

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

Школа Базовой инженерной подготовки

Направление подготовки (специальность) 12.03.01 «Приборостроение»

Отделение Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электризация и электромагнитный контроль дефектности в диэлектрических структурах

УДК 620.179.17:620.120

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чай Сикай		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий научный сотрудник ПНИЛ ЭДиП	Беспалько А.А.	К. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель ОСГН	Николаенко В. С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е. В.	К. х. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Мойзес Б. Б.	К. т. н.		

Томск- 2018 г.

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u>

	уровне и на иностранном языке	<p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Р6	Планировать и проводить теоретические экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и

		<p>диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р9	<p>Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

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

Школа Базовой инженерной подготовки
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Б.Б. Мойзес
(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
151Б40	Чай Сикай

Тема работы:

Электризация и электромагнитный контроль дефектности в диэлектрических структурах

Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.12.2017 № 9954/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2018
--	------------

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>Материал объекта исследования: кальцит, мрамор</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>	<p>Одним из направлений разработки метода мониторинга и краткосрочного прогноза развития деструктивных зон и проявления геодинамических событий является изучение физических основ возникновения электромагнитной эмиссии из сложных по структуре твердотельных материалов и горных пород при акустическом возбуждении. В рамках изучения этих основ необходимо изучить влияние электризации исследуемых материалов, а также влияние зернистости и протяженных дефектов на параметры электромагнитных сигналов. Системы с протяженными дефектами являются моделями имеющихся в горных породах трещин, залеченных другими минералами. Известно, что основным минералом в залеченных трещинах является кальцит. Кроме того кальцит эффективно электризуется. В связи с этим в качестве основного материала для исследования электризации были выбраны образцы кальцита.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>-</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ларионова Е.В.</p>

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.
---	-----------------

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

-

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.10.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий научный сотрудник ПНИЛ ЭДиП	Беспалько А.А.	К. ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чай Сикай		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 с., 15 рис., 25 табл., 23 источников.

Ключевые слова: электризация, поверхностный заряд, акустическое возбуждение, электромагнитный сигнал, спектр.

Объектом исследования являются электромагнитные сигналы диэлектриков с разной структурой при внешнем акустическом воздействии и электромагнитный контроль дефектности в модельных диэлектрических структурах.

В процессе выполнения дипломной работы проводились следующие исследования: изучение особенностей поляризации некоторых минералов и горных пород; определение распределения заряда на поверхности образцов горных пород; изучение поляризации горных пород при наложении внешнего электрического поля; изучение влияния размеров структурных элементов электризованных образцов кальциты на параметры электромагнитных сигналов; измерения параметров электромагнитных сигналов при акустическом возбуждении модельных твердотельных структур с протяженным дефектом, имеющих разное волновое акустическое сопротивление.

Степень внедрения: результаты работы используются при разработке метода мониторинга и краткосрочного прогноза геодинамических процессов по параметрам электромагнитных сигналов и характеристикам электромагнитной эмиссии.

Область применения: неразрушающий контроль дефектности сложных диэлектрических структур; мониторинг и краткосрочный прогноз

геодинамических явлений в шахтном поле рудников.

Экономическая эффективность/значимость работы: Результаты могут использоваться для обнаружения дефектов в сложных диэлектрических структурах, для мониторинга и краткосрочный прогноз геодинамических явлений в шахтном поле рудников. Эти направления использования позволят, с одной стороны, в выявлении дефектности и экономии на выходе из строя устройств, использующих такие детали, а, с другой стороны, использование средств мониторинга и краткосрочного прогноза геодинамических событий позволит экономить на оборудовании, которое может быть завалено горной породой, а также исключить человеческие жертвы.

Содержание

Введение.....	18
1. Распределения зарядов на поверхности образцов горных пород.....	19
2. Поляризация горных пород при наложении внешнего электрического поля.....	20
2.1. Особенности поляризации некоторых минералов и горных пород.....	21
3. Установка для определения поверхностного заряда.....	25
4. Влияние размеров структурных элементов электризованных образцов кальциты на параметры электромагнитных сигналов.....	28
5. Исследование влияния протяженных дефектов на параметры электромагнитных сигналов при акустическом возбуждении.....	37
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.....	47
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
6.1.2 Оценка научного уровня исследования.....	48
6.1.3 SWOT-анализ.....	50
6.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	55
6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	55
6.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	56

6.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	57
6.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	59
6.2.5. Расчет материальных затрат НТИ.....	60
6.2.6. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	61
6.2.7. Основная заработная плата исполнителей темы.....	62
6.2.8. Дополнительная заработная плата.....	65
6.2.9. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисле- ния)..	66
6.2.10 Накладные расходы.....	67
6.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	
6.3 Определение ресурсной и финансовой эффективности исследования...	68
7.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	72
Введение.....	72
7.1. Производственная безопасность.....	72
7.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	72
7.1.2. Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.....	76

7.1.2.1. Недостаточная освещённость.....	78
7.1.2.2. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.....	80
7.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	81
7.2. Экологическая безопасность.....	82
7.2.1. Анализ влияния объекта на окружающую среду.....	82
7.2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.....	84
7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
7.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования.....	85
7.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий при возникновении ЧС.	86
7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	87
7.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	87
7.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны... ..	88
Заключение.....	90
Литература.....	92

Введение

Одним из направлений разработки метода мониторинга и краткосрочного прогноза развития деструктивных зон и проявления геодинамических событий является изучение физических основ возникновения электромагнитной эмиссии из сложных по структуре твердотельных материалов и горных пород при акустическом возбуждении. В рамках изучения этих основ необходимо изучить влияние электризации исследуемых материалов, а также влияние зернистости и протяженных дефектов на параметры электромагнитных сигналов. Системы с протяженными дефектами являются моделями имеющихся в горных породах трещин, залеченных другими минералами. Известно, что основным минералом в залеченных трещинах является кальцит. Кроме того кальцит эффективно электризуется. В связи с этим в качестве основного материала для исследования электризации были выбраны образцы кальцита.

В отличие от электризации зернистости и исследования изменений параметров электромагнитных сигналов для изучения влияния протяженных дефектов с разным акустическим импедансом в качестве основного минерала, между кристаллами которого зажимался дефект, использовался кварц. В экспериментах необходимо было создавать акустический контакт между кварцем и протяженным дефектом путем смазывания контактов минеральным маслом. Исследования модельных систем с протяженным дефектом позволят определиться с изменениями параметров электромагнитных сигналов в горных породах с различными включениями и залеченными трещинами.

В связи с вышесказанным темы выпускной квалификационной работы

«Электризация и электромагнитный контроль дефектности в диэлектрических структурах» является актуальной.

1. Распределения зарядов на поверхности образцов горных пород

Для исследования распределения зарядов без вызванной внешним электрическим полем электризации при нормальных условиях использовали образцы известняка, сиенитового скарна и магнетитовой руды из скважинных кернов шахты Таштагольского месторождения. При этом образцы сиенитового скарна имели высокое удельное электрическое сопротивление ($10^6 - 10^7$) Ом·м, известняка – ($10^4 - 10^5$) Ом·м, а магнетитовой руды – ($10^3 - 10^2$) Ом·м. Использование в экспериментах этих образцов обусловлено тем, что базовым месторождением для исследования электромагнитной эмиссии горных пород в лабораторных и натуральных экспериментах было выбрано Таштагольское железорудное месторождение. Кроме того, для этих целей использовали и натечный сталактит из кальция с залеченной трещиной. Образцы магнетитовой руды отрезали от керна диаметром $4.2 \cdot 10^{-2}$ м и толщиной $5 \cdot 10^{-3}$ м.

Для исследования распределения вызванной электризации и ее релаксации во времени были отобраны образцы природных кальцитов или карбоната кальция CaCO_3 . Кальцит встречается в природе повсеместно в виде мраморов, известняков, сталактитов и сталагмитов, а также в других видах и формациях. Отбирались образцы кальцита из мрамора, которые имели размеры $(8.0 \times 2.0 \times 2.0) \cdot 10^{-6}$ м³ и обладали следующими структурами: крупнокристаллическая (кр/кр) с зернами размером $(3-6) \cdot 10^{-3}$ м, мелкокристаллическая структурой (м/кр) с зернами размером $(1-3) \cdot 10^{-3}$ м. В

дополнение к образцам из мрамора использовали аморфный сталактит с залеченной трещиной с такими же размерами.

Все образцы изготавливались на отрезном станке Brilliant 230 алмазной пилой. Затем производили доводку поверхностей корундовыми шлифовальными порошками диаметром от $60 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-6}$ м на шлифовально-полировальном станке «Beta» с последующей промывкой и просушкой в сушильном шкафу при температуре не выше 100°C .

Измерение электрических зарядов проводилось на установке с вибрирующим электродом. На этой установке измерялась величина электрического тока, по величине которого рассчитывалась величина поверхностного заряда σ_r [1].

2. Поляризация горных пород при наложении внешнего электрического поля

В настоящее время хорошо изучена поляризация горных пород при наложении внешнего электрического поля. Это приводит к смещениям центров положительных и отрицательных внутренних связанных зарядов в кристаллах. В результате такого смещения на поверхности горных пород появляются не скомпенсированные заряды. Создаваемое этими зарядами поле направлено противоположно внешнему полю и ослабляет его.

В соответствие с механизмами и типами частиц в настоящее время выделяют четыре основных вида поляризации: электронную, ионную, дипольную и миграционную (микроструктурную) [1, 2].

При поляризации горных пород во внешнем электрическом поле различают электронную (время установления 10^{-15} сек.), ионную (время установления 10^{-14} - 10^{-12} с), дипольную ориентационную (время установления 10^{-10} - 10^{-7} с), объемную микроструктурную или миграционную (время установления 10^{-8} - 10^{-3} с) и медленную электрохимическую поляризацию (время установления сотни секунд до десятков минут) [3,4]. Дипольная и миграционная поляризации имеют времена установления близкие к частотам, применяемым на практике электромагнитных полей, поэтому эти виды поляризации называют релаксационными или медленными по сравнению с временами смещения электронов и ионов.

