

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

---

Школа Базовой инженерной подготовки  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Влияние масштабного фактора на параметры механоэлектрических преобразований в железобетонных балках в условиях изгиба</b>

УДК 621.179.1:620.172:692.48

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чжан Цзяньяо		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Данн Д. Д.	К.Т.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.

## Запланированные результаты обучения по программе

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	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
P2	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
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	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> 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
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	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> 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
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при	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> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	соблюдении основных требований информационной безопасности	№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
Р6	Планировать и проводить теоретические и 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 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
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	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 <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

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Базовой инженерной подготовки  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Чжан Цзяньяо

Тема работы:

Влияние масштабного фактора на параметры механоэлектрических преобразований в железобетонных балках в условиях изгиба	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9954/с от 19.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

Армированные стальной арматурой бетонные изделия размером 100x100x400 мм и 150x150x600 мм, подвергались испытаниям на четырехточечный изгиб до полного разрушения. Одновременно с этим производилась регистрация электрического сигнала.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение отечественной и зарубежной литературы по современным методам неразрушающего контроля изделий и конструкций из железобетона;</li> <li>– изучение неразрушающего метода контроля, основанного на использовании явления механоэлектрических преобразований;</li> <li>– изучение методик для изготовления исследуемых моделей, регистрации данных и их обработки;</li> <li>– сравнительный анализ параметров электрического отклика на импульсное ударное воздействие в армированном бетоне разного размера в процессе проведения испытаний на изгиб;</li> <li>– организация, планирование и оценка научной эффективности научно-исследовательской работы;</li> <li>– анализ опасных и вредных производственных факторов, и разработка комплекса защитных мероприятий</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ларионова Е.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.

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

--

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Данн Д.Д.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Чжан Цзяньяо		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
151Б40	Чжан Цзяньяо

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Приборостроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	Обоснование необходимости и актуальности разработки; анализ конкурирующих разработок;
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Цели, результат и организационная структура проекта
<i>3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	План проекта; бюджет научного исследования; реестр рисков проекта.
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Эффективность проекта.

<b>Перечень графического материала</b>
--

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

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель ОСГН	Николаенко В.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
151Б40	Чжан Цзяньяо		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
151Б40		Чжан Цзяньяо	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Приборостроение

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

<i>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	Исследование влияния масштабного фактора на параметры механоэлектрических преобразований в железобетонных балках в условиях изгиба. Используется в строительстве. Приборы осциллографической приставкой «PCS 500», источником постоянного тока Б5-43 и ЭВМ.
--	---

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

<i>Производственная безопасность - Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования и которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</i>	Анализ выявленных опасных и вредных факторов: электрический ток; повышенный уровень электромагнитных излучений; недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонение показателей микроклимата; монотонность труда; умственное перенапряжение.
<i>Экологическая безопасность Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду, обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</i>	Источники загрязнения окружающей среды: образцы армированного бетона.
<i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований, а также разработка порядка действия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.</i>	Возможные ЧС: разрушение зданий, сооружений; взрывы; пожары.
<b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

**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	Чжан Цзяньяо		

**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

Уровень образования бакалавриат

Отделение контроля и диагностики

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

13 июня 2018

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
5.02.2018	<i>Аналитический литературный обзор по теме Главы 1: Существующие методы неразрушающего контроля бетонных изделий.</i>	
19.02.2018	<i>Изучение методики изготовления бетонных балок и изготовление армированных бетонных балок размером 100x100x400 мм и 150x150x600 мм.</i>	
12.03.2018	<i>Изучение методики испытания и проведение испытаний железобетонных балок в условиях четырех точечного изгиба.</i>	
9.04.2018	<i>Обработка полученных результатов испытания и проведение сравнительного анализа параметров электрического отклика.</i>	
23.04.2018	<i>Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».</i>	
7.05.2018	<i>Выполнение раздела «Социальная ответственность».</i>	
21.05.2018	<i>Оформление ВКР</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
научный сотрудник	Д.Д. Данн		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Б. Б. Мойзес	К.Т.Н., доц.		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 84 с., 20 рис., 15 табл., 35 источников.

Ключевые слова: электрический отклик, армированный бетон, максимальный коэффициент взаимной корреляции

Объектом исследования являются изделия железобетона в процессе испытания в условиях четырехточечного изгиба.

Цель работы – исследовать влияние масштабного фактора на параметры механоэлектрических преобразований в железобетонных балках в условиях изгиба

В процессе исследования проводились работы по изготовлению моделей железобетона, а через время проводилось испытание этих моделей на автоматической испытательной машине для бетона с одновременной регистрацией электрического отклика.

В результате исследования были получены графики для сравнительного анализа изменения параметров электрического сигнала, где показано что предложенные диагностические параметры на балках разного размера изменяются одинаковым образом, следовательно разработанные критерии не зависят от размера балки и могут использоваться на образцах разных размеров.

Область применения: данные будут использоваться при дальнейших разработках метода на основе явления механоэлектрических преобразований.

В будущем планируется продолжать исследования по поиску критериев влияющих на параметры электрического отклика при упругом ударном возбуждении бетонных изделий.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2290-88 Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
2. ГОСТ 23829-85 Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения.
3. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования.
4. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
5. ГОСТ 22685-89 Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия.
6. 43. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
7. 44. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
8. 45. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
9. 46. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
10. 47. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
11. 48. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
12. 49. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.
13. 50. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

14. 51. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Явление механоэлектрических преобразований – это преобразование энергии импульсного механического возбуждения в энергию электромагнитного поля на заряженных структурных неоднородностях и пьезоэлектрических включениях в гетерогенных материалах.

Электрический сигнал - это результат возникновения переменного электрического поля при импульсном механическом возбуждении гетерогенного неметаллического материала.

Спектр электрического сигнала - это амплитудно-частотная характеристика сигнала, рассчитанная с помощью быстрого Фурье-преобразования.

## Оглавление

Введение	14
1 Существующие и разрабатываемые методы неразрушающего контроля железобетона.	15
1.1 Обзор существующих и разрабатываемых методов неразрушающего контроля бетонных изделий	15
1.2 Механоэлектрические преобразования в гетерогенных материалах при импульсном ударном возбуждении	21
2 Методика проведения исследований	26
2.1 Методика изготовления железобетонных балок	26
2.2 Методика определения скорости распространения акустической волны в образцах железобетона	30
2.3 Методика и аппаратура для возбуждения и регистрации электрического отклика в образцах железобетона	32
2.4 Методика испытаний образцов на изгиб	35
2.5 Методика обработки данных	37
3 Экспериментальные исследования	41
3.1 Динамика изменения электрического сигнала в процессе испытания на изгиб.	41
3.2 Поиск критериев оценки	43
3.3 Заключение	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	47
5 Социальная ответственность	67
Список публикаций	80
Список использованных источников	81

## **Введение**

Данная работа посвящена исследованию композиционных строительных материалов, в частности, железобетонных конструкций с помощью электрического отклика на импульсное ударное возбуждение. Как показывает практика, железобетонные конструкции на данный момент являются неотъемлемой частью любого сооружения. При этом стоит острая необходимость контроля их технического состояния на всех этапах производства и эксплуатации. Однако, сложность процессов, обеспечивающих формирование структуры бетона и его физико-механических свойств, привели к тому, что используемые для решения этих задач методы неразрушающего контроля обладают рядом недостатков, а в некоторых ситуациях их использование проблематично или вовсе невозможно.

За основу решения задачи контроля структурных и механических характеристик армированного бетона можно принять явление механоэлектрических преобразований. Исследования, проведенные в работах [1,2] показывают, что возникновение электромагнитной эмиссии в диэлектрических материалах возможно уже на этапе упругой деформации, а это означает, что получение всей необходимой для анализа информации возможно без нанесения каких-либо повреждений материалу. Такой подход, за счет особенностей распространения акустических колебаний в гетерогенных материалах, позволяет рассматривать такие их свойства, которые не доступны для рассмотрения другими методами. Таким образом, появилась перспектива разработки концепций и методик неразрушающего контроля армированного бетона на основе явления механоэлектрических преобразований.

Данная работа посвящена исследованию влияния масштабного фактора на изменение параметров электрического отклика при импульсном ударном возбуждении в процессе изгиба железобетона.

## **1. Существующие и разрабатываемые методы неразрушающего контроля железобетона**

### **1.1 Обзор существующих методов неразрушающего контроля бетонных изделий**

#### **Визуально-измерительный метод**

Данный метод является самым универсальным методом неразрушающего контроля, а также наиболее широко распространенным при проведении контроля качества в процессе производства и эксплуатации широкого спектра устройств и материалов. Заключается он в определении поверхностных несовершенств материалов, таких как трещины, используя источники света. В строительстве данный метод применяется для определения несплошностей в материалах: трещины, отколы, прогибы и т.д. Данный метод отличается своей простотой и доступностью, так как использует органы зрения человека. Однако, в этом и заключается его главный недостаток – с помощью визуального метода можно определить дефекты, находящиеся только на поверхности объекта контроля, а также метод имеет низкую точность.

#### **Механические методы**

Согласно [3] выделяют следующие механические методы неразрушающего контроля бетона и железобетона: метод упругого отскока, метод пластической деформации, метод отрыва, метод отрыва со скалыванием и метод скалывания ребра. Все механические методы определения прочности бетона в своей основе рассматривают связь прочности бетона с косвенными характеристиками прочности.

При методе упругого отскока прочность бетона определяется с помощью величины обратного отскока ударника от поверхности бетона или от плоского штампа, прижатого к ней. Данный метод основан на измерении поверхностной твердости бетона.

Метод пластической деформации основан на вдавливании в поверхность объекта контроля стального шарика путем приложения статического напряжения или удара. При применении данного метода прочность бетона определяется по параметрам отпечатка в бетоне (диаметр, глубина и т.д.). Данный метод является наиболее распространенным.

При методе отрыва измеряется усилие, которое необходимо для отрыва приклеенного к поверхности небольшого металлического диска.

Метод отрыва со скалыванием основан на связи прочности бетона со значением усилия, прилагаемого для вырывания из него анкерного устройства.

К недостаткам механических методов можно отнести то, что они дают возможность оценить прочность цементного камня на поверхности, в следствие чего, мы не можем судить о прочности всей конструкции. Также они не позволяют отслеживать образование и развитие дефектов.

### **Акустические методы**

Широкое распространение в неразрушающем контроле бетона и железобетона получили акустические методы. Согласно [4] акустические методы контроля делятся на два типа: активные и пассивные. Активные методы используют излучение и прием акустических колебаний и волн. Пассивные основываются только на регистрации колебаний и волн.

Акустические методы позволяют обнаруживать дефекты в изделиях, как на стадии производства, так и при эксплуатации, а также определять прочность конструкции.

