловая и электрическая.

Тепловой пробой в общих чертах развивается следующим образом. При повышении напряжения увеличивается количество тепла, выделяемое в диэлектрике, и, следовательно, повышается температура. Так как для диэлектриков электропроводность увеличивается с температурой по

экспоненте, то повышение температуры в свою очередь вызывает увеличение тока. Стационарное состояние возможно до тех пор, пока тепловыделение не превышает теплоотвода. При некоторой напряженности поля это условие нарушается.

При больших значениях электрического сопротивления или малых временах приложения напряжения и низких температурах ещё до наступления теплового пробоя может наступить электрический пробой диэлектрика. В отличие от теплового пробоя, электрический пробой является нарушением не теплового равновесия диэлектрика, а стационарного режима электропроводности.

Для электрического пробоя твердых диэлектриков характерно слабое увеличение электрической прочности с температурой, сильная зависимость измеряемой электрической прочности от степени однородности электрического поля, отсутствие зависимости в однородном электрическом поле от времени приложения напряжения вплоть до времени порядка 10^{-7} с.

При помещении образца диэлектрика между электродами часто наблюдается появление искровых разрядов вдоль его поверхности, которые переходят в дуговой разряд (поверхностный пробой). Напряжение поверхностного пробоя обычно меньше напряжения пробоя воздуха при том же расстоянии между электродами. Поверхностный пробой – это пробой воздуха, осложненный присутствием диэлектрика. Наличие на поверхности диэлектрика зарядов и различие и различие диэлектрических проницаемостей и проводимостей воздуха и диэлектрика приводят к сильному искажению электрического поля. Это и снижает $U_{пр}$ воздуха при поверхностном пробое.

Между электропроводящим основанием объекта контроля и специальным электродом на покрытии, или между двумя электродами, расположенными с противоположных сторон диэлектрического объекта контроля, может прикладываться высокое переменное, импульсное или постоянное напряжение.

Если в диэлектрике, к которому приложено высокое напряжение, имеются каналные поры или трещины, то в этом месте возникает коронный или искровой разряд.

Коронный разряд – один из видов разряда в газе при нормальном давлении (порядка 10^5 Па) в сильно неоднородном электрическом поле коронный разряд возникает на электродах с малым радиусом кривизны.

Ионизация и возбуждение молекул газа при искровом разряде происходят лишь в небольшой области вблизи электрода, в остальной части разрядного промежутка происходит не самостоятельный разряд. Сопротивление этой «темной» области разряда определяет ток в цепи разрядного промежутка.

В соответствии с полярностью коронирующего электрода коронный разряд называется отрицательной или положительной короной. Механизмы развития каждого из этих двух видов разряда различны.

В случае отрицательной короны положительные ионы, образованные электронами лавинами, движутся к катоду и, ударяясь о его поверхность, приводят к выделению электронов за счет вторичной электронной эмиссии. В то же время, электроны из короны, попадая в «темную» область, прилипают к нейтральным молекулам и образуют отрицательные ионы, который являются основными носителями тока в «темной» области. Пространственный заряд, образуемый вблизи анода отрицательными ионами, ограничивает общий разрядный ток. В случае чистых электроположительных газов отрицательные ионы не образуются и носителями в «темной» области являются электроны.

При положительной короне катодом является электрод с небольшим радиусом кривизны. В этом случае электроны, образующие лавины, возникают не за счет вторичной эмиссии, так как поле у катода очень мало, а вследствие объемной фотоионизации газа вблизи анода фотонами, генерируемые в коронирующем слое. Положительные ионы, двигаясь через «темную» область к катоду, образуют пространственный заряд, который снова ограничивает величину разрядного тока.

Для возникновения коронного разряда в воздухе необходимо, чтобы при заданном напряжении величина напряженности поля на поверхности электрода была не меньше начальной напряженности поля короны E_k , которая определяется формулой:

$$E_k = 31\delta(1 + 0,308/\sqrt{\delta_B r_0}) \quad (1)$$

Где E_k – начальная напряженность поля короны,

δ_B – плотность воздуха, отнесенная к плотности при атмосферном давлении и температуре 25 °С,

r_0 – радиус коронирующего цилиндрического провода.

Искровой разряд – прерывистая форма электрического разряда в газах, возникающая обычно при нормальном атмосферном давлении. В естественных природных условиях искровой разряд легко наблюдать в виде молнии. По внешнему виду искровой разряд представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих или сменяющих друг друга нитевидных, часто сильно разветвленных полосок – так называемых искровых каналов. Эти каналы развиваются как от положительного, так и от отрицательного электродов либо начинаются в пространстве между ними. При этом каналы, развивающиеся от положительного электрода, имеют четкие нитевидные очертания, а развивающиеся от отрицательного – диффузные края и более мелкое ветвление.