В горных породах при их залегании всегда обнаруживаются естественные электрические поля, обусловленные локальными и теллурическими токами. Теллурические токи возникают при вариациях магнитного поля Земли [5]. Локальные токи сопровождают окислительно-восстановительные, диффузионно-адсорбционные и фильтрационные, термоэлектрические и биологические явления, а также процессы трения и сдвигения в массивах горных пород.

Поляризации пород сопутствует явление электрострикции, которое заключается в деформировании диэлектриков под действием электрического поля. Это явление свойственно практически всем горным породам [4].

2.1. Особенности поляризации некоторых минералов и горных пород

Внешние электрические поля могут возникать в местах изменений

механических напряжений, например, при добыче рудных и нерудных полезных ископаемых, при формировании геодинамических явлений в недрах Земли. Так в работах [6, 7] показали возможные связи изменений атмосферного электрического поля и НДС массива горных пород над месторождениями полезных ископаемых, находящихся в разработке. В работе [8] исследуют формирование квазистационарного электрического поля в подвергнутых нагружению горных породах, а в работе [9] рассматриваются процессы зарядания поверхностей при разрушении, контакте, трении или нагреве твердых тел.

Существуют особые случаи поляризации минералов и горных пород. Так из 32 кристаллографических классов минералов 11 имеют центры симметрии. Они поляризуются под действием внешних электрических полей по закономерностям, приведенным выше по тексту. Остальные кристаллографические классы не имеют центров симметрии. Для этих классов минералов поляризация возникает под действием механических нагрузок. Это явление имеет название пьезоэлектрический эффект [10, 2]. Здесь величина поляризации пропорциональна действующим механическим напряжениям, где коэффициент пропорциональности является характеристикой пьезоэлектрического эффекта и носит название пьезоэлектрический модуль.

Известно также, что десять кристаллографических классов из известных пьезоэлектриков имеют оси, по которым свойства кристаллов во взаимно противоположных направлениях различаются. Такие кристаллы самопроизвольно поляризованы, и величина поляризации, в этом случае,

зависит от температуры. Эти кристаллы называют пирозлектриками [11]. Нагрев пирозлектриков ведет к их зарядению по осям, имеющим разные свойства в положительном и отрицательном направлениях. Охлаждение приводит к переполяризации кристалла. Явление пирозэффекта обратимо в электрических полях. При направлении электрического поля по электрической оси приводит к нагреву, а в противоположном направлении происходит охлаждение кристалла.

Пирозлектрики поляризуются спонтанно. При этом направление поляризации не может быть изменено внешним электрическим полем подобно сегнетоэлектрикам. В сегнетоэлектриках направление самопроизвольной поляризации меняется при воздействии внешнего электрического поля. Сегнетоэлектрическими свойствами обладают минералы кубической, тетрагональной, ромбической и моноклинной групп симметрии. Поляризация сегнетоэлектриков значительна даже при очень малых напряженностях электрического поля. Поэтому у них очень большая диэлектрическая проницаемость до нескольких тысяч. Их диэлектрическая проницаемость сильно зависит от температуры, которая имеет критические значения (точка Кюри), выше которых сегнетоэлектрики деполяризуются. У каждого минерала своя точка Кюри [11, 12].

Еще одним механизмом поляризации является трение. Практически все диэлектрические, а также слабые полупроводниковые минералы способны поляризоваться при трении. Возникающее при этом зарядовое состояние называют трибоэлектрическим зарядением. Трибоэлектричество имеет

определенные закономерности. Так при трении двух химически одинаковых тел положительные заряды получает более плотное из них. Трение двух диэлектриков сопровождается положительным зарядением вещества с диэлектрической проницаемостью ϵ_B большей, чем у вещества с меньшей ϵ_M . В трибоэлектрическом ряду Майкла Фарадея показано, что предыдущее тело электризуется положительно, а последующее будет электризоваться отрицательно: (+) мех, фланель, слоновая кость, перья, горный хрусталь, флинтглас, бумажная ткань, шёлк, дерево, металлы, сера (-). При этом первый ректор Томского университета физик Гезехус Н.А. обнаружил, что в трибоэлектрическом ряду диэлектрики следуют по убыванию их твердости. Первым с положительной стороны ряда электризации располагается (+) алмаз (твердость 10), топаз (твердость 8), горный хрусталь (твердость 7), гладкое стекло (твердость 5), слюда (твердость 3), кальцит (твердость 3), сера (твердость 2), а первым с отрицательной стороны электризации – воск (твердость 1) (-). Эта классификация называется рядом Гезехуса. Электризация пропорциональна поверхности натирающего тела. Жидкие диэлектрики имеют другие закономерности. Так положительный заряд приобретает жидкий диэлектрик с большей $\epsilon_{ж}$ или с большим поверхностным натяжением [13].

Все эти закономерности электризации минералов и горных пород необходимо учитывать при выявлении и уточнении связей параметров электромагнитных сигналов с изменяющимся механическим воздействием. При этом важным является моделирование и проведение исследований поляризации и электромагнитной эмиссии образцов горных пород с разной

структурой, зернистостью и слоистостью, в том числе при наложении внешних электрических и магнитных полей, а также при механической нагрузке и акустическом воздействии.

3. Установка для определения поверхностного заряда

Основной величиной, характеризующей свойства диэлектриков, в том числе большинство минералов и горных пород, является поверхностная плотность заряда σ_n . Существуют различные методы измерения заряда. К ним относится метод электростатической индукции, метод индуцирования переменного тока в поле диэлектрика (вибрационный метод), компенсационный метод, метод электростатического взаимодействия, метод термодеполяризации и другие [14, 1].

Для исследования поверхностного заряда горных пород наиболее приемлемым и точным является вибрационный метод [14]. Этот метод основан на изменении воздушного зазора между электродом и диэлектриком. При изменении воздушного зазора в цепи, соединяющей электроды, появится ток (Рис.1).

Зададим синусоидальное изменение зазора между электродом и диэлектриком l , тогда $l = l_0 + \Delta l \cdot \sin \omega t$, где l_0 – средняя величина зазора, Δl – амплитуда колебания подвижного электрода относительно l_0 , ω – круговая частота колебания электрода.

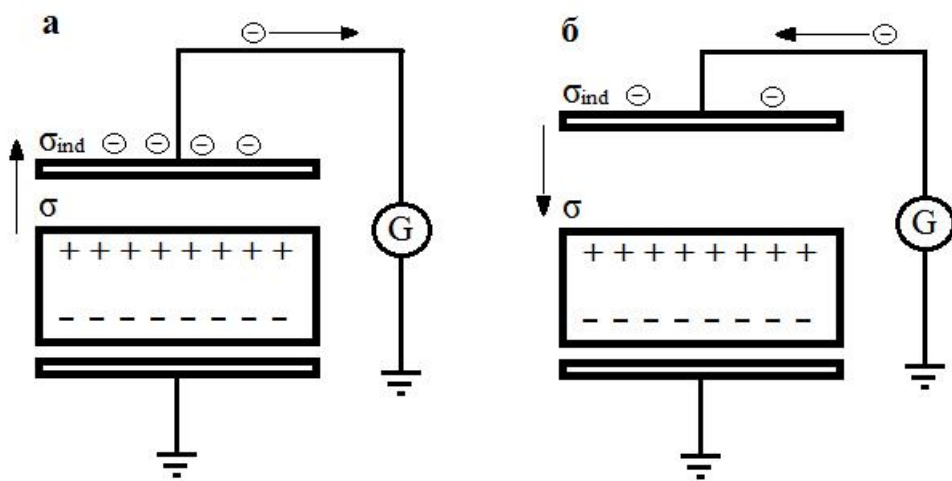


Рис.1. Схема индуцирования электрического тока при перемещении подвижного электрода в поле диэлектрика: а – минимальное приближение электрода к диэлектрику; б – максимальное отдаление подвижного электрода от диэлектрика; σ_{ind} – индуцированный заряд; G – гальванометр.

При периодическом изменении величины зазора в большую или меньшую стороны во внешней цепи через гальванометр G потечет переменный ток $I = C\omega\Delta l\sigma \cos\omega t$. В этой формуле $C = \varepsilon C/L \cdot l/(\varepsilon l/L + l)^2$ является коэффициентом, зависящим от размеров диэлектрика, величины зазоров l_0 и Δl , а также диэлектрической проницаемости материала диэлектрика. Тогда измеряя амплитуду тока I и амплитуды колебаний подвижного электрода Δl , можно определить величину поверхностного заряда диэлектрика [1].

В ПНИЛ ЭДиП ТПУ был изготовлен прибор для вибрационного измерения индуцированного переменного тока в поле диэлектрика для реализации вибрационного метода определения заряда на поверхности диэлектрика. На рис. 2. показан его общий вид.

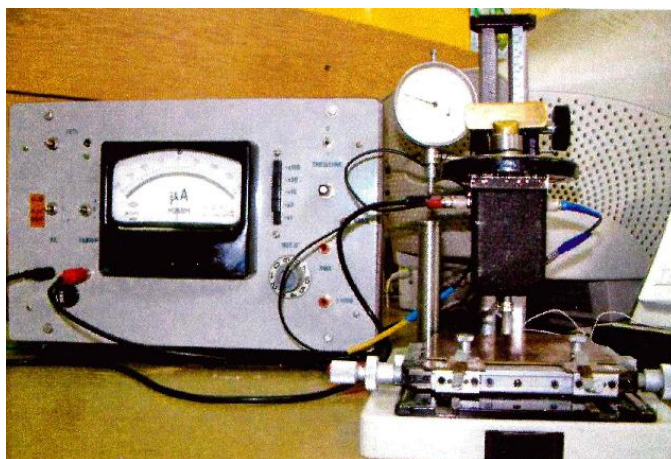


Рис. 2. Общий вид вибрационного измерителя индуцированного переменного тока в поле диэлектрика для реализации вибрационного метода определения заряда на поверхности диэлектрика.