### **Ультразвуковые методы**

Весьма распространенным методом акустического неразрушающего контроля для исследования технического состояния бетонных и железобетонных конструкций являются ультразвуковые методы контроля.

При дефектоскопии бетонных изделий ультразвуковыми методами исследуют изменение параметров волны, прошедшей через зону дефекта или отраженной от него. В строительстве этими методами исследуют однородность и прочность бетона, а также наличие дефектов. Точность методов, основанных на измерении скорости звука в бетоне, зависит от точности измерения скорости звука. При этом необходимо учитывать, что скорость распространения акустических волн в армированном бетоне сильно зависит от его состава, влажности, шероховатости и т.д. К недостаткам можно отнести еще и сильное затухание ультразвуковых волн в неоднородных структурах. Это создает необходимость создавать более мощный импульс, что влечет за собой увеличение потребления энергии и увеличение конструкции прибора. К минусам данных методов также можно отнести необходимость идеального контакта датчика с поверхностью исследуемого образца, что не всегда представляется возможным в реальных условиях.

Несмотря на все недостатки, ультразвуковые методы неразрушающего контроля бетона и железобетона все еще широко используются в строительстве, а также проводится множество различных исследований по возможности их улучшения.

Наиболее простым методом ультразвукового контроля является измерение скорости звука в бетоне. Он основан на связи между скоростью распространения ультразвуковых колебаний в бетоне и его плотностью, динамическим модулем упругости и соответственно прочностью.

Необходимо отметить, что зависимость между скоростью распространения ультразвука и прочностью армированного бетона определяется заранее для каждого конкретного состава бетона. Это связано с тем, что применение градуировочных зависимостей для бетонов других или неизвестных составов может привести к ошибкам в определении прочности.

Ультразвуковой метод позволяет осуществлять массовые испытания изделий любой формы многократно, вести непрерывный контроль



нарастания или снижения прочности. Недостатком метода является погрешность при переходе от акустических характеристик к прочностным.

Также необходимо отметить, что на данный момент за рубежом разрабатываются методы неразрушающего контроля бетона на основе явления поверхностных волн. Так, в статье [5] авторы используют данный метод для поиска дефектов в поверхностном слое бетона. Предложенный метод используется при поиске дефектов, полученных при двух типичных для прочности бетона проблемах – в случае термического повреждения и в случае карбонизации. Для исследования был использован принцип «накачка-зондирование». Волна Рэлея при этом использовалась в качестве пробной волны. Для обнаружения проблем в бетоне исследовалась временная задержка, а также различные нелинейные параметры. Авторы намерены продолжать исследования в данном направлении.

В случае же, когда доступ к образцу возможен лишь с одной стороны, возможно применение эхо-метода. Данный метод основан на регистрации отраженных от неоднородностей ультразвуковых импульсах, посланных в образец. Производится подсчет времени прихода отраженного импульса и его интенсивности. Как правило данный метод не используется из-за очень низкого соотношения сигнал-шум.

### **Метод акустической эмиссии**

Метод акустической эмиссии основан на явлении возникновения упругих акустических колебаний в напряженном материале. Это позволяет производить диагностику состояния армированного бетона. Применяется данный метод для исследования процессов разрушения, происходящих в материале. Суть в том, что при возникновении напряжений в материале с последующим образованием трещин, возникает акустическая волна. Основным принципом диагностики заключается в сборе информации, поэтому данный метод относится к пассивным. Ряд параметров полученного сигнала может помочь в определении стадии повреждения внутри материала. Так,

например, энергия излучения может быть связана с интенсивностью трещинообразования [6]. Изучение сигналов акустической эмиссии позволяет понять на какой стадии разрушения материал находится в данный момент и, как следствие, спрогнозировать его дальнейшее поведение.

На данный момент исследование дефектности бетона и железобетона методом акустической эмиссии получило широкое распространение у зарубежных и российских исследователей. Так в статье [6] изучается влияние внутренних разрушений на параметры сигналов акустической эмиссии, а в [7] проведены исследования по усовершенствованию метода определения времени начала и нахождения источника акустических колебаний в бетонных образцах. В ходе исследования получены результаты с отклонением в диапазоне всего 3-4%. Это позволяет говорить о том, что данный метод является достаточно надежным.

Что касается исследования железобетона в процессе изгиба, то в статье [8] с помощью метода акустической эмиссии изучается степень и характер повреждений в железобетонной балке при изгибе путем анализа интенсивности сигнала. В ходе исследований было установлено, что с помощью данного метода можно установить тип и уровень повреждений железобетонной балки при изгибе.

В источнике [9] железобетонную балку исследовали в процессе трехточечного нагружения на изгиб. Авторы пришли к выводу, что использование метода акустической эмиссии по-прежнему ограничено. Выявлено, что при таком подходе процесс обнаружения расположения события в структуре с необходимой точностью все еще недоступен.

Авторы работы [10] с помощью акустической эмиссии исследуют железобетонные балки в процессе четырехточечного изгиба. Причем, изучается влияние размера балки на параметры акустической эмиссии, поэтому в процессе исследования используются железобетонные балки различного размера.

В процессе исследования выявлены четыре стадии, которые испытывает балка в процессе изгиба: образование микротрещин; их рост и распространение; распределенные изгибные растрескивания и локализованное разрушение. Также установлено, что по мере увеличения уровня разрушения уменьшается частота акустических колебаний, а средние и суммарные значения всех параметров акустической эмиссии возрастают с увеличением толщины балки. В целом, авторы утверждают, что метод акустической эмиссии является очень перспективным для контроля и определения местоположения трещин в железобетоне.

К недостаткам данного метода можно отнести то, что его использование возможно лишь при непрерывном мониторинге материала в процессе разрушения. Также такой подход очень зависит от скорости распространения звука в материале, что в случае с железобетоном является огромным недостатком.

### **Тепловой контроль**

Одним из достаточно востребованных методов неразрушающего контроля на данный момент является тепловой контроль. Данный метод основан на обнаружении и преобразовании в видимый спектр инфракрасного излучения. Тепловой метод может применяться во многих отраслях промышленности, в том числе и в строительстве, где по различным неоднородностям теплового поля становится возможным судить о внутренних неоднородностях и дефектах конструкций.

Достоинствами данного метода является высокая универсальность, достаточно высокая точность, а также возможность дистанционного проведения контроля.

В строительстве повышение интереса к тепловому контролю связано в основном с вопросами энергосбережения сооружений, поэтому данный метод применяется в основном для определения качества теплозащиты строительных конструкций и, согласно [11], для тепловой защиты зданий.

К недостаткам данного метода можно отнести то, что при бесконтактных измерениях возникает необходимость поддержки высокой чистоты окружающей среды. Также при определении трещин в конструкциях имеется высокая чувствительность к их расположению.

### **Современные исследования по разработке и совершенствованию методов неразрушающего контроля дефектности бетона и железобетона**

Достижения в области разработки датчиков, появление новых материалов и миниатюризация устройств прокладывают путь для создания новых и усовершенствования существующих методов неразрушающего контроля. Очень много разработок ведется на тему слияния разных методов для получения наилучшего результата. В последнее время, большой научный интерес и внимание промышленности было уделено акустическим методам неразрушающего контроля бетона и железобетона.

За рубежом ведутся обширные исследования по усовершенствованию метода акустической эмиссии [7,10]. Данный метод позволяет достаточно точно определять начало трещинообразования в структуре железобетона при изгибе, а также плотность и размер трещин [7]. В работе [12] для определения наличия разрушения железобетона исследуется эффект Кайзера. Авторами исследования сделаны выводы о том, что существование эффекта Кайзера указывает на наличие пластических деформаций, при этом скорость нагружения не оказывает никакого влияния на этот эффект.

Исследования в области акустической эмиссии дают весьма обнадеживающие результаты, однако от основных недостатков данного метода избавиться не представляется возможным: метод акустической эмиссии подразумевает непрерывный мониторинг конструкции и идеальный контакт датчика с материалом.

В источнике [13] представлены разработки по комплексной визуализации железобетонных образцов с помощью технологий ультразвуковой томографии и технологии компьютерного зрения. В ходе

исследования установлено, что интеграция двух методов позволяет проводить анализ в единой унифицированной среде координат, что обеспечивает наиболее полную и целостную информацию о внешнем и внутреннем состоянии исследуемого объекта.

В работе [14] предлагается возбуждать ультразвуковую волну бесконтактным методом с помощью мощного источника звука, а показания снимать с помощью лазера. Авторы статьи утверждают, что удалось обнаружить дефект даже с расстояния 5-ти метров. Однако, данное исследование находится в начальной стадии и говорить о конкретных результатах пока рано. Авторы статьи продолжают исследования в данном направлении

Наравне с методами так же разрабатываются специальные датчики, для непрерывного мониторинга технического состояния железобетонных конструкций. Так в [15] предложен прочный и недорогой датчик, помещаемый внутрь конструкции на этапе ее изготовления или ремонта, который позволяет адекватно оценивать такие параметры как скорость коррозии арматурных стержней, удельное электросопротивление бетона, количество кислорода и температуру внутри материала. Лабораторные исследования и первые установки на месте показали, что датчик работает исправно.

## **1.2 Механоэлектрические преобразования в гетерогенных материалах при импульсном ударном возбуждении**

### **Историческая справка по исследованию МЭП**

Началом исследований в области электромагнитной эмиссии можно считать изучение возрастания ионной проводимости в кристаллах под действием пластической деформации. Еще в 1928 году это явление было достаточно детально изучено в работе [16] на кристаллах каменной соли.

Исследователями установлено, что проводимость при нагружении возрастала в 10-100 раз пропорционально величине нагрузки.

А. В. Степанов в работах [17,18] отмечает, что проводимость растет не во всем объеме образцов, а лишь в области полос скольжения. Этот результат в дальнейшем был подтвержден в работе [19], в которой данный эффект исследуется в кристаллах AgBr. При этом всеми экспериментальными работами подтверждается, что возрастание ионной проводимости – временное явление, так как при статической нагрузке данный эффект постепенно сходит на нет.

Первое объяснение данного эффекта сделали Дьюлан и Хартли [16], предположив, что эффект появляется при деформации «рыхлых мест», обуславливающих ионную проводимость. Далее автор работы [20], учитывая то, что данный эффект появляется еще на стадии упругой деформации связывал возрастание проводимости с пьезоэффектом. Однако, дальнейшие исследования не подтвердили данную гипотезу, так как пьезоэффект в кристаллах каменной соли при деформации не возникал. Степанов же возможной причиной повышения ионной проводимости считал локальное расплавление кристалла вдоль полос скольжения.