Механизм пробоя разрядного промежутка при искровом разряде может быть понят на основании стримерной теории пробоя, согласно которой для пробоя необходимо выполнение двух условий:

1. Должно существовать определенное количественное соотношение между полем пространственного заряда лавины и внешним приложенным полем.

2. Лавины должны излучать фотоны в количестве, достаточном для поддержания и распространения стримера.

Искровой разряд широко применяется в технике для инициирования взрывов или процессов горения, в качестве источника света, для измерения высоких напряжений, для резки, сверления и точной обработки металлов, а также в неразрушающем контроле.

1.2 Области применения

Электроискровые приборы позволяют обнаруживать дефекты в различных видах покрытий, таких как изоляция трубопроводов, кабеля и других токопроводящих оснований, а также покрытий на бетоне. Широко используются в металлургии, энергетике, автомобильной, газовой и авиационной промышленности, при производстве кабельной продукции. Использование электроискровых дефектоскопов в профилактических целях помогает существенно снизить ремонтные затраты и производственные убытки. Чаще всего необходимость контроля с помощью этих устройств возникает при производстве и эксплуатации электрических кабелей, металлических труб и резервуаров с полимерным, пластиковым или битумным покрытием.

В целом электроискровые дефектоскопы находят активное применение во многих областях промышленности. С их помощью проводят контроль всевозможных деталей, различного оборудования и конструкций. В частности, исследуют состояние изоляционного покрытия отдельных труб, магистральных трубопроводов и многого другого.

1.3 Достоинством электроискровых устройств

Современные модели электроискровых дефектоскопов отличаются высоким комфортом проводимых измерений. Они имеют развитый функционал, отличные технические характеристики. Особое распространение сегодня получают модели, отличающиеся своей портативностью. Такие устройства имеют небольшие габариты и вес, что в сочетании с высокими результатами дефектоскопии делает их незаменимыми помощниками при проведении дефектоскопического контроля.

2. Принцип работы и устройство электроискровых приборов

2.1 Принцип работы прибора

Принцип работы дефектоскопа основан на электрическом пробое воздушных промежутков между касающимися поверхности изоляционного покрытия трубопровода щупом, подключенным к одному полюсу источника высокого напряжения, и самим трубопроводом, подключенным к другому полюсу указанного источника высокого напряжения непосредственно или через грунт при помощи заземлителя.

В местах, где имеет место уменьшение ее толщины, наблюдается пропорциональное этому уменьшению сопротивление, а там, где есть сквозной пробой, возникает вольтова дуга (искра), поскольку прибор использует ток большой силы.

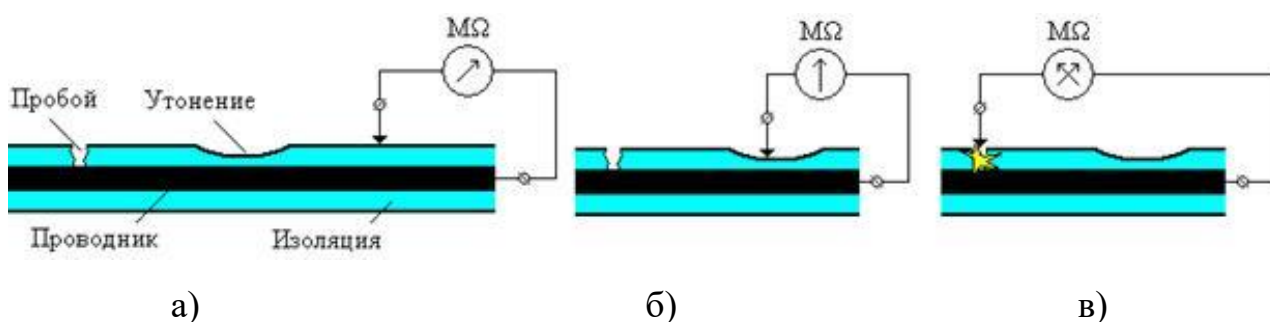


Рисунок 1 – Реакция электроискрового прибора на состояние изоляции:

- а – бездефектный участок;
- б – зона утонения изоляции;
- в – пробой.

Величина электрического напряжения между щупом и трубопроводом устанавливается такой, чтобы обеспечивался электрический пробой воздушных промежутков в местах нарушения сплошности изоляционного покрытия трубопровода и исключался электрический пробой самого изоляционного покрытия.