Прибор использовался для определения зарядового состояния поверхности срезов горных пород, которые перед этим шлифовались и подвергались сушке. В процессе измерения сравнивалось распределение заряда на поверхности образцов с их текстурой.

В дальнейшем проводились измерения распределение поверхностного заряда на образцах сиенитового скарна из Таштагольского месторождения. Удельное электрическое сопротивление сиенитового скарна высокое и находится в интервале $(10^6 - 10^7)$ Ом·м. Сиенит относится к группе кристаллических зернистых горных пород, близких к гранитам. В его состав в основном входят щелочной полевой шпат, роговая обманка, биотит или пироксен. Последние два очень хорошо электризуются. Структура образца полнокристаллическая равномерно-зернистая. Распределение заряда измеряли на образце, выпиленного из керна диаметром $42 \cdot 10^{-3}$ м и толщиной $7.5 \cdot 10^{-3}$ м. На Рис.3 представлен общий вид образца сиенитового скарна, в котором имеются

вкрапления и прожилок из кальцита. Прожилки кальцита имеют толщину около $2 \cdot 10^{-3}$ м.

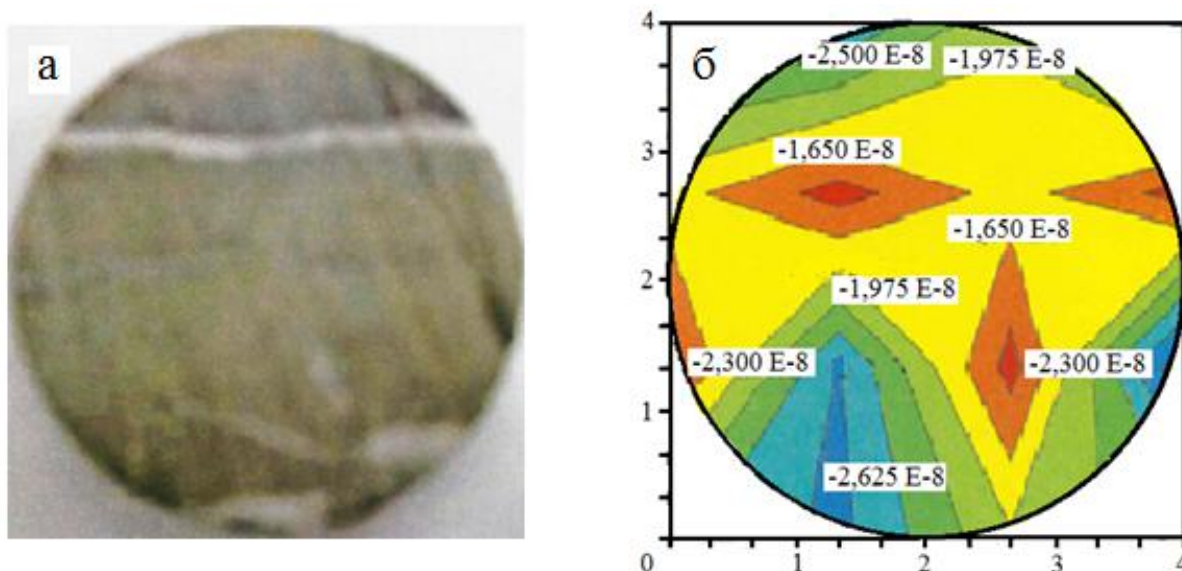


Рис.3. Распределение заряда на поверхности образца сиенитового скарна: а – фотография поверхности образца; б – изолинии распределения заряда по поверхности образца в кулонах.

На Рис.3б представлены результаты распределения заряда на этой поверхности. Видно, что заряд на поверхности образца распределен неравномерно, а вокруг прожилка и вкраплений заряды близки по величине и имеют минимальные значения. Измерения также показали, что заряды имеют минусовые значения на всей поверхности образца, при этом одинаковые величины зарядов находятся в пределах изолиний, указанных на рисунке 3б. Значения измеренных зарядов находятся в пределах $(2.65 - 1.65) \cdot 10^{-8}$ Кл.

4. Влияние размеров структурных элементов электризованных образцов кальцита на параметры электромагнитных сигналов

Электризация диэлектрических материалов и горных пород вызывает

изменение их зарядового состояния. В процессе механического или акустического воздействия на такие материалы возникает электромагнитная эмиссия. Зарядовое состояние определяется электрическими характеристиками исследуемых объектов, которые, в свою очередь, зависят и от структуры материала. В связи с этим необходимо определить взаимосвязь механоэлектрических преобразований с размерами структурных элементов горных пород. Для этого проведено исследование параметров электромагнитного сигнала (ЭМС) при акустическом возбуждении электризованных образцов мрамора крупнокристаллического (кр/кр) с размером зерен 3-6 мм и мелкокристаллического (м/кр) с размером зерен 1-3 мм, а также сталактита, имеющего натечную структуру. Образцы имели форму параллелепипеда с размерами (80x23x21) мм³.

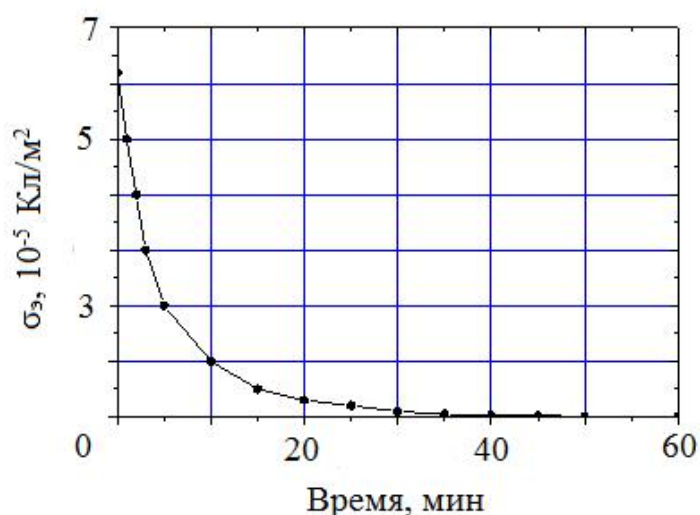


Рис.4. Зависимость релаксации заряда от времени на цилиндрическом эбоните

Электризация поверхности образцов осуществлялась с помощью заряженного трением эбонита, величина поверхностного заряда которого

составила $\sigma_s = 6 \cdot 10^{-11}$ Кл/мм². На Рис. 4 приведена зависимость релаксации заряда эбонита. Время релаксации заряда с эбонита порядка 5 минут, а время полной разрядки - 30 минут. В исходном состоянии величина поверхностного заряда крупнокристаллического мрамора $\sigma_{ск} = -1.18 \cdot 10^{-13}$ Кл/мм², мелкокристаллического мрамора $\sigma_{см} = -1.15 \cdot 10^{-13}$ Кл/мм², а сталактита $\sigma_{сс} = +1.07 \cdot 10^{-12}$ Кл/мм². В процессе электризации величина плотности поверхностного заряда на образцах изменилась и стала $\sigma'_{ск} = +1 \cdot 10^{-12}$ Кл/мм² для крупнокристаллического мрамора, $\sigma'_{см} = +2,5 \cdot 10^{-12}$ Кл/мм² для мелкокристаллического и $\sigma'_{сс} = +2.5 \cdot 10^{-12}$ Кл/мм² для сталактита. Таким образом, произошла поляризация образцов и суммарный заряд наэлектризованных поверхностей образцов стал положительным. Измеренное время релаксации поляризованного состояния для кр/кр мрамора составило 50 минут, для м/кр мрамора - 80 минут, а для сталактита - 90 мин. На рис. 5 приведено изменение величины поверхностного заряда образцов кальцитов от времени.

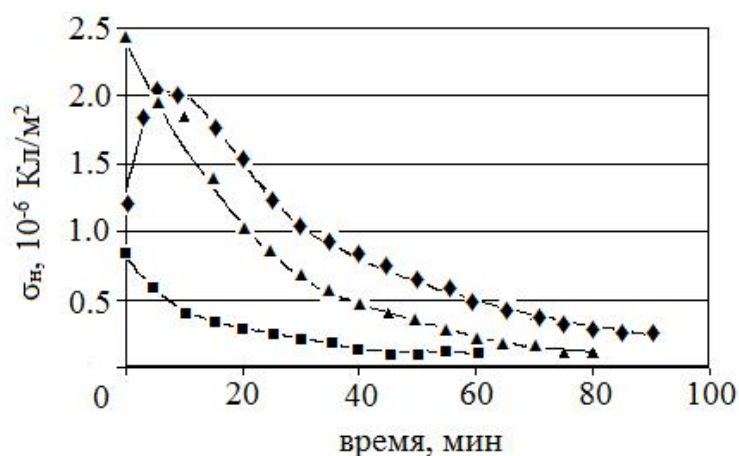


Рис. 5. Зависимость релаксации наведенной плотности поверхностного заряда σ_n на образцах кальцита от времени: ■ – мрамор крупнокристаллический; ▲ – мрамор мелкокристаллический; ◆ – сталактит.

На рисунке видно, что с уменьшением размеров структурных элементов образцов увеличилось время релаксации поверхностного заряда. Вид полученных зависимостей указывает на то, что при внесении электрического заряда в образцы возникает электрическое поле, которое в результате деформирования двойных электрических слоев на границах между зернами, приводит к вызванной поляризации породы. Изменение величины поверхностного заряда происходит скачкообразно, затем идет процесс восстановления σ , что проявляется в снижении величины поверхностной плотности заряда и, как следствие, к уменьшению потенциала вызванной поляризации.