Кассель в работе [21] объяснял рост проводимости с возрастанием ионов проводимости, которые отрываются от дефектов решетки. Таким образом, чем больше в решетке дефектов, тем выше должна становиться проводимость, однако спад проводимости при статической нагрузке он так и не объяснил.

Первые же исследования по возникновению электромагнитной эмиссии были проведены в 1965 году в работах [22-24]. Наблюдения велись за возникновением световых вспышек в щелочно-галоидных кристаллах при их деформировании.

Более детальное рассмотрение общих закономерностей возникновения электромагнитной эмиссии при нагружении образцов из щелочно-галоидных кристаллов, а также горных пород представлены в работе [25]. Результатами

данных исследований является установление факта, что электромагнитная эмиссия носит импульсный характер, а также имеет одни и те же механизмы возникновения как в щелочно-галоидных кристаллах, так и в горных породах.

В работе [26], в качестве механизма появления электромагнитной эмиссии в диэлектриках, указан механизм, связанный с тем, что в процессе развития трещины возникающие упругие колебания возбуждают поверхностный электростатический заряд, который присутствует на поверхности любых высокоомных диэлектриков. Колебания этих зарядов должны сопровождаться электромагнитным излучением. По такому механизму электромагнитный сигнал всегда будет реагировать на процессы зарождения и роста дефектов, что является основным условием для практического использования явления.

В исследовании [27] предприняты первые попытки связать с электромагнитным сигналом прочностные характеристики твердых тел. Авторы наблюдали свечение кристаллов фтористого лития при их царапании. Установлено, что свечение почти всегда соответствует появлению микротрещин в материале.

Все эти результаты дают надежду что связь между параметрами электромагнитного сигнала и индивидуальной прочностью твердых диэлектриков принципиально возможна.

### **Разработка метода неразрушающего контроля композиционных материалов на основе механоэлектрических преобразований**

Хотя первые исследования по возникновению электромагнитной эмиссии в диэлектриках производились достаточно давно [22], разработка метода неразрушающего контроля на основе данного явления ведется и в настоящее время [28,29].

Метод основывается на том, что бетон является гетерогенным материалом и песок в его составе, в большом количестве содержит

пьезокварц. Также на границах различных компонентов, входящих в состав цементного камня, имеются двойные электрические слои. При импульсном механическом возбуждении в бетоне возникают акустические волны, которые вызывают смещение двойных электрических слоев, и деформацию пьезоэлементов, то есть возникает пьезоэффект. Более того, в [30] установлено, что пьезоэффект имеет наибольшее значение при формировании электромагнитного поля при импульсном ударном воздействии. В результате этого в материале образуется электромагнитное поле, которое может быть подвергнуто анализу. Таким образом, данный метод изучает закономерности между изменением внутренней структуры бетона и параметрами электрического отклика на импульсное ударное возбуждение образца.

Суммарное электрическое поле в образце бетона при импульсном ударном воздействии является результатом векторного сложения разнонаправленных полей от всех источников, имеющих в материале [31]. Благодаря этому анализ электрического отклика позволяет достаточно точно судить о тех или иных изменениях в структуре материала. Исследованиями установлено, что наличие дефектов в материале приводит к значительным изменениям параметров электрического отклика.

Преимуществами данного метода, по сравнению с акустическими, является то, что на параметры электрического отклика никак не влияют различные поверхностные эффекты, так как сам датчик располагается на расстоянии от поверхности исследуемого материала. Также, можно указать на то, что при данном методе дефекты регистрируются вне зависимости от расположения датчика, тогда как при стандартных ультразвуковых методах направление волны не должно совпадать с направлением распространения акустической волны. Таким образом, данный метод является более чувствительным к обнаружению дефекта по сравнению со стандартными акустическими методами.



Также данный метод имеет огромное преимущество перед методом акустической эмиссии. заключается оно в отсутствии необходимости непрерывного мониторинга изделия под нагрузкой, так как возбуждение акустических волн в образце происходит за счет внешнего источника – механического ударника.

На данный момент произведено множество исследований на тему взаимосвязи параметров электрического отклика с такими характеристиками бетона, как прочность, глубина залегания и плотность трещин в структуре материала, а также зависимость параметров электрического отклика от стадии напряженно-деформированного состояния бетона [32].

Таким образом, видно, что все ранние исследования электрического отклика на упругое ударное возбуждение проводились в основном на бетонных образцах. Но в последние годы уже ведутся исследования на армированном бетоне, и получены закономерности изменения параметров электрического отклика от дефектности изделий в процессе изгиба [33]. Для дальнейших исследований на железобетонных конструкциях необходимо выяснить как влияет размер изделия на изменение диагностических параметров. Такой подход выбран потому что железобетон имеет наиболее широкое распространение в строительстве, по сравнению с обычным бетоном, так как имеет во многом улучшенные характеристики.

Основным отличием армированного бетона от неармированного является большее его сопротивление растягивающим напряжениям. Это происходит благодаря арматуре, которая берет на себя часть нагрузки и обладает запасом в области пластической деформации.

В сооружениях горизонтальные железобетонные элементы, такие как плиты и балки, подвержены в основном изгибающим нагрузкам. Поэтому наиболее эффективно испытывать такие элементы при изгибе.

## **2 Методика проведения исследований**

Суть исследований в данной работе заключается в установлении зависимости параметров электрического отклика на импульсное ударное возбуждение от размера железобетонных балок в процессе изгиба. Все экспериментальные исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории ПНИЛ ЭДиП Томского политехнического университета в соответствии с действующими стандартами.

### **2.1 Методика изготовления железобетонных балок**

Испытания выполнялись на образцах бетона, армированного металлической арматурой. Образцы имеют размеры  $100 \times 100 \times 400$  мм. Как указано в [34], для экспериментальных образцов из разных партий должна соблюдаться структурная и составная идентичность. В соответствии с этим, все образцы, подвергшиеся испытаниям, изготавливались по одной методике, приведенной ниже.

В состав бетона входят гравий, песок и цемент в соотношении 3,7:1,7:1, соответственно. Данное соотношение компонентов в бетонной смеси соответствует смеси используемой в промышленности. Соотношение количества воды к цементу равно 0,5.

Для изготовления моделей был использован чистый речной песок. Гравий использовался размером от 5 до 20 мм. Для просева были использованы металлические лабораторные сита, приведенные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Лабораторные сита

Компоненты смешиваются при помощи лабораторной мешалки МЛМ-30, представленной на рисунке 2. Прежде всего, в емкость мешалки засыпаются сухие материалы – гравий, песок и цемент. Далее в процессе перемешивания постепенно добавляется вода. Перемешивание продолжается вплоть до придания бетонной смеси однородной консистенции.



Рисунок 2 – Лабораторная мешалка МЛМ-30

Следующим этапом была укладка перемешанной смеси в металлические формы ФП-100 и ФП-150 со встроенным металлическим каркасом, который вязался заранее.

Изготовление арматурного каркаса производилось в соответствии с действующими стандартами. Для армирования применялась арматура с периодическим профилем. Подробная схема армирования представлена на рисунке 3.

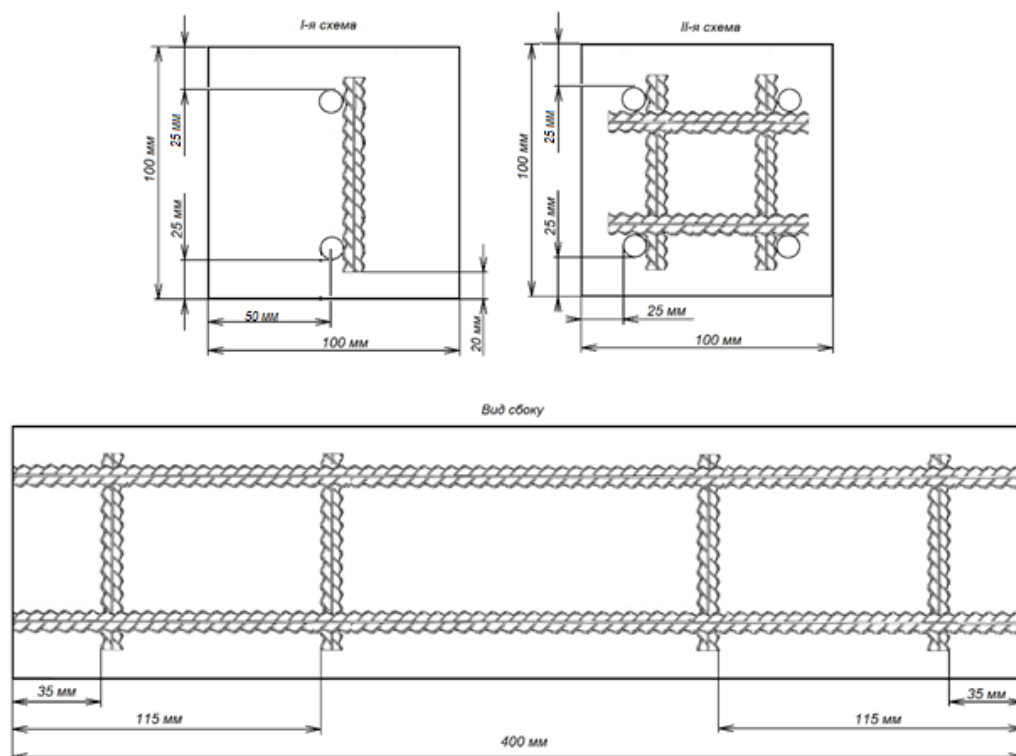


Рисунок 3 – Схемы армирования модельных образцов

Диаметр нижних стержней больше диаметра верхних, так как в процессе изгиба они будут располагаться в зоне растяжения и на них приходится основная нагрузка. Таким образом, верхние продольные стержни имеют диаметр 6 мм, а нижние – 8 мм, аналогичным образом используют арматуру разного диаметра в испытаниях железобетонных конструкций в статьях [8, 9].

Перемиčky сделаны из арматуры 6 мм и служат для обеспечения связи между бетоном сжатой зоны с арматурой в растянутой зоне. Также

поперечные перемычки необходимы для обеспечения пространственной жесткости арматурного каркаса с целью правильного его расположения в форме для изготовления образцов, и для предотвращения образования наклонных трещин от возникающих скалывающих напряжений вблизи опор.



Рисунок 4 – Фотография форм с металлическим каркасом.

Размеры модельных образцов установлены в соответствии с имеющимся оборудованием для проведения испытаний на изгиб и ГОСТом [34], а именно автоматическая испытательная машина на изгиб 200 кН для бетона, которая предназначена для испытания бетонных балочек размером 100x100x400 мм и 150x10x600 мм.

Формы для изготовления бетонных балок являются разборными и выполнены в соответствии с [35].