Таблица 1.

| | Толщина | Сплошность |
|--|---|-------------------------------|
| Битумная изоляция | 4,5 мм (нормальный тип) 6,0 мм (усиленный тип) | 5 кВ на 1 мм толщины покрытия |
| Пластобит-40 | 3,5 мм | |
| Полимерные изоляционные ленты | Не менее 1,2 мм | |
| Полиэтиленовое покрытие (экструдированное или напыленное) | 2,5 мм (для труб \varnothing до 1020 мм) 3,5 мм (для труб \varnothing 1020 мм и выше) | |
| Порошковое эпоксидное покрытие | 0,35 мм - 0,5 мм | 2 кВ на всю толщину покрытия |
| Лакокрасочные покрытия | Не менее 0,2 мм | 1 кВ на всю толщину покрытия |

Табличные данные взяты из нормативного документа: ВСН 008-88 «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция».

2.2 Устройство электроискрового дефектоскопа

Рассмотрим устройство электроискрового дефектоскопа «Крона – 12», который состоит из следующих основных узлов:

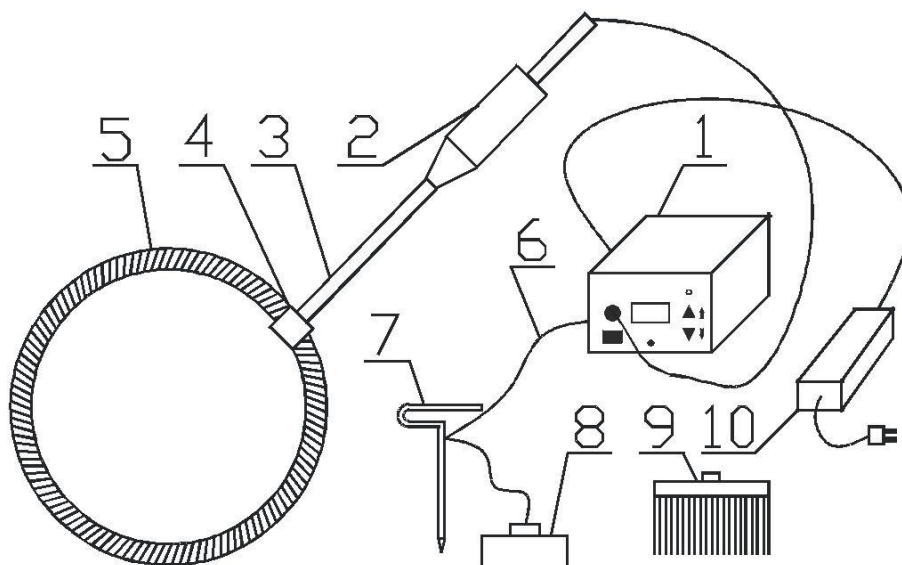


Рисунок 2 – Устройство электроискрового прибора

1 - блока контроля.

2 - высоковольтный трансформатор.

3 - удлинителя щупа.

4 – держатель.

5 - щупа для сплошного контроля.

6 - заземлитель.

7 – штырь.

8 – магнит.

9 - щупа для локального контроля.

Блок 1 электронный предназначен для:

- формирования и управления импульсным напряжением, подаваемым на трансформатор 2 высоковольтный для получения испытательного напряжения;

- индикации величины испытательного напряжения, прикладываемого к щупу в процессе контроля, в киловольтах (кВ);

- выдачи звуковых и световых сигналов одновременно при обнаружении дефекта в изоляции трубопровода;
- выдачи светового сигнала о разряде аккумуляторной батареи.

Трансформатор 2 высоковольтный служит для получения высоковольтного испытательного напряжения, подаваемого на щуп.

Щупы предназначены для подведения электрического напряжения к поверхности изоляционного покрытия трубопроводов.

Для удобства работы имеется удлинитель щупа 3. Держатель 4 нужен для соединения наконечников щупов 5 и удлинителя щупа 3. Штырь 7 необходим для образования соединения заземлителя 6 с землей, а та, в свою очередь, должна быть соединена с корпусом трубы. Магнит 8 соединяет заземлитель 6 с трубой.

2.3 Виды электродов

Электроды предназначены для подведения электрического напряжения к поверхности изоляционного покрытия объектов контроля. Они имеют различные варианты исполнения, что позволяет контролировать как плоские поверхности, так и наружные и внутренние поверхности труб, а также поверхности сплошной формы. Ниже перечислены электроды для различных видов контроля.

- Пружинный (кольцевой) электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности изоляционных покрытий труб диаметрами от 133 до 1500 мм в составе электроискрового дефектоскопа.

Электрод свинчивается, собирается на трубе, зацепляется удлинителем высоковольтного трансформатора-держателя и вручную оператором прокатывается по трубе на заданное расстояние.



Рисунок 3 – Пружинный (кольцевой) электрод

- Щеточный (плоский) электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности изоляционных покрытий в составе электроискрового дефектоскопа.

Оптимальная конструкция и несколько типоразмеров обеспечивают высокую производительность контроля изделий плоской формы или с малой кривизной.