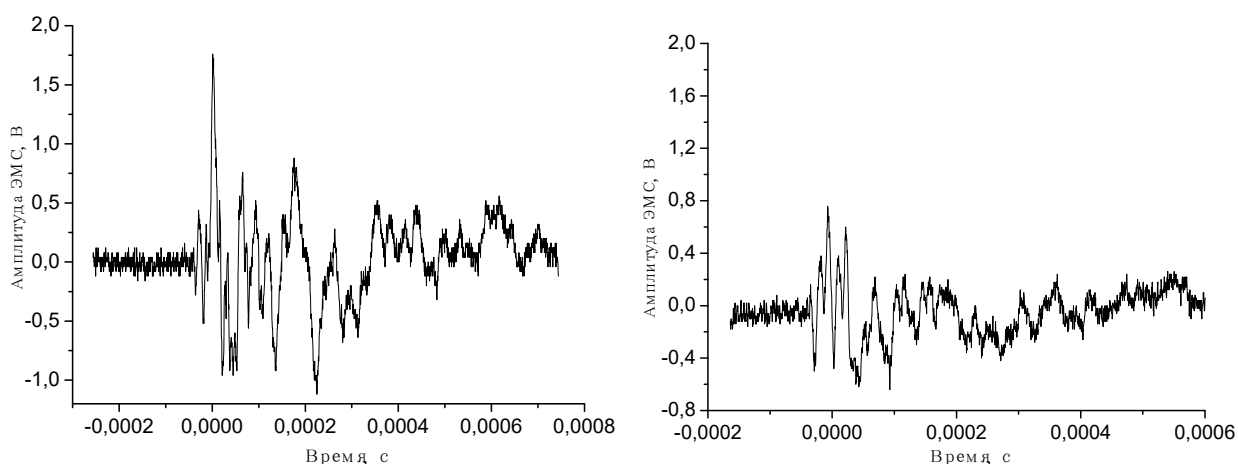


Рис.6. Электромагнитные сигналы при акустическом возбуждении электризованных образцов крупнокристаллического (а) и мелкокристаллического (б) мрамора.

Известно, что величина поляризации зависит от размеров зерен. Скорость изменения поляризованного состояния (ν) оценивалась по изменению величины σ в процессе ее релаксации. В нашем случае: для кр/кр мрамора $\nu_k = 9,77$; для

м/кр $v_m = 22,7$; сталактита $v_s = 0,47$. Из полученных данных видно, что скорость v зависит от размеров структурных элементов. Величина поверхностного заряда при электризации образца сталактита изменяется незначительно и остается положительной в обоих случаях. Так как разность между исходной σ и σ' небольшая, то и потенциал вызванной поляризации низкий. Процесс релаксации σ'_{ss} сталактита имеет особенности. В течение 15 минут после инжектирования заряда на поверхность сталактита наблюдается постепенное увеличение σ_{ss} , а затем его снижение с постоянной скоростью v_s . Это связано с тем, что, по сравнению с крупнокристаллическим и мелкокристаллическим мраморами, в сталактите в компенсации инжектированного заряда участвуют другие более медленные виды поляризации, например, «внешняя» релаксационная поляризация. Такая поляризация может происходить как в натечных слоях, так и на закристаллизованной внутренней трещине, которая расположена вдоль заряжаемой плоскости. Наличие конкурирующих видов поляризаций, имеющих различные времена релаксаций, последующие их изменения в результате нейтрализации инжектированного заряда и привело к экспериментально полученным зависимостям (Рис. 5).

Таким образом, можно сказать о том, что при инжектировании электрического заряда на поверхность образцов кр/кр и м/кр мрамора их поляризация протекает по одному типу, в то время как в сталактите с пространственным внутренним дефектом компенсация внесенного заряда происходит путем различных видов вызванной упругой и внешней

релаксационной поляризации. Релаксация плотности индуцированного поверхностного заряда определяется структурно-текстурными особенностями конкретного образца мрамора.

Для выявления взаимосвязи структуры кальцита, поляризации и механоэлектрических преобразований в них проведены исследования электромагнитной эмиссии в процессе их пьезоакустического возбуждения. Регистрация электромагнитного сигнала проводилась на специально созданной установке по пьезовозбуждению исследуемых образцов акустическими импульсами длительностью $5 \cdot 10^{-6}$ с.

Перед началом эксперимента образцы электризовались с помощью заряженного эбонита. Измерялся поверхностный заряд образцов. В образцах акустический сигнал создавался с помощью пьезопреобразователя с интервалом 3 минуты до полной релаксации заряда с одновременной регистрацией электромагнитного сигнала. Зарегистрированная амплитуда ЭМС для кальцитов в исходном зарядовом состоянии порядка 100-400 мВ.

В результате исследований установлено, что внесение на поверхность образцов одинакового по величине заряда привело к различным значениям амплитуды электромагнитного сигнала. На рис.6, в соответствие с релаксацией инжектированного заряда, приведены изменения амплитуды электромагнитных сигналов, зарегистрированные при акустическом возбуждении образцов мрамора. В крупнокристаллическом мраморе (рис.6а) амплитуда ЭМС увеличилась на порядок по сравнению с исходным значением и составила около 2 В. Для мелкокристаллического мрамора (рис.6б) также отмечается увеличение

амплитуды ЭМС при электризации поверхности, но меньше, чем у крупнокристаллического мрамора и составила порядка 800-900 мВ. При аналогичных экспериментах на сталактите амплитуда ЭМС практически не изменилась. Таким образом, внесение заряда на поверхность образцов вызвало их поляризацию, деформирование двойных электрических слоев и, как следствие, привело к увеличению амплитуда ЭМС крупнокристаллического и мелкокристаллического мрамора. По мере релаксации поляризованного состояния образцов наблюдается уменьшение амплитуды ЭМС.

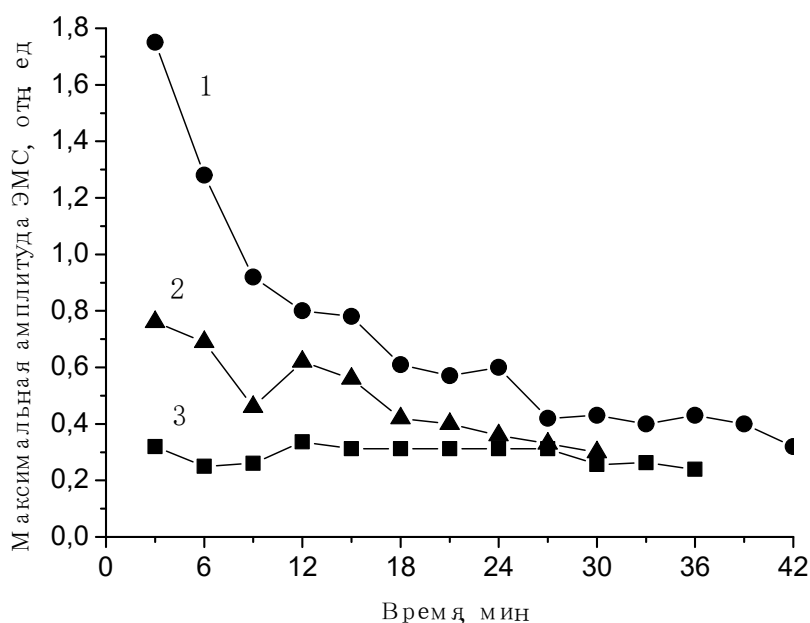


Рис. 7. Изменение амплитуды ЭМС при релаксации поляризованного состояния: 1–кр/к мрамор, 2-мл/к мрамор, 3-сталактит

На рис. 7 приведены зависимости изменения амплитуды ЭМС при релаксации поляризованного состояния для исследуемых образцов. Приведенные на рис. 7 зависимости для крупнокристаллического и мелкокристаллического мрамора имеют вид экспоненты, общий вид которой

$A_{\text{ЭМС}} = A_0 \cdot \exp(-x/k)$, где $A_{\text{ЭМС}}$ – амплитуда регистрируемого электромагнитного сигнала; x – время измерений с начала внесения заряда; A_0, k , – эмпирические коэффициенты.

Этот вид соответствует математическому описанию процесса релаксации поляризованного состояния образцов, а именно, $P(t) = P_0 \exp -(t/\tau)$, где $P(t)$ – изменения поляризованного состояния образца во времени, P_0 – значение поляризованного состояния образца в момент окончания инжектирования заряда на поверхность образца, t – время протекания процесса, τ - время релаксации, которое определено выше экспериментально.