Для исключения воздушных пустот в образцах железобетона осуществляется уплотнение бетонной смеси с помощью лабораторного

вибростола СМЖ-539, который показан на рисунке 5. Уплотнение происходит за счет того, что при вибрации происходит компактная усадка бетонной смеси и вытесняется весь лишний воздух. Вибростол управляется с помощью таймера. Образцы выдерживаются под вибрацией в течении 30 с.



Рисунок 5 – Вибростол СМЖ-539

Далее образцы твердели 1 сутки в пропарочной камере, после чего извлекаются из форм и продолжают твердеть при комнатной температуре в течение 28 суток. По истечении этого времени, все образцы готовы к экспериментальным исследованиям. Готовые образцы представлены на рисунке 6:



Рисунок 6 – Готовые образцы железобетонных балок

## **2.2 Методика определения скорости распространения акустической волны в образцах железобетона**

В данной работе электрический сигнал в образцах формируется за счет упругого ударного воздействия. Вследствие упругого удара в образцах железобетона формируется акустическая волна, которая, проходя через весь образец, возбуждает заряды двойных электрических слоев и пьезоэлементы, формируя таким образом электрический импульс. Поэтому все исследования, проведенные в данной работе, напрямую зависят от параметров распространения акустических колебаний в исследуемом материале, особенно от скорости их распространения.

Измерения производились следующим образом:

На одну из стенок образца устанавливается пьезопреобразователь (излучатель). Далее с генератора импульсов на излучатель подавался импульс. Таким образом, в образце возбуждается ультразвуковая волна. На противоположной стенке железобетонной балки, соосно излучателю устанавливается приемник, также представляющий собой пьезопреобразователь (рисунок 7).



Рисунок 7 – Измерение скорости распространения ультразвука в образце

На один вход платы ввода-вывода подается сигнал с генератора импульсов, а на второй – с приемника. Время с момента подачи импульса и до его принятия приемником есть время прохождения ультразвука через образец. Плата ввода вывода подключена к ПК. Таким образом, зная время прохождения ультразвуковой волны и расстояние, в специальной программе, построенной в среде LabView, рассчитывается скорость распространения ультразвукового импульса в данном материале. Рабочее окно программы представлено на рисунке 8.

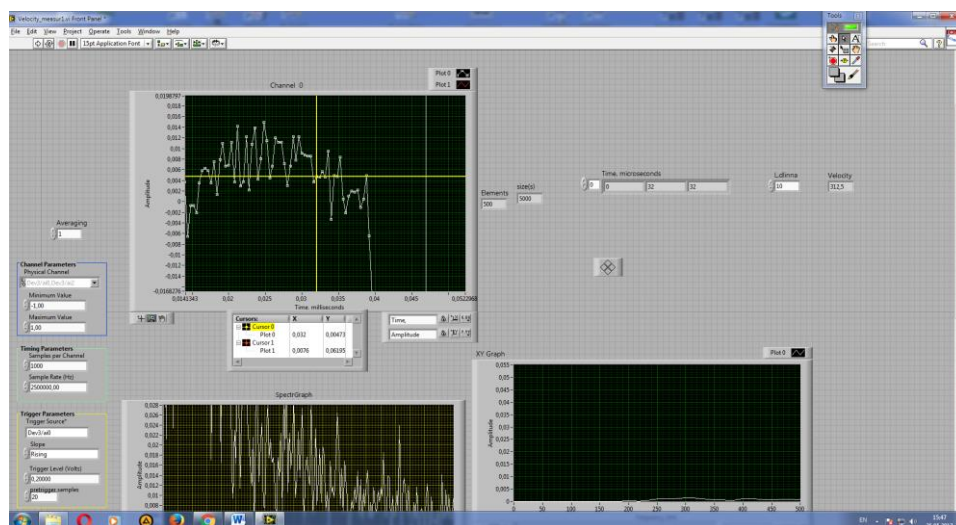


Рисунок 8 – Рабочее окно программы

В программе курсорами выставляется начало каждого сигнала и толщина изделия, которое проходит волна. В окне «Velocity» программа показывает рассчитанную скорость прохождения ультразвуковой волны через образец.

В процессе измерения было использовано следующее оборудование: генератор импульсов Olympus Panametrics 5058PR, пьезодатчики Olympus Panametrics V1011 VIDEOSCAN.



### 2.3 Методика и аппаратура для возбуждения и регистрации электрического отклика в образцах железобетона

Для возбуждения и регистрации электрического отклика в гетерогенных материалах используется установка, разработанная специально для этих целей в лаборатории ПНИЛ ЭДиП Национального исследовательского Томского политехнического университета. Внешний вид установки представлен на рисунке 9.

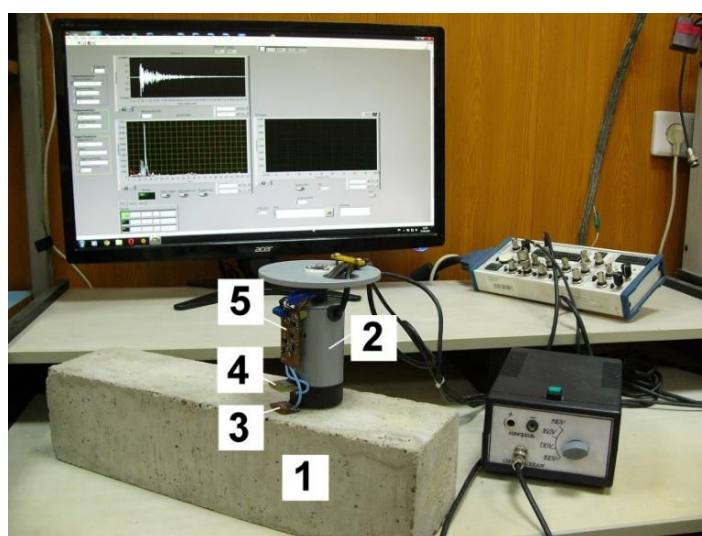


Рисунок 9 – Лабораторная установка для исследования механоэлектрических преобразований: программно-аппаратный комплекс, позволяющий производить импульсное механическое возбуждение изделий и регистрацию электрического отклика 1 – образец; 2 – ударное устройство; 3,4 – измерительная и компенсационная пластины; 5 – дифференциальный усилитель

Электромеханическое ударное устройство 2 производит одиночный удар нормированной силы. Удар производился по металлической подложке, приложенной вплотную к образцу. Ударник и металлическая подложка изготовлены из закаленной стали одинаковой твердости, за счет чего удар получается упругим. Акустическая волна, по мере распространения по

образцу возбуждает пьезоэлементы, содержащиеся в образце, а также вызывает смещение двойных электрических слоев. Это приводит к образованию электрического поля в материале. Регистрация производится дифференциальным электрическим датчиком. Электрический приемник представлен в виде двух воспринимающих металлических пластин. Первая пластина (3) располагается на расстоянии 2 мм от образца и является измерительной. Она воспринимает полезный сигнал и сигнал удаленной помехи. Вторая (4) располагается в 3-5 см от поверхности и предназначена для регистрации только сигнала удаленной помехи. Это позволяет на выходе датчика значительно повысить соотношение сигнал-шум.

Сигналы с датчиков подаются на вход дифференциального усилителя 5, а затем регистрируются с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251». Данная плата позволяет выполнять оцифровку временной реализации сигнала с частотой дискретизации до 1 МГц. Плата подключена к ПК и управляется с помощью специального программного обеспечения, разработанного в среде LabView. Рабочее окно программы представлено на рисунке 10.

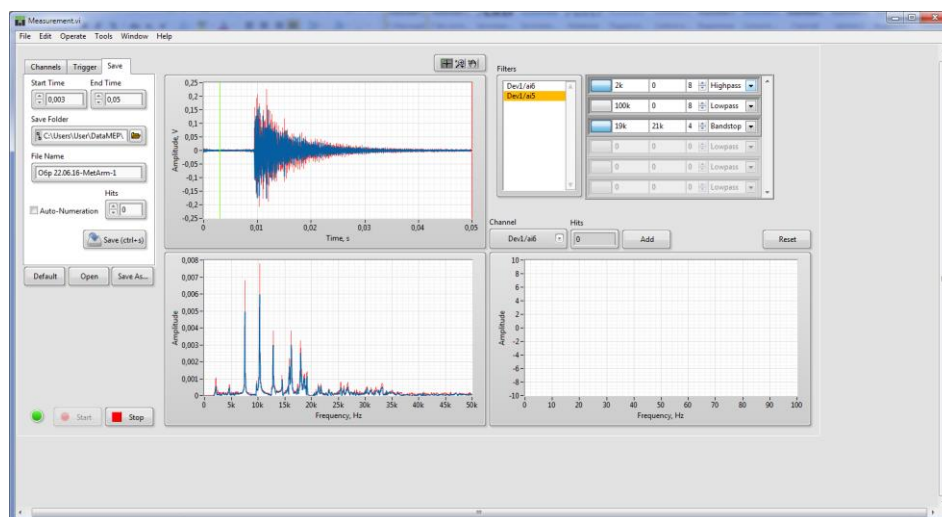


Рисунок 10 – Рабочее окно программы «Measurtment»

В окне программы задаются такие параметры, как частота оцифровки и число точек временной реализации сигнала. Устанавливается

максимальное напряжение, подаваемое на вход АЦП. Чем меньше это напряжение, тем точнее аналоговый сигнал преобразуется в цифровой. В поле «Trigger» устанавливаются параметры порога срабатывания, при превышении которого начинается запись сигнала.

При нажатии кнопки «Start» программа переходит в режим ожидания. С помощью кнопки, расположенной на блоке питания, на ударное устройство подается напряжение и производится удар. Программа переходит в режим записи с помощью синхроимпульса длительностью 6 мкс и амплитудой 6 В, который формируется в источнике питания в момент подачи напряжения на катушку индуктивности ударника. В результате всех этих действий сигнал, поступающий с дифференциального усилителя, записывается в буфер программы. Также в этой программе производится расчет спектра, полученного сигнала, с помощью БПФ. С помощью кнопки «Save» сигнал и его спектр сохраняется в постоянную память ПК в текстовом формате в виде табличных данных, с целью дальнейшей обработки и анализа.

#### **2.4 Методика испытаний образцов на изгиб**

Испытания железобетонных балок размером 100×100×400 мм и 150×150×600 мм на изгиб производились с помощью автоматическая испытательная машина на изгиб 200 кН для бетона. Данный пресс позволяет записывать всю необходимую информацию об испытании. Процесс испытаний в прессе представлен на рисунке 11.