Электрод стыкуется с высоковольтным трансформатором-держателем напрямую или через удлинитель и оператор вручную щеточной частью контролирует поверхность покрытия.



Рисунок 4 – Щеточный (плоский) электрод

- Щеточный (веерный) электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности изоляционных покрытий в составе электроискрового дефектоскопа. Конструкция и применяемые материалы обеспечивают неповреждаемость покрытий с малой механической прочностью.

Обеспечивает высокую производительность контроля плоских и цилиндрических изделий. Электрод стыкуется с высоковольтным трансформатором-держателем напрямую или через удлинитель и оператор вручную щеточной частью контролирует поверхность покрытия.



Рисунок 5 – Щеточный (веерный) электрод

- Щеточный (волосяной) электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности тонких и непрочных изоляционных покрытий в составе электроискрового дефектоскопа.

За счет использования мягкой тонкой проволоки обеспечивает высокую производительность контроля плоских и цилиндрических изделий без опасения повреждения их покрытия.



Рисунок 6 – Щеточный (волосяной) электрод

- Щеточный (резиновый) электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности изоляционных покрытий в составе электроискрового дефектоскопа.

За счет применения мягкой токопроводящей резины обеспечивает повторяемость формы поверхности контролируемого изделия при высокой износостойкости. Позволяет легко заменять резиновую часть при

необходимости (например, при повреждении в случае неаккуратного обращения с электродом)



Рисунок 7 – Щеточный (резиновый) электрод

- Внутритрубный дисковый электрод

Предназначен для определения мест нарушений сплошности изоляционных покрытий внутри труб в составе электроискрового дефектоскопа.

За счет применения мягкой токопроводящей резины обеспечивает повторяемость формы поверхности контролируемого изделия при высокой износостойкости. Позволяет легко заменять резиновую часть при необходимости (например, при повреждении в случае неаккуратного обращения с электродом)



Рисунок 8 – Внутритрубный дисковый электрод

3. Порядок работы

1. Перед началом работы нужно установить на цифровом индикаторе величину испытательного напряжения.

Для проверки величины установленного испытательного напряжения необходимо включить отображение величины испытательного напряжения на цифровом индикаторе.

После установки испытательного напряжения производится контроль сплошности покрытия посредством перемещения щупа по изоляционному покрытию трубопровода.

2. Во избежание пропуска дефектов скорость перемещения щупа не должна превышать 0,25 – 0,3 м/с. В местах нарушения сплошности изоляционного покрытия трубопровода возникает электрический пробой воздуха между щупом и трубопроводом, который сопровождается световой и звуковой индикациями.

Световая индикация: загорается светодиод на лицевой панели.

Звуковая индикация: внутри прибора звучит тональная сирена.

Уточнение места положения и протяженности дефекта, обнаруженного в изоляционном покрытии, следует производить перемещая щуп в прямом и обратном направлениях.

Ввиду ограниченной длины заземлителя в процессе контроля изоляционного покрытия трубопроводов необходимо периодически производить перестановку заземляющего штыря (магнита) вдоль трубопровода. При этой операции дефектоскоп должен быть отключен.

3. В результате сплошного контроля изоляционного покрытия трубопровода с помощью кольцевых щупов в общем случае определяются его кольцевые участки с нарушением сплошности покрытия.

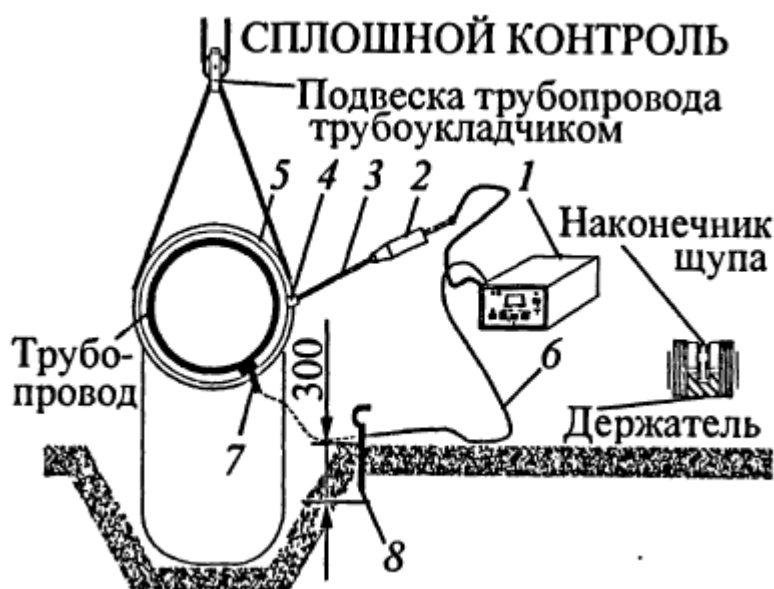


Рисунок 9 – Сплошной контроль изоляционного покрытия труб

1 – блок управления и контроля; 2 – высоковольтный трансформатор; 3 – стержень; 4 – держатель; 5 – щуп для сплошного контроля; 6 – провод заземления; 7 – магнит-заземлитель; 8 – штырь