Исследование амплитудно-частотных характеристик электромагнитного сигнала, выполненное с помощью быстрого преобразования Фурье, показало, что и в его спектре наблюдаются отличия для образцов мрамора, различающихся по размеру структурных элементов. На рис.8 приведены амплитудно-частотные характеристики поляризованных образцов. На рисунках видно, что основная разница в спектрах крупнокристаллического (рис.8а) и мелкокристаллического (рис.8б) мраморов наблюдается до 40 кГц и выше 80 кГц. Нами установлено, что диапазон 50-80 кГц обусловлен собственными колебаниями образцов в процессе акустического возбуждения. \

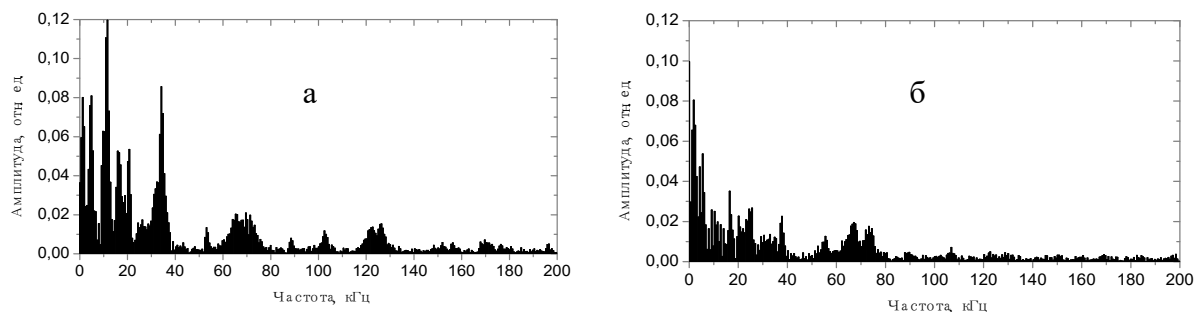


Рис. 8. Амплитудно-частотные характеристики электризованных образцов мрамора: а – крупнокристаллический; б – мелкокристаллический

Известно, что в массивах на адгезионных границах породообразующих минералов-диэлектриков при механическом или акустическом воздействии на горную породу появление электрического заряда может быть вызвано вследствие: а) пьезоэффекта, б) развития пластической деформации и трения, в) разрушения диэлектрических минералов и адгезионных границ и др. В работе Балбачана М.Я. показано, что в процессе трибоэлектризации горная порода приобретает электретное состояние, которое определяется приповерхностными слоями связанных зарядов и остаточной релаксационной поляризацией в объеме, а также поляризацией, обусловленной «свободными» зарядами. Поляризация в целом компенсирует связанные приповерхностные заряды, при этом электретное состояние локализуется на уровне минеральных зерен в объеме. Однако, при механическом воздействии на горные породы возникают акустические сигналы, которые распространяются по образцу и участвуют в

механоэлектрических преобразованиях на двойных электрических слоях. Следовательно, при акустическом возбуждении электризованных кальцитов (мраморов), при отсутствии механического воздействия, можно ожидать те же механизмы механоэлектрических преобразований, что и при деформировании или трибоэлектризации.

Таким образом, электризация образцов кальцита, отличающихся по размеру структурных элементов, приводит к их поляризации и к увеличению поверхностной плотности заряда с уменьшением размеров структурных элементов. Подобную зависимость имеет и время релаксации поверхностного заряда, в то время как параметры ЭМС при акустическом возбуждении таких образцов имеют обратную зависимость. В натечном кальците (сталактите) процесс поляризации носит более сложный характер.

5. Исследование влияния протяженных дефектов на параметры электромагнитных сигналов при акустическом возбуждении

В качестве дефектной системы использовались кристаллы кварца со вставкой. Для вставок по всей плоскости контактов использовались материалы, волновое акустическое сопротивление (акустический импеданс) которых $z_i = \rho_i c_i$, где ρ_i – плотность материала, а c_i – скорость продольная звука в нем, отличалось или было близким к акустическому импедансу кристаллов кварца $z_k = \rho_{кп} c_{кп}$, где $\rho_{кп} = 2650$ кг/м³, $c_{кп} = 5900$ м/с. Для используемого направления распространения продольного звука $z_k = 15.6 \cdot 10^6$ кг/м²·с. Используемые для моделирования кристаллы кварца, как уже отмечалось выше, имели форму параллелепипеда с размерами $(6.0 \cdot 4.0 \cdot 3.0) \cdot 10^{-6}$ м³. Меньшими гранями

кристаллы прижимались друг к другу через тонкие вставки из различных материалов, моделируя слоистость горных пород. В качестве вставки использовался метилметакрилат (ПММА, оргстекло) толщиной $3 \cdot 10^{-3}$ м. Оргстекло имеет меньшую чем у кварца плотность $\rho_{орг} = 1200$ кг/м³ и почти в два раза меньшую скорость продольной волны $c_{орг} = 2670$ м/с. Для ПММА $z_{орг} = 3.2 \cdot 10^6$ кг/м²·с. В расчетах принималось, что прочностные свойства материала образца справочные. Контакт между кристаллами кварца и ПММА осуществляли с помощью минерального масла. Импульсная нагрузка прикладывалась по центру боковой грани одного образца кварца площадью $(4.0 \cdot 3.0) \cdot 10^{-4}$ м² нормально наибольшей поверхности вставки.

Производился численный расчет в представленной выше модельной системе образцов со вставкой [15]. Задача реализовывалась в плоской постановке. Это позволило использовать в расчетах конечно-разностные сетки с мелким шагом. Такой подход особенно актуален при анализе деформаций и напряжений с большими градиентами. Такие градиенты деформаций и напряжений неизбежно возникнут в окрестностях вставки. Такой подход относится и к статической задаче, когда рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС) среды в окрестности вставки, и к параметрам НДС, анализируемых в волновой постановке. С другой стороны, плоская постановка задачи, так же как и пространственная, позволяет проследить наличие основных эффектов в проходящей упругой волне. В частности, это относится к описанию продольных и поперечных волн, их скоростей и т.д. Используемая для расчетов область представляла форму

прямоугольника. Размер прямоугольника определялся продольным сечением модельной слоистой системы со вставкой. При расчетах использовали линейные геометрические соотношения Коши, связывающие деформации и перемещения, и линейные физические соотношения между напряжениями и деформациями. Уравнения равновесия также принимались в стандартном для плоских постановок виде.

При распространении акустического импульса по модельной системе образцов со вставкой изменялось и ее напряженно-деформированное состояние. При численной реализации определения изменений НДС в такой системе использовалась нецентральная разностная схема второго порядка точности относительно шагов по пространственной и временной переменной. По внутренней сходимости при изменении параметров пространственной сетки и шагов интегрирования по времени оценивалась корректность результатов расчетов. Результаты расчетов визуализируются в виде трехмерных волновых областей, иллюстрирующих распространение упругих возмущений в среднем сечении модельной системе образцов со вставкой. На рис. 9 приведены результаты расчетов распространения упругих возмущений в трехмерном виде по модельной системе с ПММА. Общая длительность импульса приложенной нагрузки в расчетах составляла величину $t_0 / 2 = 50 \cdot 10^{-6}$ с. На рис. 9а,б представлены результаты расчетов изменения НДС при $6 \cdot 10^{-6}$ с (а) и при $12 \cdot 10^{-6}$ с (б). Приложенное упругое возмущение за это время еще не дошло до вставки. Таким образом, за это время процесс развивается в расчетной области как в случае однородного материала. Поскольку колоколообразный импульс,

заданный для расчетов искусственно обрезался по ширине граничными условиями, то в зоне приложения нагрузки наблюдается два всплеска напряжений.

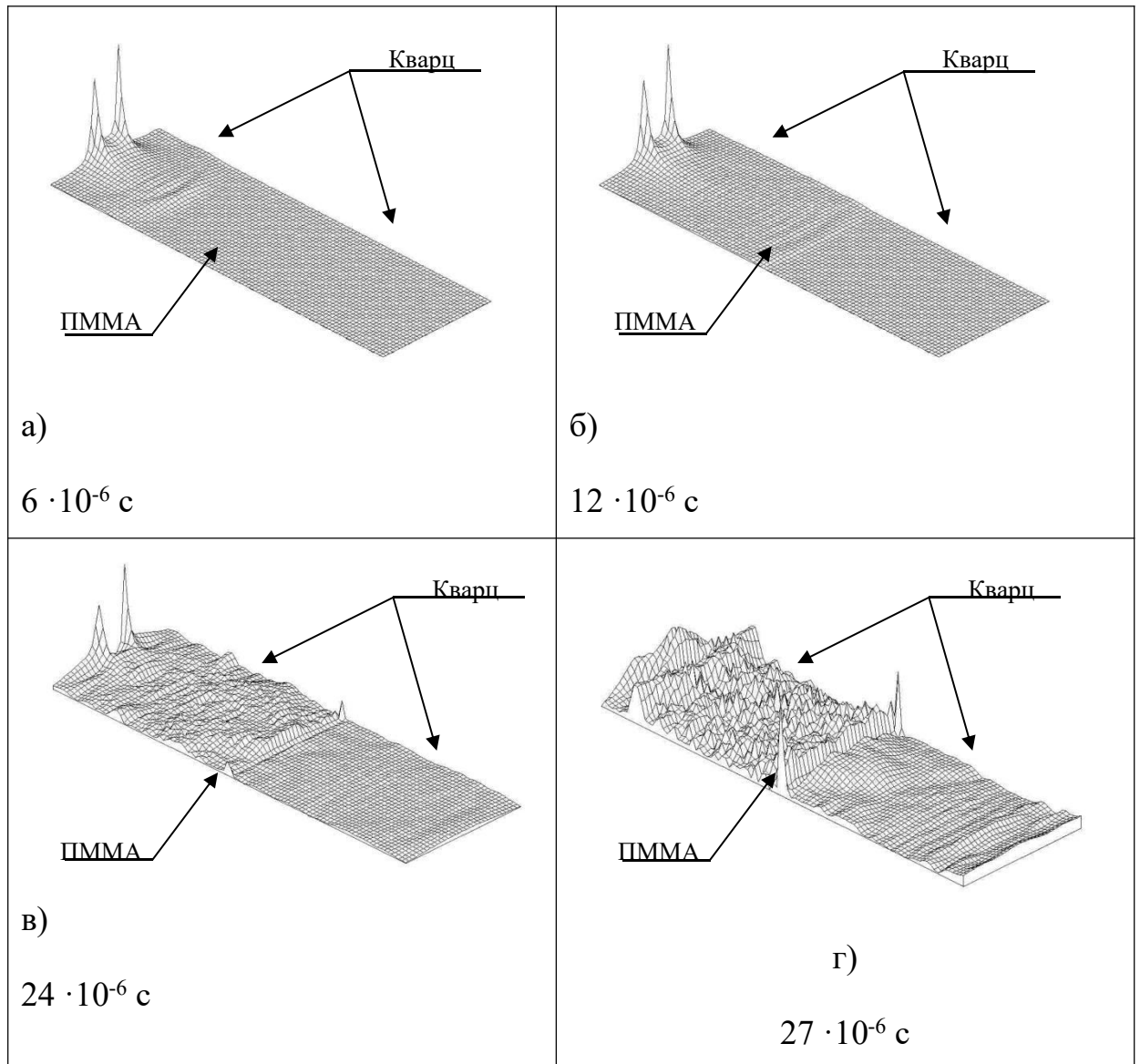


Рис. 9. Распределение интенсивности напряжений на поверхности модельной системы образцов со вставкой в моменты времени: а) – $6 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, б) – $12 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, в) – $24 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, г) – $27 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

Это обуславливает его скачкообразное изменение, и, соответственно, к появлению пиков напряжений. Далее на рис. 9 приведены изменения НДС для моментов времени $24 \cdot 10^{-6}$ с (в) и $27 \cdot 10^{-6}$ с (г). Расчет показал, что за $15 \cdot 10^{-6}$ с возмущения достигают вставки. По законам акустики [10] часть возмущений отражается, а другая проходит дальше, в соответствии с соотношениями волновых сопротивлений кварца и ПММА. В результате до вставки возникают высокочастотные колебания. Осцилляции напряжений хорошо заметны на рис. 9 в моменты времени, соответствующие $24 \cdot 10^{-6}$ с и $27 \cdot 10^{-6}$ с. За вставкой изменения НДС имеют меньшие амплитуды и частоты. Необходимо отметить, что изменение частоты очевидно связано с деформационно-прочностными характеристиками материала вставки. Здесь вставка из ПММА, имеющая в три раза меньший акустический импеданс, отсекает высокочастотный спектр волнового процесса и выполняет роль демпфера. В образце кварца при распространении колоколообразного импульса до вставки наоборот присутствуют высокочастотные колебания, которые возникают при наложении акустических возмущений в процессе отражения.

Для выявления связи параметров акустических импульсов возбуждения тройных модельных слоистых структур и амплитудно-частотных спектров электромагнитных сигналов, возникающих в них в следствие механоэлектрических преобразований, были проведены исследования на слоистых модельных системах образцов кварца, описание которых приведено выше, со вставками между ними, имеющими разный акустический импеданс.

Эксперимент проводился на установке, блок-схема которой приведена на

рис. 10.

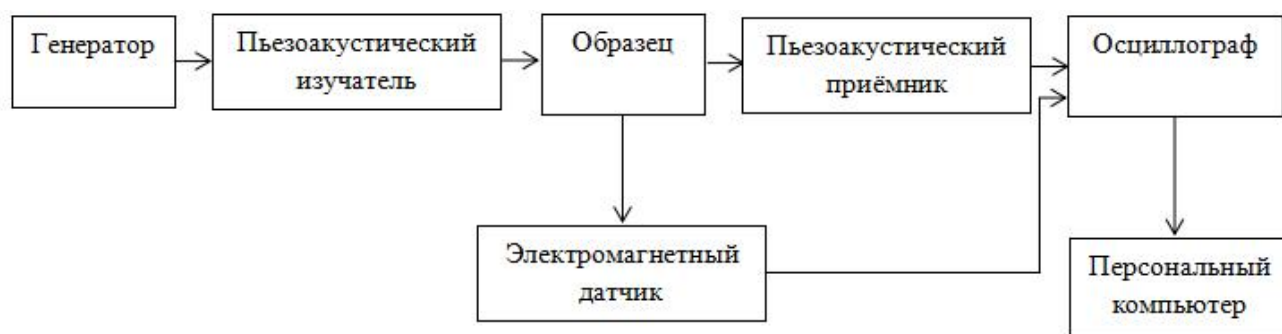


Рис. 10. Блок-схема экспериментальной установка для регистрации электромагнитного сигнала при пьезоакустическом воздействии.

При регистрации ЭМС использовался дифференциальный емкостной датчик с двумя принимающими пластинками площадью по 10^{-6} м². Датчик перемещался вдоль оси боковой поверхности тройных модельных слоистых структур с помощью лимба оптического столика. Акустическое возбуждение модельных систем проводилось с помощью пьезоэлектрического излучателя. Длительность акустического импульса воздействия $50 \cdot 10^{-6}$ с, а давление на поверхности кварца составляло $40 \cdot 10^6$ Па. При этом на обкладки пьезоэлектрической керамики подавали импульс напряжения 400 В. Сначала в качестве протяженного дефекта использовался полиметилметакрилат (оргстекло) толщиной $1.7 \cdot 10^{-3}$ м, $2.3 \cdot 10^{-3}$ м и $4.3 \cdot 10^{-3}$ м. Измерения проводились через каждые $5 \cdot 10^{-3}$ м по 20 точкам, на которые была разделена поверхность модельной системы. Статистика измерений параметров ЭМС по каждой точке была не менее десяти возбуждений акустическим импульсом. Таким образом, «сканировали» всю длину распространения акустического сигнала по слоистой модельной системе. На рис. 11 приведены характерные спектры электромагнитного и акустического сигналов при озвучивании слоистой

системы.

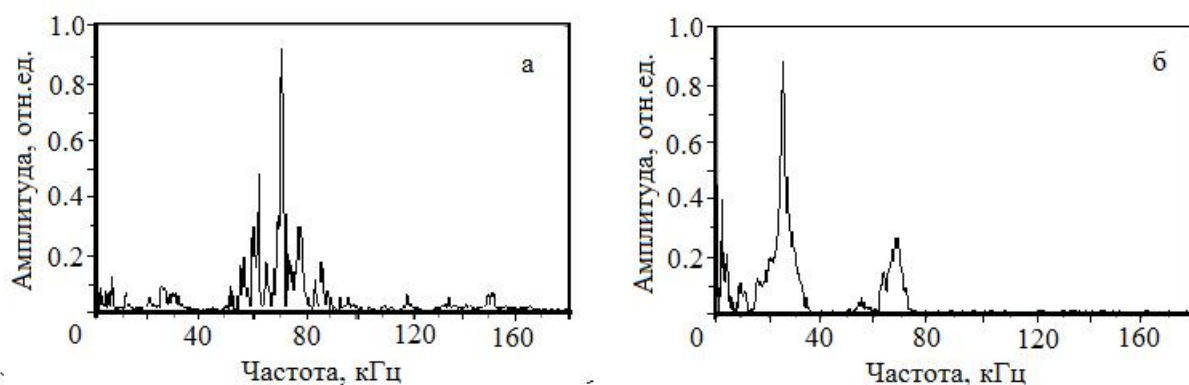


Рис. 11. Амплитудно-частотные спектры электромагнитного сигнала (а) трехслойной системы и акустического импульса ее возбуждения (б)

На рис. 12 приведены изменения максимальной амплитуды ЭМС при акустическом возбуждении модельной системы кварцев со вставкой из ПММА толщиной $1.7 \cdot 10^{-3}$ м. Погрешность измерения амплитуд ЭМС и акустического импульса возбуждения не превышала 2%.

Начало координат по оси абсцисс соответствует положению точечных принимающих пластинок электромагнитного датчика от поверхности образца, через которую вводился акустический импульс. При толщине вставок из ПММА $2.3 \cdot 10^{-3}$ и $4.3 \cdot 10^{-3}$ м зависимости амплитуд ЭМС и расстояния от точки введения акустического импульса несколько видоизменялась, но тенденция закономерностей оставалась прежней. На рис.12 видно, что за вставкой из ПММА амплитуда ЭМС уменьшается. Это хорошо согласуется с результатами расчетов, приведенных выше. Хорошее согласие выявлено и при анализе амплитудно-частотных спектров ЭМС в кварце до вставки и после нее. Так на расстоянии $15 \cdot 10^{-3}$ м от поверхности ввода акустического импульса

спектр насыщен более высокочастотными составляющими, а на отметке $95 \cdot 10^{-3}$ м произошел существенный сдвиг в низкочастотную область спектра.

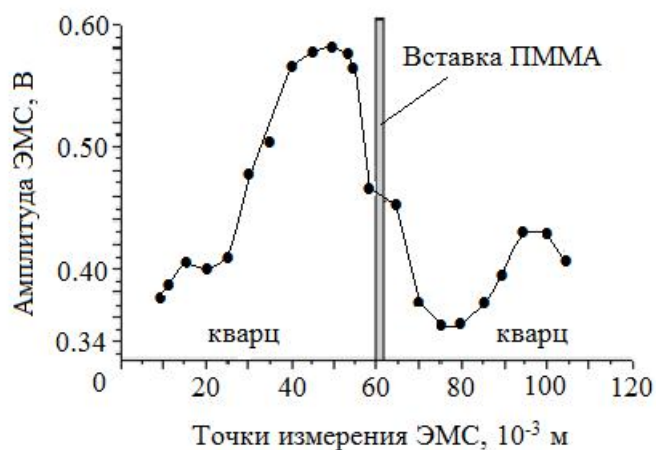


Рис. 12. Изменения максимальной амплитуды ЭМС при акустическом возбуждении системы кварцев с ПММА толщиной $1.7 \cdot 10^{-3}$ м

В дальнейшем, подобно модельной трехслойной системе с ПММА, экспериментально исследовались закономерности изменения максимальной амплитуды ЭМС при распространении акустического импульса по системе кварцев со вставкой из силикатного стекла, имеющей акустический импеданс $z_{cm} = (\rho_{cm}c_{cm}) = 14,2 \cdot 10^6$ кг/с·м² близкий к акустическому импедансу кварца $z_{kn} = 15.6 \cdot 10^6$ кг/м²·с.

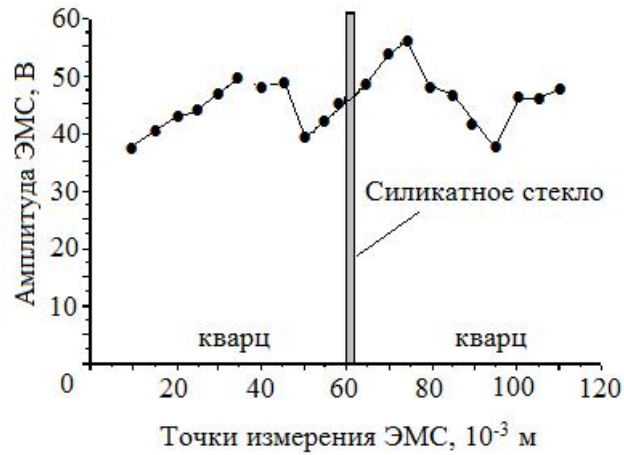


Рис. 13. Изменения максимальной амплитуды ЭМС при акустическом возбуждении системы кварцев с силикатным стеклом толщиной $2.1 \cdot 10^{-3}$ м

На рис. 13 представлена закономерность изменения максимальной амплитуды ЭМС при импульсном акустическом возбуждении трехслойной системы из двух минералов кварца и вставки между ними из силикатного стекла, толщиной $2.1 \cdot 10^{-3}$ м. На рис. 13 видно, что в этой трехслойной системе амплитуда ЭМС слабо изменяется. Это обусловлено близкими значениями акустического импеданса кристаллов кварца и вставки из силикатного стекла. В результате границы их раздела почти прозрачны для акустического импульса при его распространении.

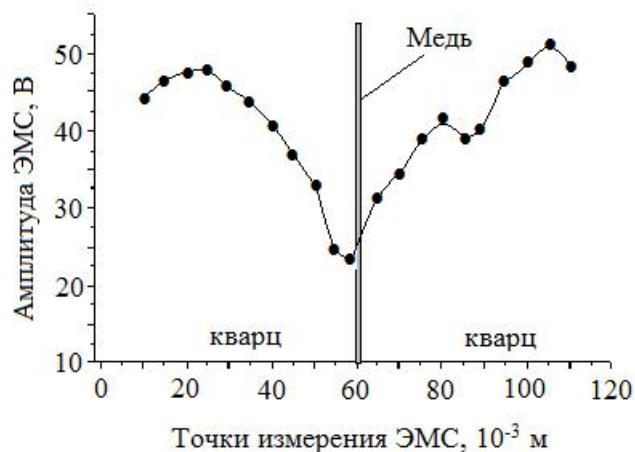


Рис. 14. Изменения максимальной амплитуды ЭМС при акустическом возбуждении системы кварцев со вставкой из меди толщиной $0.5 \cdot 10^{-3}$ м

В следующем эксперименте использовали в качестве вставки между кристаллами кварца медь, акустический импеданс которой почти в три раза выше акустического импеданса кварца. При скорости продольного звука 4720 м/с и удельным весом 8900 кг/м³ акустический импеданс меди z_m соответствует $42 \cdot 10^6$ кг/с \cdot м².

Изменения амплитуды ЭМС симметричны (рис. 14) и имеют минимальные значения в области вставки из меди. Этот провал, вероятно, обусловлен присутствием меди, которая, обладая высокой проводимостью и, соответственно большим количеством свободных носителей тока, понижает эффективность двойного электрического слоя.

Детальный анализ проведенных численных расчетов изменения амплитудно-частотных параметров распространяющегося детерминированного акустического импульса по трехслойной системе из кварца и ПММА, а также анализ результатов экспериментальных исследований максимальных амплитуд ЭМС в разных точках трехслойных систем из идентичных кристаллов кварца с вставками из ПММА, силикатного стекла и меди, имеющих разный акустический импеданс, показал:

- Амплитуда электромагнитных сигналов, генерируемых в слоистых образцах при механоэлектрических преобразований, находится в прямой связи с амплитудно-частотными параметрами акустического воздействия.

- Наличие слоистых включений во вмещающих материалах резко меняет параметры распространяющегося акустического сигнала. При этом надо учитывать, что слой с меньшим акустическим импедансом отсекает высокочастотную часть спектра колебаний, но пропускает его низкочастотную часть. В соответствие с этим изменяются и амплитудно-частотные спектры электромагнитных сигналов слоистых сред, в том числе и горных пород.

- Наличие слоев и прожилков с акустическим импедансом равным волновому сопротивлению вмещающего материала или горной породы не будет вызывать значительных изменений амплитуды ЭМС вблизи включения. В области металлического слоя или, например, прожилка горной породы с повышенной проводимостью в слоистой системе происходит уменьшение амплитуды ЭМС.

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

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Чай Сикай

Институт	ШБИП	Кафедра	ИШФВП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Научные статьи и публикации, человеческие ресурсы, компьютер, ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 20% от фонда оплаты труда, нормативно – правовая документация.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение ресурсной (ресурсо-сберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ	1. Расчет основной заработной платы исполнителей темы. 2. Расчет отчислений на социальные нужды. 3. Расчет электроэнергии и прочих расходов. 4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений

- 2. Матрица SWOT
- 3. Календарный график проведения НИ
- 4. Бюджет проект

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чай Сикай		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время в химическом машиностроении магнитные и электромагнитные методы контроля применяют для дефектоскопии, толщинометрии, структурного и фазового анализов металлов, определения наличия и глубины МКК нержавеющей сталей.

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования (НТИ), планирование процесса управления НТИ, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

Среди магнитных методов контроля наибольшее применение получила магнитопорошковая

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. В осветительных установках могут содержаться различные виды

источник света. Проведём сегментирование рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид дефектностей (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Карта сегментирования рынка осветительных установок для наружного освещения по видам дефектоскопов.

Размер компании	Виды дефектоскопов			
	стрелочные	световые	звуковые	цифровые
Крупные	Фирма А		Фирма Б	Фирма Б
Средние	Фирма В	Фирма Д		
Мелкие		Фирма Г	Фирма Е	Фирма Е

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке виды дефектоскопов не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Результат сегментирования: – к основным сегментам данного рынка относятся использование дефектоскопов; – наиболее перспективным сегментом является предложение дефектоскоп стрелочных; – сегментом рынка, привлекательным для предприятия в будущем, является предложение дефектоскопов звуковых и цифровых.

6.1.2 Оценка научного уровня исследования

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки и т.д.

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.

Количественная оценка научного или научно-технического уровня может быть произведена путем расчета результативности участников исследования по

формуле:
$$K = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot B_i)$$

где К– конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

n – количество факторов.

Результаты расчетов занесем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Оценка научного уровня исследования

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Конкурентоспособность
		B_i	B_i

1. Новизна полученных или предполагаемых результатов	0.2	1	0.2
2. Перспективность использования результатов	0.3	0.4	0.12
3. Завершенность полученных результатов	0.2	0.7	0.28
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0.3	0.25	0.75
Результативность	0.535		

Новизна полученных или предполагаемых результатов: исследуемые образцы являются новыми металлами, характеристики которых ранее не изучались.

Перспективность использования результатов: результаты данной работы возможно использовать с целью создания более эффективных дефектоскопов.

Завершенность полученных результатов: предполагается проведение дополнительных исследований деградации образцов под длительным температурным воздействием.

Масштаб возможной реализации полученных результатов: результаты исследования могут быть использованы только для создания электромагнитный контроль дефектности.

6.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером

проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (таблица 6.3).

Таблица 6.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1.Квалифицированный персонал.; С2.Высокий срок эксплуатации; С3.Надежность данной детали по сравнению с другими; С4.Высокое качество продукции; С5.Наличие финансирования компании.	Сл1.Разлом детали в процессе монтажа; Сл2.Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл3. Возможные ошибки в расчетной части.
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Появление дополнительного спроса на данный продукт В3. Повышение стоимости	- Возможно, создать партнерские отношения с рядом ведущих предприятий для совместного исследования -При наличии вышеперечисленных достоинств	-Повышение цен ; - Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.

конкурентных исследований; В4. Развитие технологий в данной отрасли	мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами.	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данную деталь; У2. Появление новых конкурентных разработок технологического процесса; У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	- Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	- Расширение области применения за счет развития новых технологий.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

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.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 6.4, таблице 6.5, таблице 6.6, таблице 6.7.

Таблица 6.4 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	0	+	+
	B2	0	-	0	0	-

	B3	-	-	-	0	0
	B4	+	0	+	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C4C5, B4C1C3C4.

Таблица 6.5 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	-	+	+
	B2	-	0	-
	B3	-	0	-
	B4	0	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл2Сл3.

Таблица 6.6 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
проекта	У1	-	-	-	-	-

	У2	-	0	+	+	-
	У3	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С3С4.

Таблица 6.7 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	-	-	-
	У2	+	0	-
	У3	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2Сл1.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 6.8).

Таблица 6.8 - Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта: С1. Квалифицированный персонал; С2. Высокий срок эксплуатации; С3. Надежность данной детали по сравнению с другими; С4. Высокое качество продукции;	научно-исследовательского проекта: Сл1 Разлом детали в процессе монтажа; Сл2. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл3. Возможные ошибки в расчетной

	С5. Наличие финансирования компании.	части.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на данный продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных исследований;</p> <p>В4. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В1С1С4С5</p> <p>На базе инфраструктуры ТПУ и наличие финансирования компании является возможным для создания детали.</p> <p>В4С1С3С4</p> <p>С развитием технологий в данной отрасли, повышением квалификации персонала возможно создание качественной продукции с высоким сроком службы.</p>	<p>В1Сл2Сл3</p> <p>С созданием новых технологий появится возможность избежать ошибки в расчетной части и появится возможность проверить результаты исследования.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данную деталь;</p> <p>У2. Появление новых конкурентных разработок;</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>У2С3С4</p> <p>С появлением новых разработок появится угроза уменьшения срока службы и качества продукции.</p>	<p>У2Сл1</p> <p>Возможно отсутствие спроса при наличии ошибок в расчетной части.</p>

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научное исследование выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель и студент. Выполнение и планирования работы по теме

"Электризация и электромагнитный контроль дефектности в диэлектрических структурах" было разделено на описанные в таблице 6.3 этапы.