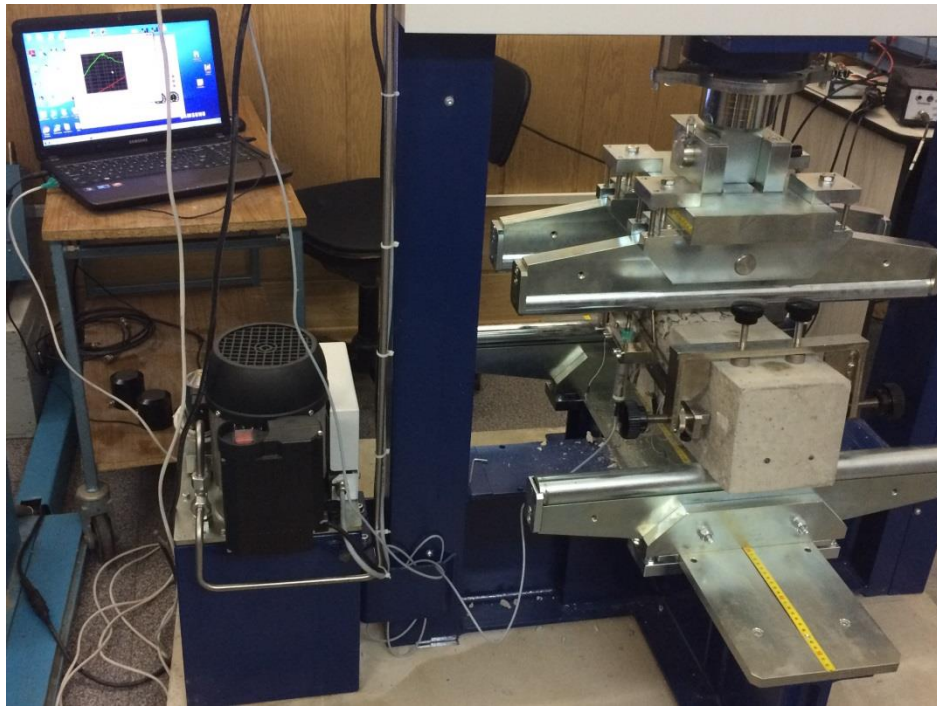


Рисунок 11 – Фотография автоматическая испытательная машины.

Изгиб производился по схеме четырехточечного изгиба. Схема нагружения образцов использовалась в соответствии с [37]. Подробная схема нагружения модельных образцов в испытательном прессе представлена на рисунке 12:

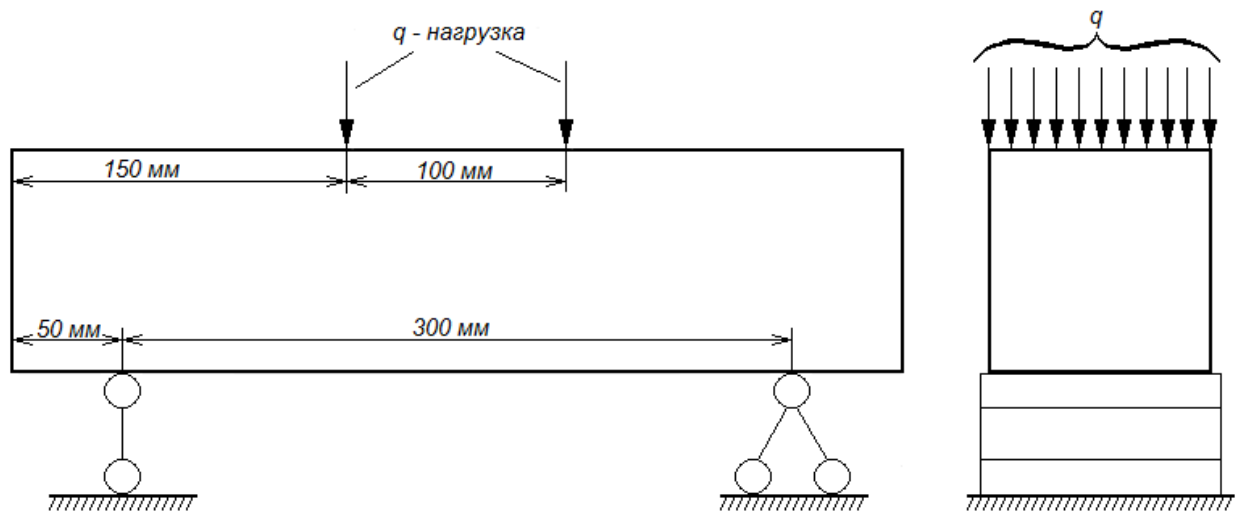


Рисунок 12 – Ссхема нагружения балок на примере балки 10x10x40мм.

Расстояние между нижними опорами равняется тройной высоте образца, между верхними – расстояния равное толщине балки.

Испытания производились следующим образом. На опоры помещался экспериментальный образец железобетона, с закрепленным сбоку измерительным зондом, затем на образец крепилась система для измерения прогиба. Далее с помощью компьютеризированного пресса производилось нагружение образца с постоянной скоростью 0,05 кН/с. При нагружении каждые 10 секунд производится запись электрического отклика на упругое ударное возбуждение испытываемого образца железобетона. Сам процесс нагружения отслеживается с помощью специальной компьютерной программы, регистрирующей нагрузку и деформацию с дискретностью по времени в 0,1 секунду (рисунок 13).

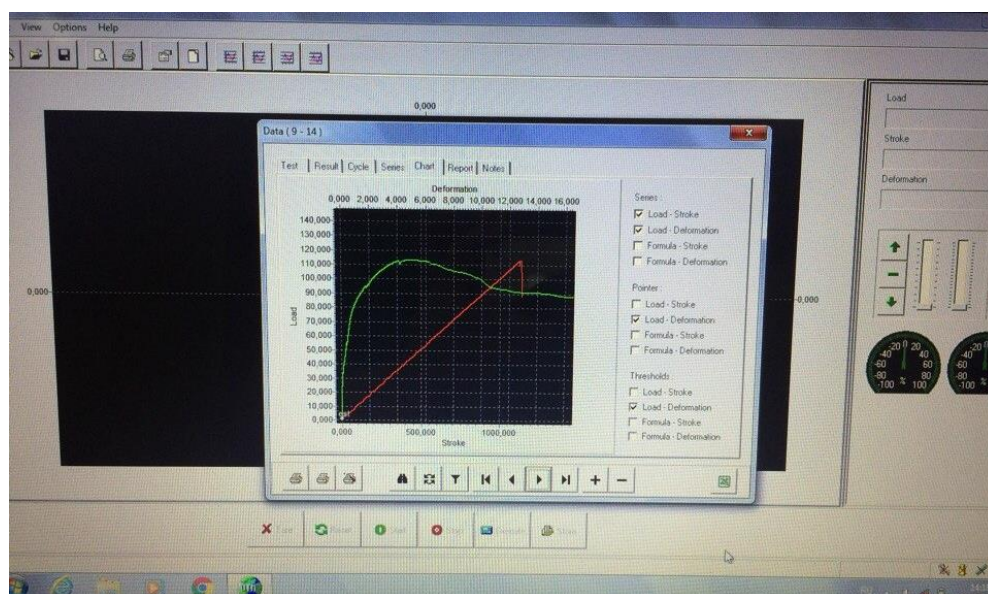


Рисунок 13 – Окно программы автоматической испытательной машины на изгиб

В процессе испытания строятся нагрузочные кривые, полностью отражающие характер поведения образца под нагрузкой.

## 2.5 Методика обработки данных

В процессе исследования существовала необходимость расчета различных параметров сигнала и его спектра. Ниже представлены методики и описание компьютерных программ, с помощью которых это осуществлялось.

## Определение коэффициента взаимной корреляции

Программа для расчета коэффициента корреляции имеет название «Corr\_Model» и разработана в среде программирования LabView. Данная программа позволяет вычислять коэффициент взаимной корреляции двух временных реализаций сигналов или их спектров. Корреляционный анализ позволяет оценить функцию регрессии и выявить связь между случайными переменными, которые имеют совместное нормальное распределение.

На вход программы подается два сигнала. Это могут быть исследуемый сигнал, и сигнал электрического отклика из бездефектного образца или исследуемый сигнал и математический эталон сигнала, построенный в специальной программе. Работа программы заключается в том, что она производит сдвиг сигналов относительно друг друга и в каждой точке вычисляет их коэффициент взаимной корреляции. Рассчитывается коэффициент корреляции в программе при помощи формулы 1:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

где:  $X_i$  и  $Y_i$  – две сравниваемые последовательности;  
 $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$  – их средние значения.

Рабочее окно программы представлено на рисунке 14.

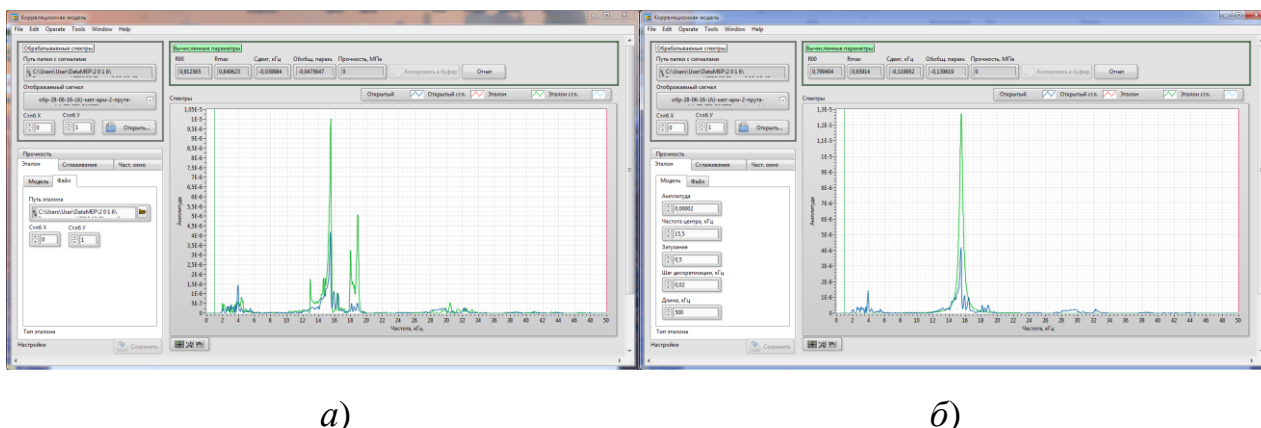


Рисунок 14 – Рабочее окно программы расчета коэффициента корреляции:

а) – с реальным сигналом; б) – с математическим эталоном

В результате всех проделанных операций программа рассчитывает следующие параметры: максимальный коэффициент корреляции, сдвиг по частоте, при котором он получен и коэффициент корреляции с нулевым сдвигом по частоте.