При необходимости более точного определения места расположения дефекта следует провести дополнительный контроль дефектного кольцевого участка покрытия при помощи щупа для выборочного контроля. Для этого необходимо отключить дефектоскоп, подсоединить к нему вместо кольцевого щупа щуп для выборочного контроля, включить дефектоскоп, отрегулировать величину испытательного напряжения и провести контроль дефектного участка посредством перемещения щупа по покрытию.

4. Обнаруженные в процессе контроля дефектные участки изоляционного покрытия трубопровода должны отмечаться для последующего ремонт.

5. По окончании работы выключить питание дефектоскопа. Отсоединить заземлитель от блока электронного, отсоединить высоковольтный трансформатор от зажима щупа и от блока электронного. Все части дефектоскопа протереть от пыли и влаги сухой ветошью и уложить в сумку и чемодан.

3.1 Меры безопасности

Опасными факторами при производстве и эксплуатации электроискровых дефектоскопов, согласно классификации ГОСТ 12.0.003-74, является повышенное значение напряжения в его электрических цепях, замыкание которых может произойти через тело человека. Для того чтобы это не произошло кабель заземлителя должен быть прижат к зачищенной металлической поверхности трубопровода при помощи магнита либо, как мы видим на рисунке ниже, зажимом.

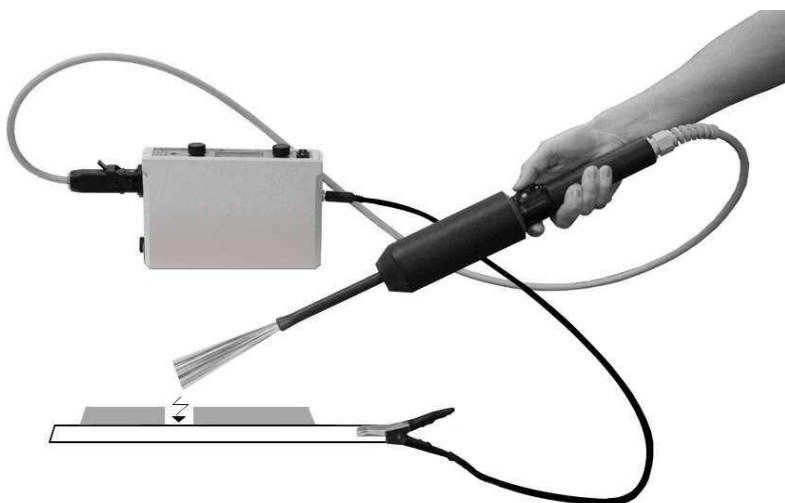


Рисунок 10 - Подключение прибора при проведении контроля

При отсутствии доступа к металлической поверхности трубопровода кабель заземлителя должен быть заземлен путем углубления штыря в землю. Трубопровод при этом должен быть заземлен. Установку штыря - заземлителя необходимо производить в тех местах, где отсутствует силовой кабель.

Эксплуатация прибора должна производиться с применением диэлектрических перчаток и бот с соблюдением «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

При работе с электроискровыми дефектоскопами запрещается:

- Контроль дефектов при влажной поверхности изоляции, а также в дождь и грозу.

- Применение прибора на взрыво- и пожароопасных объектах без соответствующей подготовки объектов к этой работе и оформления наряда - допуска.
- Оставлять включенный прибор без наблюдения.
- Прикосновение или приближение к удлинителю и электроду на расстояние менее 150 мм.
- Осуществлять искровой разряд непрерывно длительностью больше 30 с.
- Включать прибор при отсутствии провода заземления.
- Включать дефектоскоп в режиме формирования испытательного напряжения без нагрузки высоковольтного трансформатора на контролируемый объект, т.к. это может привести к пробое высоковольтного трансформатора и выходу его из строя.
- Производить ремонт изоляционного покрытия на расстоянии менее 5 метров от места расположения контролирующего щупа.

Перед тем как отметить место обнаруженного дефекта необходимо выключить испытательное напряжение прибора.

При эксплуатации дефектоскопа на строительных площадках должны приниматься меры по предотвращению непреднамеренного доступа людей в зону контроля.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Темой научной исследовательской работы является приборы электроискрового контроля.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НТИ, 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 НТИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

5.1. Технико-экономическое обоснование НИР

Компьютерные технологии стали использоваться во многих сферах деятельности человека, так как затрачивается меньше времени и энергии. Данная работа проведена с помощью компьютерного моделирования, что приводит к большой экономии средств по сравнению с практическими экспериментами.