Таблица 6.9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	науч. рук
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	науч. рук., студ.
	3	Проведение патентных исследований	науч. рук
	4	Календарное планирование работ по теме	студ.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение исследования спектрально-кинетических характеристик образцов	студ.
	6	Обработка результатов исследований	студ.
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	науч. рук., студ.
	8	Оценка эффективности полученных результатов	науч. рук., студ.

6.2.2. 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 человекоднях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого

(среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула: $t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями: $T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$

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

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

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

6.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому

наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ 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 построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой: $T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$

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

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

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

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

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

Таблица 6.10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ	Числен-	T_{pi} , дни	T_{ki} , дни
-----------------	--------------------	---------	----------------	----------------

	$T_{\min i}$, чел-дни	$t_{\max i}$, чел-дни	$t_{\text{ож.}}$, чел-дни	ночь исполнителей		
Составление и утверждение технического задания	3	7	4.6	1	5	6
Подбор и изучение материалов по теме	21	70	40.6	2	21	25
Проведение патентных исследований	5	7	5.8	1	6	7
Календарное планирование работ по теме	8	9	8.4	1	9	11
Проведение исследования спектрально-кинетических характеристик образцов	20	32	24.8	1	26	32
Обработка результатов исследований	23	45	31.8	1	33	40
Анализ полученных результатов, выводы	6	24	13.2	2	7	9
Оценка эффективности полученных результатов	5	11	7.4	2	4	5

Таблица 6.11- Календарный план-график проведения НИ

№	Вид работ	Ис п-л и	Тк , ка л , дн .	Продолжительность выполнения работ															
				Н дек.			январ.			фев.			март			а п р			
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Составление и утверждение технического задания	Р	6	■															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Р	25	■	■	■													
		С	25	■	■	■													
3	Проведение патентных исследований	Р	7																
4	Календарное планирование работ по теме	С	11																
5	Проведение исследования спектрально-кинетических характеристик образцов	С	32																
6	Обработка результатов исследований	С	40																

7	Анализ полученных результатов, выводы	P	9																
		C	9																
8	Оценка эффективности полученных результатов	P	5																
		C	5																

6.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

материальные затраты НТИ;

затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

основная заработная плата исполнителей темы;

дополнительная заработная плата исполнителей темы;

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); затраты

научные и производственные командировки; контрагентные расходы;

накладные расходы.

6.2.5. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей

формуле:
$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}$$

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.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 6.6

Таблица 6.12 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_M), руб
Магнитный порошок	кг	1	200	200
Итого			200	

Нужно материальные затраты НТИ 200 рублей.

6.2.6. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением

специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле: $Z_{об} = \frac{Ц - F_{ф}}{F_{н} \cdot F_{сс}}$

где Ц – цена оборудования, р.;

$F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$F_{сс}$ – срок службы оборудования, год;

$F_{ф}$ – фактическое время занятости оборуд. в НИР, ч.

$F_{н} = 365 - 52 - 12 = 301$ день = 2408 ч.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 6.7.

Таблица 6.13 – Затраты на амортизацию оборудования

№	Наименование оборудования	Ц, р.	$F_{сс}$, год	$F_{ф}$, ч.	$Z_{об}$, р.
1	Дефектность	25000	15	2000	1336
Итого					1336

затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ 1336 рублей.

6.2.7. Основная заработная плата исполнителей 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. 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. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.8.

Таблица 6.14 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов			Исполнители по категориям			Трудоемкость, чел.- дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.- дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
	Исп. I	Исп. II	Исп. III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Подготовка к проведению исследования электромагнитный контроль дефектности	Подготовка к проведению исследования электромагнитный контроль	Подготовка к проведению исследования кинетических характеристик	P	P	P	5	5	10	1.8	1.8	1.8	9	9	18
2	Проведение исследования электромагнитный контроль	Проведение исследования электромагнитный контроль	Проведение исследования электромагнитный контроль	C	C	C	20	20	30	0.6	0.6	0.6	12	12	18

	дефектности	дефектности	дефектности												
3	Обработка полученных электромагнит -ный контроль дефектности	Обработка полученных электромагнит ный контроль дефектности	Обработка полученных кинетик затухания	С	С	С	45	45	60	0.6	0.6	0.6	27	27	36
4	Подведение выводов полученных результатов	Подведение выводов полученных результатов	Подведение выводов полученных результатов	С	С	С	15	15	20	0.6	0.6	0.6	9	9	12
Итого													57	57	84

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату: $Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле: $Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6.4);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле: $Z_{\text{он}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}$

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. (табл. 6.9).

Таблица 6.15 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени, дни	Руководитель	Студент
Календарное число дней в году	365	365
Количество нерабочих дней Выходные Праздники (фактически по каждому году)	52	52
	12	12
Планируемые потери отпуска	48	48
Действительный годовой фонд	253	253

Баланс рабочего времени руководителя и студента 253 дней.

Месячный должностной оклад работника: $Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ

и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от Зтс);

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

Таблица 6.16 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_t	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	ВНС	1	38221.96	0.3	0.2	1.3	35532. 82	1629.95	10	34189.5
Итого $Z_{осн}$										34189.5

Основной заработной платы 34189.5 рублей.

6.2.8 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле: $Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Подставив в формулу известные численные значения, получим:

$$Z_{доп} = 34189.5 \cdot 0.15 = 5128.4$$

6.2.9. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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 следующей формулы: $Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон})$

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 6.17 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	34189.5	5128.4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	10655.1	

Отчисления во внебюджетные фонды 10655.1 рублей.

6.2.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии. Расчет накладных расходов

ведется по следующей формуле: $Z_{накл} = (\text{сумма статей} \div 7) \cdot k_{нр}$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Одноставочный тариф на электроэнергию 3 руб за 1 кВт/час.

Таблица 6.18-Затраты на электроэнергию

№	Наименование оборудования	Мощность, кВт/час	Время эксплуатации, час	Расход электроэнергии, руб.
1	Компьютер	7	100	2100
Итого				2100

Таким образом, затрат на электроэнергию 2100 рублей.

6.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Все вышеперечисленные затраты включаются в бюджет, которая приведена в таблице 6.19.

Таблица 6.19 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	200	Пункт 4.2.5
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	1336	Пункт 4.2.6
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	34189.5	Пункт 4.2.7

4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5128,4	Пункт 4.2.8
5. Отчисления во внебюджетные Фонды	10655,1	Пункт 4.2.9
6. Накладные расходы	2100	Пункт 4.2.10
Бюджет затрат НИИ	53609	Сумма ст. 1-6

6.3 Определение ресурсной и финансовой 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 получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 6.19). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель исследования;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.1} = 0.68 \quad I_{финр}^{исп.2} = 0.68 \quad I_{финр}^{исп.3} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом: $I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 6.20 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения исследования

Этап исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1 (ЭМ контроль)	Исп. 2 (ЭК контроль)
1. Удобство проведения	0.15	3	4
2. Помехоустойчивость	0.25	2	2
3. Энергосбережение	0.2	2	2

4. Надежность	0.25	2	2
5. Материалоемкость	0.15	4	4
ИТОГО	1	2.45	2.6

$$I_{p-исп1} = 2.45$$

$$I_{исп1} = \frac{2.45}{0.99} = 2.47$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{2.47}{2.6} = 0.95$$

Таблица 6.21 - Сравнительная эффективность исследования

№	Показатели	Исп. 1 (ЭМ контроль)
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2.45
3	Интегральный показатель эффективности	2.6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0.95

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность исследования, по таблице 4.14 наиболее целесообразный вариант исполнения 1, т.е. исследование электромагнитного контроля.

Итак, в данной части ВКР был произведен анализ потенциальных потребителей НТИ и расчет коэффициента научно-технического уровня исследования. Кроме того, было выполнено планирование исследовательских работ, расчёт бюджета НТИ., определены ресурсная и финансовая эффективности исследования.

Анализ потенциальных потребителей показал, что результаты научно-технического исследования могут найти своё применение среди крупных производителей светодиодных источников света.

Количественная оценка научно-технического уровня показала, что существенный вклад в величину оценки вносит такой критерий, как новизна исследования. Данный критерий может положительно повлиять на поиск потенциальных потребителей, так как подразумевает высокий уровень инновационного потенциала исследования.

Планирование исследовательских работ показало, что на выполнение НТИ необходимо затратить 172 дня. Исследование предполагается начать середине сентября и закончит в третьей четверти марта. Наиболее продолжительными этапами исследования являются обработка полученных электромагнитный контроль дефектности.

Наименьший бюджет характерен для первого и второго вариантов исследования и составляет 34189.5 рублей.

С точки зрения ресурсной и финансовой эффективности наиболее целесообразен второй вариант исполнения исследования.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Чай Сикай

Школа	ШБИП	Отделение	ИШФВП
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования - Электризация и электромагнитный контроль дефектности в диэлектрических структурах</p> <p>Рабочая зона - аудитория №109, 8 корпус, ИШФВП, ТПУ.</p> <p>Оборудование-персональный компьютер.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.</p> <p>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p>Вредными факторами является отсутствие или недостаток естественного света;</p> <p>-Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</p> <p>- Зрительное напряжение. Опасным фактором при разработке электронного устройства является электрический ток.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.</p> <p>2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>	<p>Утилизация электронного прибора.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать</p>	<p>Чрезвычайная ситуация техногенного характера – пожар.</p>

<p>объект исследований.</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>	<p>Определение общих правил поведения и рекомендаций во время пожара.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся студентов в учебных аудиториях.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чай Сикай		