### Обработка данных с помощью программы Origin

Программный продукт Origin предназначен для графического представления результатов. Этот пакет позволяет не только строить те или иные графики, но, также проводить математическую обработку данных: Производить численное дифференцирование и интегрирование, осуществлять интерполяцию и экстраполяцию, вычислять различные зависимости и производить необходимые преобразования данных непосредственно в самой программе [40]. Для удобства работы в программе есть возможность экспортирования полученных графиков и таблиц в распространённые форматы: PDF, TIFF, JPEG, GIF и др. На рисунке 15 представлено рабочее окно программы.

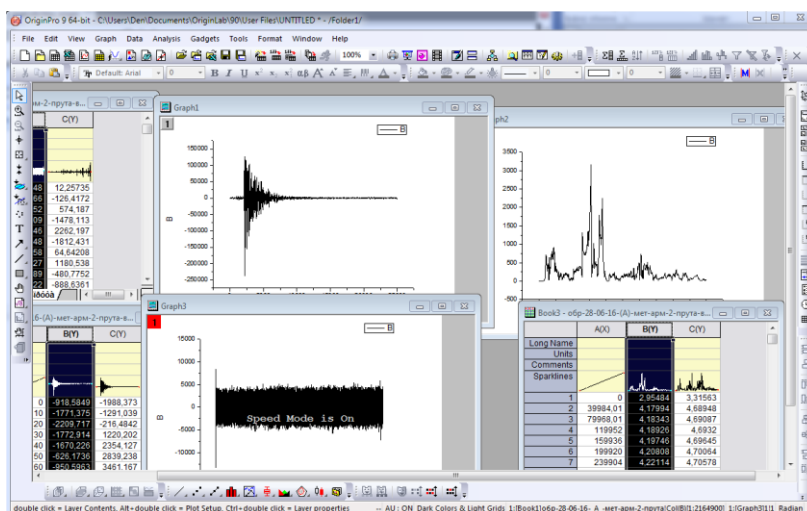


Рисунок 15 – Рабочее окно программы Origin

В данной работе использовалась программа Origin версии 9.0.

### Заключение.

Были изучены и освоены методика изготовления железобетонных балок, методика испытания бетонных балок на изгиб на автоматической испытательной машине, методика регистрации электрического сигнала, а также методика расчета максимального коэффициента взаимной корреляции спектра электрического сигнала с исходным спектром электрического сигнала.



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

### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения технологий QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
  - влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
  - перспективность рынка;
  - пригодность для продажи;
  - перспективы конструирования и производства;
  - финансовая эффективность;
  - правовая защищенность.
2. Показатели оценки качества разработки:
  - динамический диапазон;
  - вес;
  - ремонтпригодность;
  - энергоэффективность;
  - долговечность;
  - эргономичность;
  - унифицированность;
  - уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности термогравиметрического метода выбран метод сканирующей электронной микроскопии. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1.Повышение производительности труда	0,3	100	100	1	0,3
2. Прост в использовании	0,3	90	100	0,9	0,27
3.Уровень материалоемкости	0,2	100	100	1	0,2
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
4.Цена	0,1	30	100	0,3	0,03
5.Финансовая эффективность научной разработки	0,1	60	100	0,6	0,06
<b>Итого</b>	<b>1</b>				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$$P_{cp} = 0,3 * 100 + 0,3 * 90 + 0,2 * 100 + 0,1 * 30 + 0,1 * 60 = 86$$

Показатель  $P_{cp}$  равный говорит о том, что перспективность разработки считается выше средней и поэтому ее следует развивать.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной.

## **4.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и

работ, распределение исполнителей по видам работ приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель,
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка образцов для экспериментов	студент
	6	Проведение экспериментов	студент
Обобщение и оценка результатов	7	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	студент
Оформления отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, студент

#### 4.2.2 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 человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (7.2)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (7.3)$$

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.

### 4.2.3 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:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (7.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (7.5)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 3).

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$				
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни									
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руковод.	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	5	9	9	9	6,6	6,6	6,6	Студ.	7	7	7	10	10	10
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Руковод.	5	5	5	7	7	7
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Руковод. лабор.	2	2	2	3	3	3
Подготовка образцов для экспериментов	2	2	2	4	4	4	4,8	4,8	4,8	Лабор. студ.	3	3	2	4	4	4
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	3	5	4	6	8	2,8	4,2	6,2	Лабор. студ.	2	3	4	3	4	6
Расшифровка данных и сравнение имеющимися показателями	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Лабор. студ.	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Руковод. лабор. студ.	2	2	2	3	3	3

На основе таблицы 4 строим план график

Таблица 4 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кп</sub> , кал. дни	Продолжительность выполнения работ									
				Фев.		Март			Апрель				
				2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление ТЗ	Руковод.	3	■									
2	Изучение материалов	Студ.	10	■	■								
3	Выбор направления	Руковод.	7		■	■							
4	Планирование работ	Руковод. лабор.	3			■							
5	Подготовка образцов	студ.	4			■	■						
6	Проведение экспериментов	.студ.	6				■	■					
7	Расшифровка данных	студ.	3							■			
8	Пояснительная записка	Руководстуд.	3								■	■	

- руководитель,

- студент,

### Бюджет научно-технического исследования

#### Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

-приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;



-покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

-покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

-сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (7.6)$$

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, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов,

территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З <sub>м</sub> ), руб.
Цемент	кг	20	24	480
Гравий	мешок	1	155	155
Песок	мешок	1	95	95
Полипропиленовая фибра	кг	6	150	900
Перчатки	пара	2	100	200
Смазка Литол-24	литр	0,35	150	52,5
Бумага формата А4	уп	1	330	330
Итого				2132,5

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.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет

затрат по данной статье заносится в таблицу X. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 6 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Весы (лабораторные, 5-10 кг)	1	15000	15000
2	Лабораторный вибростол (до 60 кг)СМЖ-539	1	45000	45000
3	Лабораторная мешалкаМЛА-30	1	60000	60000
4	Металлическая форма для изготовления бетонных образцов	2	2000	4000
5	Компьютер	1	50000	50000
Итого				174000

#### **4.2.4 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.7

Таблица 7 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость , чел.-дн.			Зароботная плата, приходящаяся на один чел.- дн., тыс. руб.			Всего зароботная плата по тарифу(оклад ам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение технического задания	Руковод.	1,8	1,8	1,8	1,46	1,46	1,46	2,63	2,63	2,63
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	6,6	6,6	6,6	0,25	0,25	0,25	1,65	1,65	1,65
3	Выбор направления исследований	Руковод.	4,8	4,8	4,8	1,46	1,46	1,46	7	7	7
4	Календарное планирование работ по теме	Руковод.,	2,8	2,8	2,8	2	2	2	5,6	5,6	5,6
5	Подготовка образцов для экспериментов	студент	4,8	4,8	4,8	0,79	0,79	0,79	3,8	3,8	3,8
6	Проведение экспериментов	студент	2,8	4,2	6,2	0,79	0,79	0,79	2,2	3,3	4,9
7	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	студент	3,8	3,8	3,8	0,79	0,79	0,79	3	3	3
8	Составление пояснительной записки	Руковод., студент	5,8	5,8	5,8	2,25	2,25	2,25	13	13	13
Итого									38,88	39,98	41,58

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7.7)$$

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:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (7.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (7.9)$$

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

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

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

Таблица 8– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант	Студент
Календарное число дней	366	366	366
Количество нерабочих дней – выходные – праздничные	118	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	48	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	200	176

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (4.10)$$

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

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

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

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

Таблица 9 – расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.
Руководитель	28924,94	1,3	1,3	1,3	135368,72	7,6	16	121,6
Студент	6595,7	0	0	1,3	8,57411	0,46	19	11,96
Итого $Z_{осн}$								133,56

### 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4.11)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 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 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 10 – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	121,6	121,6	121,6
Студент	10,58	11,04	11,96
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271		
Итого			
Исполнение 1	35,82		
Исполнение 2	35,95		
Исполнение 3	36,19		



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

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, тыс.руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	2132,5	2132,5	2132,5	
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	174000	174000	174000	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133,56	129,50	127,75	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	35,82	35,95	36,19	
5. Накладные расходы	28208,30	28207,67	28207,43	16% от суммы 1-4
6. Бюджет затрат НИИ	204510,18	204505,62	204503,87	Сумма ст. 1-5

#### **4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (4.13)$$

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;

Таблица 12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1.Повышение производительности труда	0,3	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
3.Уровень материалоемкости	0,2	5	5	4
4. Цена	0,1	4	4	5
5.Финансовая эффективность научной разработки	0,1	5	5	4
Итого	1			

$$I_{p1}=5*0,3+4*0,3+5*0,2+4*0,1+5*0,1=4,6$$

$$I_{p2}=5*0,3+5*0,3+5*0,2+4*0,1+5*0,1=4,9$$

$$I_{p3}=5*0,3+5*0,3+4*0,2+5*0,1+4*0,1=4,9$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}1} = \frac{I_{p1}}{I_{\text{финр}1}}, I_{\text{исп}2} = \frac{I_{p2}}{I_{\text{финр}2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} \quad (4.14)$$

Таблица 13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0.92	0.92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,9	4,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,6	5.33	5.33
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0.92	0.92

Проведя расчет энерго- и ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение № 3 является наиболее выгодным.

## 5. Социальная ответственность

Исследования в написании бакалавр диссертации были проведены на Влияние масштабного фактора на параметры механоэлектрических преобразований в железобетонных балках в условиях изгиба. Экспериментальные исследования проводились на установке для определения электромагнитных сигналов, которая представляет собой ячейку с емкостными датчиками, электромеханическим ударным устройством и измерительными приборами: осциллографической приставкой «PCS 500», источником постоянного тока Б5-43 и ЭВМ.

На основе проведенных исследований будет разработан метод неразрушающего контроля бетона, армированного стекловолокнистой арматурой, что повысит надежность монтажа.

Результаты, полученные в ходе исследования, будут использованы впоследствии для разработки метода неразрушающего контроля бетона, армированного стекловолокнистой арматурой, что уменьшит риск и уменьшит последствия непредвиденного разрушения строительных конструкций, избегая негативных последствий в результате их непредвиденное разрушение путем своевременного технического обслуживания и реконструкции.

Этот метод неразрушающего контроля впоследствии может быть использован инженерами-дефектоскопами для контроля над конструкциями зданий на всех этапах производства, эксплуатации и ремонта.

### Производственная безопасность

Все опасные и вредные производственные факторы по своей природе принято разделять на физические, химические, биологические и психофизиологические [33].

При проведении исследований по данной теме на лаборанта могут оказывать воздействие физические и психофизиологические опасные и вредные производственные факторы. Перечень факторов, характерных для проектируемой производственной среды сведен в таблицу 14.