Коммерческого потенциала у данного исследования нет, поскольку оно выполняется в рамках ВКР и в большей степени олицетворяет теоретическую значимость полученных результатов.

Полученные результаты исследования больше всего будут интересны экспертным организациям промышленной безопасности, использующие электроискровые дефектоскопы с целью обнаружения дефектов (сплошностей) в защитных покрытиях и изоляциях.

5.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения НИР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. НИР имеет:

1. Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение задания.

2. Разработка теоретической части.

3. Проведение эксперимента.

4. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.

5. Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования.

Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы (Таблица 1):

- а) Разработка задания на НИР;
- б) Выбор направления исследования;
- в) Теоретические и экспериментальные исследования;
- г) Обобщение и оценка результатов;
- д) Оформление отчета НИР.

Работу выполняло 2 человека: руководитель, студент-дипломник.

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества

трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.1:

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № работы | Содержание работы | Должность исполнителя |
|--|-----------------|---|--|
| Разработка задания на НИР | 1 | Составление и утверждение задания НИР | Редько В.В. – руководитель; Федотов Д.В. – студент-дипломник. |
| Проведение НИР | | | |
| Выбор направления исследования | 2 | Изучение метода контроля и поиск материалов по работе | Федотов Д.В. |
| | 3 | Выбор приборов для исследования | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| | 4 | Календарное планирование работ | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5 | Планирование проведения экспериментов | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| | 6 | Компьютерное моделирование | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| | 7 | Обработка полученных данных | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| Обобщение и оценка результатов | 8 | Анализ полученных результатов, выводы | Федотов Д.В. |
| | 9 | Оценка эффективности полученных результатов | Федотов Д.В. Редько В.В. |
| Оформление отчета НИР | 10 | Составление пояснительной записки | Федотов Д.В. |

5.2.1 Определение трудоемкости этапов НИР

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{мин\ i} + 2 \cdot t_{мин\ i}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

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

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (5)$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ $T_{\text{к}}$ нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.2.

5.2.2 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$U_i = \frac{T_{\text{pi}}}{T_{\text{р}}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где U_i – удельное значение каждой работы в %;

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

$T_{\text{р}}$ – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы G_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы. [1]

Результаты расчетов приведены в таблице 4.2.

Таблица 4 – Временные показатели проведения НИР

| № раб. | Исполнители | Продолжительность работ | | | | | | |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|
| | | t_{\min} чел- дн. | t_{\max} чел-дн | $t_{\text{ож}}$ чел- дн | T_p раб.дн | T_k кал.дн | $U_i, \%$ | $\Gamma_i, \%$ |
| 1 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 1 | 3 | 2 | 1,2 | 3 | 1,72 | 1,05 |
| 2 | Федотов Д.В. | 23 | 42 | 33 | 27 | 35 | 34,35 | 39,41 |
| 3 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 6 | 11 | 9 | 3,8 | 7 | 5,32 | 39,01 |
| 4 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 5 | 13 | 7 | 2,8 | 5 | 5,65 | 45,60 |
| 5 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 13 | 21 | 16 | 18 | 34 | 21,41 | 69,5 |
| 6 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 6 | 15 | 7 | 3 | 7 | 3,72 | 78,26 |
| 7 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 7 | 11 | 8 | 3,7 | 13 | 6,83 | 83,32 |
| 8 | Федотов Д.В. | 1 | 8 | 4 | 0,79 | 4 | 6,30 | 87,91 |
| 9 | Федотов Д.В. Редько В.В. | 4 | 13 | 7 | 2,7 | 6 | 6,79 | 92,11 |
| 10 | Федотов Д.В. | 3 | 9 | 6 | 4.1 | 9 | 6,02 | 100 |
| ИТОГО | | | | | | 123 | | |

5.2.3 Построение графика работ

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

Таблица 5– Календарный график проведения НИР

| Этапы | Вид работы | Исполнители | T_k | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь |
|-------|--|-----------------------------|-------|---------|------|--------|-----|------|
| 1 | Составление и утверждение задания НИР | Федотов Д.В. Редько В.В. | 3 | | | | | |
| 2 | Изучение метода электроискрового контроля и поиск материалов по теме | Федотов Д.В. | 35 | | | | | |
| 3 | Выбор приборов для исследования | Федотов Д.В. Редько В.В. | 7 | | | | | |
| 4 | Календарное планирование работ | Федотов Д.В. Редько В.В. | 5 | | | | | |
| 5 | Планирование проведения экспериментов | Федотов Д.В. Редько В.В. | 34 | | | | | |
| 6 | Компьютерное моделирование принципиальной схемы приборы | Федотов Д.В. Редько В.В. | 7 | | | | | |
| 7 | Обработка полученных данных | Федотов Д.В. Редько В.В. | 13 | | | | | |
| 8 | Анализ полученных результатов, выводы | Федотов Д.В. | 4 | | | | | |
| 9 | Оценка эффективности полученных результатов | Федотов Д.В. Редько В.В. | 6 | | | | | |
| 10 | Составление пояснительной записки, Сдача результатов НИР | Федотов Д.В. | 9 | | | | | |

- руководитель, - студент-дипломник.

В результате видно, что для выполнения работы требуется всего 2 человека и работа выполняется в течении 123 дней.

5.3 Смета затрат на разработку проекта

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.техн}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции. [2]

В данной работе моделирование проводится на компьютере поэтому материальных затрат нет.

Для проведения научно-исследовательской работы требуется компьютер.

Срок полезного использования: компьютер – по третьей группе (техника электронно- вычислительная): 15 лет. [3]

Рассчитываем материальные затраты используется один компьютер стоимостью 60000 рублей

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году. [2]

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{\text{ам.обор}}$, по следующей формуле

$$I_{\text{ам. обор}} = \left(\frac{T_{\text{исп. обор}}}{365} \right) \times K_{\text{обор}} \times H_a,$$

где $T_{\text{исп. обор}}$ – время использования оборудования;
 365 дней – количество дней в году;
 $K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования;
 H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{с.с. обор.}}},$$

где $T_{\text{с.с. обор.}}$ – срок службы оборудования

$$I_{\text{ам. комп}} = \left(\frac{T_{\text{исп. комп}}}{365} \right) \cdot K_{\text{комп}} \cdot H_a = \left(\frac{70}{365} \right) \cdot 60000 \cdot \frac{1}{15} = 768$$

Так как для исследования нужен только компьютер, то $I_{\text{ам. комп}} = I_{\text{ам. обор}}$

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;
- другие виды выплат. [4]

Примем, что полный фонд заработной платы ($\Phi_{\text{зп}}$):

$$\Phi_{\text{зп}} = 28000 \text{руб.},$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Единый социальный налог – 30%.

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{\text{соц.отч.}}$):

$$I_{\text{соц.отч.}} = ЕСН = 0,3 \cdot \Phi_{\text{зп}} = 0,3 \cdot 28000 = 8400$$

Накладные расходы используют на следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы Тогда: $I_{\text{накл.расх.}} = 2 \cdot \Phi_{\text{зп}} = 2 \cdot 28000 = 56000$ руб,

Рассчитываем себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$).

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{ам.обор}} + \Phi_{\text{зп}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{соц.отч}} = 768 + 28000 + 56000 + 8400 = 93168$$

Рассчитываем плановые накопления (ПР). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$ПР = 0,3 \cdot K_{\text{проекта}} = 0,3 \cdot 93168 = 27950,4$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц).

$$Ц = K_{\text{проекта}} + ПР = K_{\text{проекта}} + ПР = 93168 + 27950,4 = 121118,4$$

Таблица 6 - Смета затрат на научно-исследовательскую работу

| Виды затрат | Обозначение | Сумма затрат, руб. |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| Амортизация оборудования | $I_{\text{ам,обор}}$ | 768 |
| Затраты на оплату труда | ЗП | 28000 |
| Отчисления на социальные нужды | $I_{\text{соц.отч}}$ | 8400 |
| Накладные расходы | $I_{\text{накл.расх}}$ | 56000 |
| Себестоимость проекта | $K_{\text{проекта}}$ | 93168 |
| Плановые накопления (прибыль) | ПР | 27950,4 |
| Стоимость проекта (цена) | Ц | 121118,4 |

Исходя из расчетов и полученных результатов приведенных в таблице 4, можно сделать вывод, что данная научно исследовательская работа входит в обозначенные бюджетные ограничения, так как стоимость проекта равная 121118,4 рублей, меньше приблизительной суммы затрат равной 200 тысяч рублей.

5.4 Оценка целесообразности исследования

5.4.1 Оценка научно-технического уровня следования

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 7 - Весовые коэффициенты НТУ

| Признаки НТУ | Весовой коэффициент |
|------------------------|---------------------|
| Уровень новизны | 0,7 |
| Теоретический уровень | 0,6 |
| Возможность реализации | 0,5 |

Таблица 8 - Шкала оценки новизны

| Баллы | Уровень |
|-------|--------------------------|
| 1-4 | Низкий НТУ |
| 5-7 | Средний НТУ |
| 8-10 | Сравнительно высокий НТУ |
| 11-14 | Высокий НТУ |

Таблица 9 - Значимость теоретических уровней

| Характеристика значимости теоретических уровней | Баллы |
|--|-------|
| Разработка нового метода | 10 |
| Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ | 8 |
| Разработка численных экспериментов | 6 |
| Элементарный анализ результатов исследования | 3 |

Таблица 10 - Возможность реализации по времени и масштабам

| Время реализации | Баллы |
|----------------------|-------|
| В течение первых лет | 10 |
| От 5 до 10 лет | 5 |
| Свыше 10 лет | 3 |

Расчет НТУ:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где $k_1 = 0,7$; $k_2 = 0,6$; $k_3 = 0,5$;

$\Pi_1 = 9$; $\Pi_2 = 6$; $\Pi_3 = 4$;

$$\text{НТУ} = 0,7*9+0,6*6+0,3*4 = 11,9.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне исследования, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

5.4.2 Оценка возможных рисков

Произведем оценку рисков. Определение рисков является одним из важнейших моментов при создании проекта. Учет рисков даст возможность избежать опасные факторы, которые негативно отражаются на внедрении в жизнь проекта.

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблицах 1.2-1.6.

Таблица 11 – Социальные риски

| № | Риски | P_i | b_i | w_i | $P_i \cdot w_i$ |
|---|--|-------|-------|-------|-----------------|
| 1 | Низкая квалификация персонала | 0 | 2 | 0,061 | 0 |
| 2 | Непросвещенность предприятий о данном методе | 50 | 4 | 0,168 | 8,928 |
| 3 | Несоблюдение техники безопасности | 25 | 6 | 0,23 | 6,25 |
| 4 | Увеличение нагрузки на персонал | 50 | 4 | 0,168 | 8,928 |
| | Сумма | | 16 | 0,627 | 24,1 |

Таблица 12 – Экономические риски

| № | Риски | P_i | b_i | w_i | $P_i \cdot w_i$ |
|---|--------------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|
| 1 | Инфляция | 100 | 2 | 0,029 | 1,960 |
| 2 | Экономический кризис | 25 | 3 | 0,049 | 0,980 |
| 3 | Непредвиденные расходы в плане работ | 25 | 5 | 0,126 | 5,862 |
| 4 | Сложность выхода на мировой рынок | 75 | 6 | 0,136 | 10,29 |
| | Сумма | | 16 | 0,34 | 19,92 |

Таблица 13 – Технологические риски

| № | Риски | P_i | b_i | w_i | $P_i \cdot w_i$ |
|---|--|-------|-------|-------|-----------------|
| 1 | Возможность поломки оборудования | 25 | 6 | 0,24 | 5,25 |
| 2 | Низкое качество поставленного оборудования | 25 | 8 | 0,313 | 7,0357 |
| | Сумма | | 14 | 0,553 | 12,2857 |

Таблица 14 – Научно-технические риски

| № | Риски | P_i | b_i | w_i | $P_i \cdot w_i$ |
|---|---|-------|-------|-------|-----------------|
| 1 | Развитие конкурентных методов | 50 | 5 | 0,135 | 8,936 |
| 2 | Отсутствие результата в установленные сроки | 25 | 6 | 0,123 | 6,25 |
| 3 | Несвоевременное патентование | 25 | 8 | 0,176 | 3,657 |
| | Сумма | | 19 | 0,434 | 18,843 |

Таблица 15 – Общие риски

| № п/п | Риски | b_i | w_i | $b_i \cdot w_i$ |
|-------|--------------------|-------|-------|-----------------|
| 1 | Социальные | 16 | 0,627 | 10,03 |
| 2 | Экономические | 16 | 0,34 | 5,44 |
| 3 | Технологические | 14 | 0,553 | 7,742 |
| 4 | Научно-технические | 19 | 0,434 | 8,246 |
| Итого | | | | 31,458 |

Расчет рисков дает общую оценку в 31,458. Эта цифра говорит, что проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен вероятных препятствий.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) Определен полный перечень работ, проводимых при компьютерном моделировании. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя и студента-исполнителя составила 97 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 123 календарных дней.

2) Суммарный бюджет затрат НИР составил 121118,4 рублей.

3) Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом, проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.

Заключение

В результате проделанной работы были рассмотрены приборы электроискрового контроля изоляций и защитных покрытий.

В процессе исследования были изучены методы и приборы электроискрового контроля, их физические основы. А так же было разработано техническое задание, структурная и принципиальная схема электроискрового дефектоскопа.

Была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определены возможные альтернативы проведения научных исследований, распланированы научно-исследовательских работы, рассчитан бюджет научно-технического исследования.

Проведен анализ опасных и вредных факторов воздействующих на разработчика ВКР, приведены способы защиты от них. Проанализированы основные источники загрязнения на НПЗ и их влияния на окружающую среду и человека в частности. А также рассмотрена наиболее вероятная чрезвычайная ситуация на объекте (НПЗ), после чего приведены мероприятия по предупреждению ЧС.