Таблица 14 – Опасные и вредные факторы при проведении проектных исследований

Источник фактора	Факторы		Нормативные документы
	Опасные	Вредные	
1.Персональный компьютер 2.Лабораторная установка для проведения исследований	Электр.ток	1.Повышенный уровень электромагнитных излучений 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Отклонение показателей микроклимата от нормальных 4.Монотонность труда 5.Умственное перенапряжение	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [34] ГОСТ 12.1.030-81 [35] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [36] СП 52.13330.2011 [37] СанПиН 2.2.4.548–96 [38] Р 2.2.2006–05[39]

### 5.1.1 Электрический ток

Помещение лаборатории, в которой проводятся исследования, относится к классу помещений без повышенной опасности поражения электрическим током, поскольку в помещении отсутствует особая влажность, проводящая пыль, возможность одновременного прикосновения человека к раковинам лабораторной установки и к заземленным металлическим конструкциям здания. Средняя температура в помещении не должна превышать  $+35^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность не более 75%, необходимо исключение возможности одновременного прикосновения к заземленным металлическим конструкциям здания (батареи отопления) и корпусам электрооборудования.

В соответствии с нормативными требованиями ГОСТ 12.1.030.-81 при работе с установками напряжением питания до 1000 В и глухозаземленной нейтралью необходимо применять зануление для защиты от поражения электрическим током. Для зануления необходимо соединить все металлические корпуса оборудования, которые случайно могут оказаться под напряжением, с неоднократно заземленным нулевым проводом сети. Поперечное сечение соединительного проводника должно быть не менее половины участка фазного проводника. Zeroing превращает короткое замыкание в корпус в однофазное короткое замыкание, что приводит к автоматической защите. Повторное заземление нейтрального провода необходимо для снижения риска травмирования людей, который возникает, когда нейтральный провод обрывается, а фаза закрывается на корпусе за местом повреждения. Сопротивление повторного заземления нейтрального провода должно быть не более 10 Ом.

Контроль изоляции в отделе проводится один раз в год на участке “фаза-фаза”, “фаза-ноль”, “фаза – нулевой защитный проводник” (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм). В помещении должно быть установлено устройство защитного отключения, стандартно

располагаемое на вводе электросети в производственное помещение, с целью защиты персонала от поражения электрическим током. Время отключения не должно превышать 0,1-0,2 с.

Для проведения экспериментальных исследований инженеру – лаборанту необходимо иметь квалификационную группу допуска по электробезопасности не ниже 3 (до 1000 В).

Для защиты от поражения электрическим током при работе с лабораторной установкой необходимо проведение следующих организационно-технических мероприятий:

- инструктаж по технике безопасности;
- подключение устройства защитного заземления сопротивлением не более 10 Ом для исключения опасности поражения лаборанта электрическим током;
- обеспечение недоступности к токоведущим частям путем применения защитных кожухов и изоляции;
- ограждение измерительной ячейки защитной сеткой;
- присоединение лабораторной установки к питающей сети через общий рубильник, которым в случае необходимости можно обесточить всю установку;
- обеспечение нетоковедущих частей электрооборудования защитным занулением;
- расположение всех металлических частей установки, находящихся под напряжением, в порядке, исключающем случайное прикосновение;
- проверка перед началом работы исправности оборудования и надежности изоляционных материалов;
- обеспечение инженера – лаборанта во время работы с установкой индивидуальными средствами защиты (диэлектрическим ковриком перед установкой, слесарно-монтажным инструментом с изолированными рукоятками при ремонтных работах, диэлектрическими перчатками);



– проверка инженером – лаборантом при уходе из помещения отключения установки от источника питания, выключения общего питающего рубильника.

### **5.1.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником излучения в рабочем помещении является монитор персонального компьютера. Длительное воздействие данного излучения на инженера – лаборанта способно привести к ухудшению зрения. Доза облучения данным излучением при работе с компьютером в несколько раз ниже установленных норм (предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день -  $2 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ), но, тем не менее, необходимо выполнение следующих рекомендаций:

- исключение мерцания экрана (использование монитора с частотой кадров не менее 70 Гц);
- расположение верхнего края монитора на уровне глаз;
- избегание освещения экрана яркими источниками света;
- использование монитора с низким разрешением;
- регулярные перерывы в работе.

### **5.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточный уровень освещенности во время исследований оказывает негативное влияние на инженера-лаборанта, способствует его работоспособности, безопасности, достаточной работоспособности исследователя в течение длительного времени, тк. свет является важным стимулятором не только для зрительного анализатора, но и для организма в целом. Помещение с ЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение в соответствии с СП 52.13330.2011. Для данного типа работ минимальная освещенность в лаборатории должна составлять 300-500 лк. Естественный свет должен проникать через боковые светопроемы, сориентированные, как правило, на север или северо-восток, и обеспечивать

коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5%. При производственной необходимости разрешается эксплуатировать ЭВМ в помещениях без естественного освещения по согласованию с органами государственного надзора за охраной труда и органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы.

Общее освещение лаборатории должно быть выполнено в виде сплошных или прерывистых линий светильников, которые располагаются в стороне от рабочих мест (преимущественно слева) параллельно линии зрения работников. Допускается размещение линии светильников искусственного освещения локально над рабочими местами.

Для общего освещения необходимо применять светильники с рассеивателями и зеркальными экранами сетками или отражателями, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Как источник при искусственном освещении должны применяться, как правило, люминесцентные лампы типа ЛБ.

Для обеспечения нормированных значений освещения в помещениях с ЭВМ необходимо очищать оконное стекло и светильники не реже чем 2 раза в год и своевременно проводить замену перегоревших ламп.

#### **5.1.4 Отклонение показателей микроклимата от нормальных значений**

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны полностью соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548–96.

Показатели микроклимата включают в себя температуру воздуха, ее относительную влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для помещения лаборатории, в котором проводятся исследования, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Нормативные значения показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Легкая	22 – 24	21 – 25	40 – 60	75	0,1	≤ 0,1
Теплый	Легкая	23 – 25	22 – 28	40 – 60	55	0,1	0,1–0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха в холодный период года необходимо обеспечивать отопление помещения, в теплый период – кондиционирование воздуха, чтобы нормализовать повышенную температуру в отделе.

### 5.1.5 Монотонность труда. Умственное перенапряжение

Работа инженера – лаборанта связана с умственным трудом. Для уменьшения влияния данных психофизиологических факторов необходимо правильно организовывать отдых работника.

Выполняемые при исследовании работы относятся к III категории работ – продолжительность работ группы В превышает 4 часов [36]. Работа пользователей компьютеров характеризуется значительным напряжением зрительных анализаторов. Для уменьшения умственного перенапряжения, монотонности труда и эмоциональных перегрузок следует установить перерывы по 20 мин каждый через 2 часа после начала работ, через 1,5 и 2,5 часа после обеденного перерыва или же по 5-15 минут через каждый час работы. Общая продолжительность дополнительных перерывов составляет 60 минут.

## **5.2 Экологическая безопасность**

В последние годы проблема защиты окружающей среды все чаще возникает во всем мире. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и другое загрязнение природы приводят к тому, что характер хода вещей, привычного для данного периода, изменяется. Например, средняя годовая температура окружающей среды увеличивается, что приводит к глобальным изменениям климата, а затем ландшафту поверхности Земли. Не нужно писать.

Когда в лабораторных помещениях используются люминесцентные лампы, содержащие ртуть, необходимо заключить соглашение между лабораторией и специальными предприятиями по обработке использованных ламп.

При проведении пилотных исследований по этой теме проекта вредных выбросов в атмосферу не происходит.

Твердые бытовые отходы, полученные после исследований, в частности образцы бетона, армированного стекловолокнистой арматурой, не подлежат дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов, поскольку их обработка экономически невыгодна.

Образцы железобетона следует утилизировать в специальных контейнерах. Впоследствии эти отходы подвержены уплотнению и захоронению на полигонах, расположенных далеко от водоохраных зон, и имеют гидроизоляцию для предотвращения загрязнения грунтовых вод.

## **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Под чрезвычайной ситуацией понимается обстановка, сложившаяся в результате опасной ситуации техногенного характера, катастрофы, также это может быть природное явление, стихийное или иное бедствие. Чрезвычайные ситуации приводят или могут привести к человеческим жертвам,

причинению вреда здоровью людей или окружающей среде, значительному материальному ущербу.

Вероятными чрезвычайными ситуациями, которые могут возникнуть при разработке данного научного исследования, являются:

- разрушение зданий, сооружений;
- взрывы;
- пожары.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях нормируется ГОСТ Р 22.0.01-94 и ГОСТ Р 22.0.07-95 [40,41].

### **5.3.1 Разрушение зданий, сооружений**

Разрушение зданий и сооружений может явиться следствием взрыва лабораторного оборудования из-за возникновения неисправности, а также по причине отсутствия своевременного мониторинга технического состояния возведенной конструкции.

Первыми признаками разрушения строений являются – внезапно возникновение трещин, вибраций, признаков взрыва или механического удара.

Выход из многоэтажного здания займет время, поэтому при малейших признаках обрушения нужно укрыться в таких местах, где маловероятно поражение обломками. К таким местам относятся оконные и дверные проемы, углы. Движение в полуразрушенном здании очень опасно, так как разрушение его может продолжиться в любой момент. Поэтому лучше привлекать к себе внимание спасателей криками и ждать помощи. Возвращаться в разрушенное строение за своим имуществом и документами не нужно, это не безопасно. Безопасное расстояние от рушащегося здания – расстояние, равное его высоте.

### **5.3.2 Взрывы**

Взрывы являются быстропротекающими процессами и сопровождаются выделением значительной энергии в небольшом объеме, приводящей к ударным, вибрационным и тепловым воздействиям на окружающую среду.

При возникновении взрыва в первую очередь необходимо не паниковать и по возможности быстро определить свое местонахождение и состояние здоровья. Оказав себе первую медицинскую помощь, постараться быстрее покинуть зону взрыва. При отсутствии возможности самостоятельно эвакуироваться из разрушенного здания необходимо оценить окружающую обстановку, защитить органы дыхания с помощью любой ткани, по возможности подавать голосовые сигналы спасателям.

### **5.3.3 Пожары**

По классу пожаробезопасности лаборатория, в которой проводятся исследования относится к классу П–2А.

Причины возможного возникновения пожара:

- несоблюдение правил эксплуатации электроустановок и электросети;
- нарушение режимов работы нагревающего оборудования;
- перегрев мест соединений токоведущих частей в результате образования высокого переходного сопротивления;
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

Источниками воспламенения могут послужить элементы электропроводки, которые могут перегреваться в результате неисправности оборудования или нарушения правил эксплуатации оборудования; оборудование, установленное в помещении.

Для предупреждения пожара необходимо проводить ряд технических и организационных мероприятий в соответствии с ГОСТ 12.1.004 – 91 и ГОСТ 12.4.009 – 83 [42,43].

Для предотвращения пожаров необходимо проведение следующих мероприятий:

- организационных: проведение инструктажей, бесед, лекций по пожарной безопасности;
- эксплуатационных: постоянный контроль правильности эксплуатации лабораторного оборудования, дополнительной аппаратуры, содержание зданий и близлежащих территорий в состоянии пожарной безопасности;
- технических: соблюдение противопожарных правил при устройстве отопления, вентиляции, установке аппаратуры, применение в конструкциях приборов и устройств быстродействующих средств отключения возможных источников зажигания, устройств молниезащиты зданий и сооружений;
- режимных: запрещение курения в не установленных местах.

При проведении исследований в лаборатории рекомендуется наличие следующих первичных противопожарных средств:

- углекислотные огнетушители ОУ-5 (1 огнетушитель на 40 – 50м<sup>2</sup>, но не менее двух в помещении);
- ящик с песком объемом 0,5 м<sup>3</sup>;
- система автоматической пожарной сигнализации с датчиками, реагирующими на появление дыма ФНП – 1 из расчета 1 на 10 м<sup>2</sup> ;
- телефон, установленный в легкодоступном месте.

В системе вентиляции должны быть предусмотрены устройства для перекрытия воздуха в случае пожара. Следует держать свободными подступы к орудиям пожаротушения и проходы для эвакуации людей. Эвакуационные пути (коридоры и лестничные клетки) должны иметь

эвакуационное освещение, питаемое от независимого источника питания и выполняемое электролампами накаливания мощностью 40Вт.

При аварийных ситуациях, когда необходима эвакуация людей и оборудования, необходимо действовать согласно плану эвакуации на случай чрезвычайных ситуаций, размещенному на видимом участке в помещении лаборатории. Эвакуация людей из рабочего помещения должна производиться по кратчайшему пути к выходу из здания, при соблюдении правил поведения при чрезвычайных ситуациях.

#### **5.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Для уменьшения влияния психофизиологических факторов необходима правильная организация отдыха работников и рабочего места. Исследования по данному проекту выполняются сидя. Данный тип работ нормируется ГОСТ 12.2.032-78 [44].

При размещении рабочего места необходимо придерживаться следующих требований:

- рабочее место должно быть размещено таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (оптимально – слева);
- рабочее место с ЭВМ размещается на расстоянии не менее 1м от стен со световым окном;
- расстояние между экранами ЭВМ должно быть не менее 2,5м;
- расстояние между боковыми поверхностями ЭВМ должно быть не менее 1,2м;
- проход между рабочими рядами должен быть не менее 1м.

Рабочее место инженера – лаборанта при проведении исследований должно соответствовать следующим требованиям:

- высота рабочей поверхности стола для ЭВМ должна быть в пределах 680-800 мм, ширина стола - 600-1400 мм, глубина стола - 800-1000 мм;



– стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600мм и шириной не менее 500 мм;

– сидения, используемые в лаборатории, должны быть снабжены подъемно-поворотным механизмом, позволяют регулировать угол наклона, как самого сидения, так и спинки. Сидения также снабжены подлокотниками и позволяют регулировать расстояние спинки от переднего края сидения;

– экран монитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Обеспечение выполнения данных требований к компоновке рабочей зоны позволит улучшить качество и производительность труда инженера – лаборанта, снизить влияние действия психофизиологических факторов, обеспечить рациональный и безопасный труд.

### **Список публикаций студента:**

Данн Д.Д., Фурса Т.В., Чжан Ц. Выбор основных технических характеристик регистрирующей системы для повышения точности метода контроля дефектности бетона по параметрам электрического отклика // материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC– 2017», 20–24 ноября 2017 г., Москва. ISBN 978-5-7339-1389-6

### **Список использованных источников:**

1. Фурса Т.В. О механизме механоэлектрических преобразований при ударном возбуждении композиционных материалов на основе цементного вяжущего. ЖТФ, 2011, Т. 71, вып. 7, с. 53 – 56.
2. Фурса Т.В., Суржиков А.П., Хорсов Н.Н., Осипов К.Ю. Исследование взаимосвязи степени напряженно-деформированного состояния композиционных материалов с параметрами электромагнитного отклика на импульсное механическое возбуждение. ЖТФ, 2012, Т. 76, вып.4, с. 129–132.
3. ГОСТ 2290-88 Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля
4. ГОСТ 23829-85 Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения.
5. Quang Anh Vu , Vincent Garnier, Jean François Chaix, Cédric Payan, Martin Lott, Jesus N. Eiras. Concrete cover characterisation using dynamic acousto-elastic testing and Rayleigh waves. Construction and Building Materials, 2016, Vol 114, P. 87-97.
6. A. Carpinteri, G. Lacidogna, F. Accornero, A. Mpalaskas. Influence of damage in the acoustic emission parameters. Constructions and buildings materials, 2013, Vol 44, P. 9-16.
7. A. Carpinteri ,J. Xu, , Г. Lacidogna ,A. Manuello. Reliable onset time determination and source location of acoustic emissions in concrete structures. Constructions and buildings materials, 2011, Vol 34, Is 4, P. 529-537.
8. Shahiron Shahidan, Rhys Pulin, Norazura Muhamad Bunnori, Karen M. Holford. Damage classification in reinforced concrete beam by acoustic emission signal analysis. Constructions and buildings materials, 2013, Vol 45, P. 78-86.
9. M.N. Noorsuhada. An overview on fatigue damage assessment of reinforced concrete structures with the aid of acoustic emission technique. Constructions and buildings materials, 2016, Vol 112, P. 424-439.

10. M.A.A. Aldahdooh, N. Muhamad Bunnori, M.A. Megat Johari. Damage evaluation of reinforced concrete beams with varying thickness using the acoustic emission technique. *Constructions and buildings materials*, 2013, Vol 44, P. 812-821.
11. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, 2004, 26с.
12. R. Vidya Sagar, B.K. Raghu Prasad, R.K. Singh. Kaiser effect observation in reinforced concrete structures and its use for damage assessment. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2015, Vol 15, Is 2, P. 548-557.
13. Hajin Choi, Youngjib Ham, John S. Popovics. Integrated visualization for reinforced concrete using ultrasonic tomography and image-based 3-D reconstruction. *Constructions and buildings materials*, 2016, Vol 123, P. 384-393.
14. Tsuneyoshi Sugimoto, Itsuki Uechi, Kazuko Sugimoto, Noriyuki Utagawa, Kageyoshi Katakura. Study on the Non-contact Acoustic Inspection Method for Concrete Structures by using Strong Ultrasonic Sound source. *Constructions and buildings materials*, 2015, Vol 70, P. 398-401.
15. Gustavo S. Duffó, Silvia B. Farina. Development of an embeddable sensor to monitor the corrosion process of new and existing reinforced concrete structures. *Constructions and buildings materials*, 2009, Vol 23, P. 2746-2751.
16. Z. Gyulai, D. Hartly. Elektrische Leitfähigkeit verformter Steinsalzkristalle. *Physikalische Zeitschrift*, 1928, Vol. 51, P.378-388.
17. A. W. Stepanow. Die plastischen Eigenschaften der Silberchlorid. *Physikalische Zeitschrift*, 1933, Vol 4.
18. A. W. Stepanow. Über den Mechanismus der plastischen Deformation. *Physikalische Zeitschrift*, 1933, Vol 81, Is. 7, P. 560-564.
19. Johnston W.E. Effect of Plastic Deformation on the Electrical Conductivity of Silver Bromide. *The Physical Review*. 1955. - Vol.98, №6.
20. A. Joffe. Elektrizitätsdurchgang durch Kristalle. *Physikalische Zeitschrift*, 1930, Vol 62.
21. M. Kassel, *Physikalische Zeitschrift*, 1934, Vol 90.

22. Мартышев Ю.Н. Исследование свечения и электризации кристаллов LiF при их деформации. Кристаллография, 1965, т. 10, вып. 2, с. 224-226.
23. Беляев Л.М., Мартышев Ю.Н., Набатов В.В. Исследования свечения при разрушении минералов. Времена высвечивания// В сб.; Физика щелочно-галлоидных кристаллов. Изд.-во Латв. ун-та. - 1962. - С. 179-182.
24. Беляев Л.М., Мартышев Ю.Н., Набатов В.В. О времени высвечивания в процессах трибо- и кристаллолюминесценции. Кристаллография, 1962, Т.7, вып. 4, с. 576-580.
25. Егоров П.В., Иванов В.В., Колпакова Л.А. О некоторых закономерностях импульсного электромагнитного излучения щелочногаллоидных кристаллов и горных пород. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1988, вып. 1, с. 67-70.
26. Малышков Ю.П. Диагностика разрушения твердых тел по характеристикам электромагнитной эмиссии// Канд. дис., Томск. - 1986. 196с.
27. Беляев Л.М., Мартышев Ю.Н. О свечении при царапании кристаллов фтористого лития//Кристаллография. - 1964. - т.9, в. 1. - С. 117119.
28. Суржиков А.П., Фурса Т.В. Механоэлектрические преобразования при упругом ударном возбуждении композиционных диэлектрических материалов. ЖТФ, 2013, Т. 78, Вып. 4, с. 71-76.
29. Фурса Т. В., Осипов К. Ю., Данн Д. Д. Разработка метода контроля динамики изменения дефектности бетона под действием циклического замораживания-оттаивания на основе явления механоэлектрических преобразований. Письма в журнал технической физики, 2011, Т. 37, Вып. 7, с. 1-7.
30. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Неразрушающий контроль строительных материалов по параметрам электрического сигнала при акустическом воздействии: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.

31. Фурса Т.В., Данн Д.Д., Демихова А.А., Федотов П.И. Исследование параметров электрического отклика на упругое ударное возбуждение бетона при его одноосном сжатии. Контроль. Диагностика, 2013, Вып. 9, с. 33-37.
32. Фурса Т.В., Суржиков А.П., Хорсов Н.Н., Осипов К.Ю. Исследование взаимосвязи степени напряженно–деформированного состояния композиционных материалов с параметрами электромагнитного отклика на импульсное механическое возбуждение. ЖТФ, 2012, Т. 76, вып. 4, с. 129–132.
33. Лыков А.Е. Исследование параметров механоэлектрических преобразований в железобетоне в процессе изгиба. магистерская диссертация, 2017, 107 с.
33. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования.
34. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
35. ГОСТ 22685-89 Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия.