

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 (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование механоэлектрических преобразований в бетоне, армированном фиброй УДК 621.179.1:691.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Чуно		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
М.н.с. ПНИЛ ЭДиП	Петров М.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально- гуманитарных наук	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	Ларионова Е.В.	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Мойзес Борис Борисович	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

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

P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
	<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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 (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

 (Подпись) _____ (Дата) Мойзес Б.Б.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ли Чуно

Тема работы:

Исследование механоэлектрических преобразований в бетоне, армированном фиброй

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

13.06.18

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.).

Объектом исследования является бетон, армированный фиброй.

Предметом исследования является неразрушающий контроль бетона, армированного фиброй по параметрам электрического отклика на импульсное механическое воздействие.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Провести анализ литературы по тематике исследования. – Ознакомиться с методикой подготовки образцов бетона, армированных фиброй; – Изучить механоэлектрический метод контроля бетона. – Подготовить образцы бетона в форме кубов с размерами 10×10×10 см. – Провести экспериментальные испытания бетонных образцов-кубов. – Исследовать влияние процессов разрушения в бетоне, армированном фиброй на параметры электрического отклика.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация к работе, выполненная в MS PowerPoint</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич, старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Ларионова Екатерина Владимировна, доцент Отделения контроля и диагностики</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>5.02.18</p>
--	----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
М.н.с. ПНИЛ ЭДиП	Петров Максим			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Чуно		

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: Бетоны и виды армирования бетонов.</i>	
19.02.2018	<i>Изучение методики и изготовление образцов бетона для исследования.</i>	
26.02.2018	<i>Аналитический литературный обзор по теме Главы 2: Неразрушающие методы контроля прочности строительных конструкций из армированного бетона.</i>	
12.03.2018	<i>Подготовка и проведение испытания образцов бетона на одноосное сжатие.</i>	
9.04.2018	<i>Обработка результатов испытания и проведение исследований влияния процессов разрушения в бетоне на параметры 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
м.н.с.	М. Петров		

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с., 14 рис., 17 табл., 42 источника.

Ключевые слова: армированный бетон, неразрушающий контроль, механоэлектрические преобразования, одноосное сжатие.

Цель выпускной квалификационной работы – исследование влияния процессов трещинообразования в бетоне, армированном фиброй, возникающих при одноосном сжатии на параметры электрического отклика при импульсном механическом воздействии.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы были поставлены задачи:

1. Провести анализ литературы по тематике исследования.
2. Ознакомиться с методикой подготовки образцов бетона, армированных фиброй и изучить метод контроля бетона, основанный на явлении механоэлектрических преобразований.
3. Подготовить образцы бетона в форме кубов с размерами $10 \times 10 \times 10$ см.
4. Провести испытания бетонных образцов на одноосное сжатие.
5. Исследовать влияние процессов разрушения в бетоне, армированном фиброй на параметры электрического отклика.

В процессе исследования были проведены испытания образцов бетона на одноосное сжатие. Полученные результаты показали, что при одноосном сжатии бетона, армированного полипропиленовой фиброй переход на этап пластической деформации сопровождается уменьшением максимального коэффициента корреляции до 0,45 и резким увеличением коэффициента затухания энергии электрического отклика до 2,5 раз.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов

ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами контроля.

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Р 2.2.2006–05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.

ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и
обслуживание.

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее
место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

В данной работе применялись следующие термины с
соответствующими определениями:

Бетон – это строительный, конструкционный материал, состоящий из
твердого, химически инертного порошкообразного вещества, заполнителя,
который соединяется цементом и водой в разных пропорциях в зависимости
от задачи.

Армированный бетон – это бетон, в котором арматура встроена
таким образом, что два материала действуют вместе в противодействующих
силах

Фибра – это небольшие волокна (тонкие нити) армирующего
материала, обладающие определенными характеристиками.

Фибробетон – это бетон, содержащий волокнистый материал (фибру),
который увеличивает его структурную целостность.

Оглавление

Введение	11
1 Бетоны и виды армирования бетонов	13
1.1 Общие сведения о бетоне	14
1.2 Виды армирования бетона	16
1.3 Фибробетон	19
2 Неразрушающие методы контроля прочности строительных конструкций из армированного бетона	23
2.1 Классификация неразрушающих методов контроля строительных конструкций из армированного бетона	24
2.2 Методы контроля прочности армированного бетона и параметров арматуры в строительных конструкциях	26
2.3 Метод контроля, основанный на механоэлектрических преобразованиях, возникающих в бетоне при импульсном механическом воздействии	30
3 Исследование механоэлектрических преобразований в бетоне, армированном фиброй	32
3.1 Методика подготовки образцов бетона, армированных фиброй	33
3.2 Испытание образцов бетона на одноосное сжатие	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	43
5 Социальная ответственность	64
Заключение	77
Список публикаций студента	78
Список использованных источников	79

Введение

На сегодняшний день армирование бетона широко применяется при проектировании и строительстве зданий и сооружений по всему миру. Армирование бетона применяют для повышения прочности и надежности строительных конструкций. Все строительные конструкции, здания и сооружения должны соответствовать требованиям безопасности. Для обеспечения безопасности строительных конструкций применяют неразрушающие методы контроля. Одним из таких методов контроля, является разрабатываемый в Томском политехническом университете метод контроля бетона, основанный на явлении механоэлектрических преобразований.

Целью выпускной квалификационной работы является исследование влияния процессов трещинообразования в бетоне, армированном фиброй, возникающих при одноосном сжатии на параметры электрического отклика при импульсном механическом воздействии.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ литературы по тематике исследования.
2. Ознакомиться с методикой подготовки образцов бетона, армированных фиброй и изучить метод контроля бетона, основанный на явлении механоэлектрических преобразований.
3. Подготовить образцы бетона в форме кубов с размерами $10 \times 10 \times 10$ см.
4. Провести испытания бетонных образцов на одноосное сжатие.
5. Исследовать влияние процессов разрушения в бетоне, армированном фиброй на параметры электрического отклика.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является бетон, армированный фиброй.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является неразрушающий контроль бетона, армированного фиброй по параметрам электрического отклика на импульсное механическое воздействие.

По результатам работы были подготовлены и опубликованы тезисы доклада «Разработка метода диагностики армированного бетона по параметрам электрических откликов на импульсное механическое воздействие» в сборнике материалов Международной научно-технической конференции «INTERMATIC-2017» 20 – 24 ноября 2017 г., г. Москва.

1 Бетоны и виды армирования бетонов

Начало возникновения строительства и архитектуры можно отнести к эпохе первобытнообщинного строя. Первые архитектурные сооружения появились в период палеолита (2,5 миллиона - 12 тысяч лет до н.э.) в виде небольших перекрытых ветками, землянок и шалашей. Первые каменные конструкции появились в период позднего неолита (5-3 тысячи лет до н.э.), к ним относят дольмены, менгиры и кромлех [1]. Со II в. до н.э. в Древнем Риме при строительстве зданий и сооружений стали использовать так называемый римский бетон, представляющий собой смесь камней, извести и песка, похожая на современный бетон [2]. В странах Ближнего и Среднего Востока в период IX-XIII вв. в строительстве применяли различные материалы, технологии и изделия: камни, бетон, кирпичи, каркасные конструкции. Несмотря на столь раннее развитие архитектурных сооружений, наука об испытаниях строительных конструкций появилась гораздо позже.

До наших дней дошли замечательные образцы архитектуры античного мира, строительных конструкций эпохи Возрождения (XV-XVI вв.). Исходя из хорошей сохранности этих объектов, можно предположить, что их создателей заботил не только внешний вид зданий, но и их прочность и долговечность. На сегодняшний день при строительстве зданий, сооружений, мостов и других строительных конструкций наиболее широко применяется армированный бетон, поэтому в Главе 1 настоящей дипломной работы будут рассмотрены более подробно понятие бетона, а также различные виды армирования бетона, которые широко применяются в строительной отрасли.

Следует отметить, что сейчас при проектировании современных зданий и сооружений инженеры проводят необходимые расчеты на прочность, в то время как до начала XIX века большинство зданий с инженерной точки зрения были всего лишь копиями более ранних

сооружений, отличия между старыми и новыми зданиями были только во внешнем виде и используемых материалах. Здания, построенные без использования каких-либо теоретических знаний о законах механики и свойствах строительных материалов, не отличались безопасностью. Но, следует признать, что использование только теоретической базы, не подкрепленной экспериментальными исследованиями недопустимо при возведении и контроле зданий и сооружений.

1.1 Общие сведения о бетоне

Бетон – это строительный, конструкционный материал, состоящий из твердого, химически инертного порошкообразного вещества, заполнителя, который соединяется цементом и водой в разных пропорциях в зависимости от задачи. В роли заполнителя чаще всего выступают песок и гравий.

На рисунке 1 представлен пример бетонного раствора.



Рисунок 1 – Бетонный раствор

Бетонная смесь состоит из трех основных компонентов:

– портландцемента – гидравлического вяжущего вещества, необходимого для затвердевания и связывания песка и заполнителя;

– воды – необходимой для химической реакции с цементом, так называемой гидратации;

– заполнителя – песка (мелкий заполнитель) и гравия или щебня (крупный заполнитель).

Бетон характеризуется типом используемого заполнителя или цемента, его специфическими качествами или методами его изготовления. В обычном структурном бетоне характер бетона во многом определяется соотношением вода-цемент. Чем ниже содержание воды, тем прочнее бетон. Смесь должна иметь достаточное количество воды для обеспечения того, чтобы каждая агрегатная частица полностью была окружена цементной пастой, чтобы заполнить промежутки между заполнителем и чтобы бетон был достаточно жидким, чтобы его заливали и эффективно распределяли. Другим фактором долговечности является количество цемента по отношению к заполнителю (выраженное в виде трехкомпонентного отношения цемента к мелкозернистым заполнителям и к крупному заполнителю).

На сегодняшний день бетон является один из самых универсальных и популярных строительных материалов в мире. Такая популярность обусловлена тем, что он может использоваться для удовлетворения широкого спектра технических характеристик. Также бетон является надежным, относительно недорогим и прочным материалом. Кроме того, бетон является огнестойким, звукоизолирующим и устойчивым к воздействию воды и окружающей среды.

Бетон является важным материалом для изготовления различных зданий и сооружений. Бетон используется для изготовления тротуаров, труб, архитектурных сооружений, фундаментов, автомагистралей, мостов, многоэтажных парковок, стен, опор для ворот, заборов и столбов. Его главным преимуществом является то, что он связывает кирпичи и камни лучше, чем любой другой метод, известный человечеству [2].

Бетон является прочным при сжатии, но слабый в растяжении материалом. Поэтому для некоторых целей его необходимо армировать. Армированный бетон может быть применен для строительства фундаментов, стен, полов и крыш.

1.2 Виды армирования бетона

Армированный бетон – это бетон, в котором арматура встроена таким образом, что два материала действуют вместе в противодействующих силах [3]. Армирующие стержни или сетка поглощают растяжение, сдвиг, а иногда и сжимающие напряжения в бетонных конструкциях. Неармированный бетон не выдерживает растягивающих и сдвиговых напряжений, обусловленных воздействием ветра, землетрясениями, вибрациями и другими внешними силами, и поэтому непригоден для применения в сложных конструкциях. В армированном бетоне прочность на растяжение арматуры и прочность на сжатие бетона работают вместе, чтобы позволить конструкции выдерживать большие напряжения.

Изобретение армированного бетона в XIX веке произвело революцию в строительной отрасли, а бетон стал одним из самых распространенных строительных материалов в мире [3].

Армирование представляет собой процесс, при котором раствор бетона заливают вокруг арматурных стержней, которые связаны между собой. После того как бетон затвердевает вокруг стержней, получается новый композитный материал, который хорошо работает при растяжении или сжатии: бетон сопротивляется сжатию (обеспечивает прочность на сжатие), тогда как арматура сопротивляется изгибу и растяжению (обеспечивает прочность на растяжение). По сути, армированный бетон использует один композитный материал внутри другого: бетон становится матрицей, тогда как стальные стержни обеспечивают армирование.

На рисунке 2 представлен пример армированного бетона.



Рисунок 2 – Бетон, армированный стальными стержнями

Современный армированный бетон может содержать разнообразные армирующие материалы из стали, полимеров или альтернативных композиционных материалов.

В таблице 1 представлены виды армирования бетона, которые широко распространены во всем мире [4-6].

Таблица 1 – Виды армирования бетона

Вид армирования	Краткое описание	Внешний вид арматуры
Армирование углеродистой сталью	Наиболее распространенный тип арматуры. Он чрезвычайно универсален, но он корродирует легче, чем другие типы, что делает его неприемлемым в областях, подверженных высокой влажности или в структурах, которые часто подвергаются воздействию воды.	
Армирование сварной проволочной	Сварная проволочная сетка изготавливается из серии стальных проволочек, расположенных под прямым	

сеткой	углом и электрически свариваемых на всех стальных проволочных перекрестках. Такой вид армирования может быть использован в плитах с перекрытием, водопроводах, дренажных сооружениях и небольших бетонных каналах.	
Армирование листовым металлом	Обычно используется в напольных плитах, лестницах и конструкции крыши.	
Армирование арматурой с эпоксидным покрытием	Арматура с эпоксидным покрытием является дорогостоящей и используется в зонах, которые будут соприкасаться с соленой водой или там, где неизбежно возникает проблема коррозии.	
Армирование арматурой из нержавеющей стали	Использование арматурных стержней из нержавеющей стали не создает гальванической коррозии, и может быть экономически выгодным решением в зонах, подверженных коррозионным проблемам, или в труднодоступных зонах. Такие арматуры будут стоить, по меньшей мере, в восемь раз больше, чем арматуры с эпоксидным покрытием.	
Армирование оцинкованной арматурой	Оцинкованные арматуры в 40 раз более устойчивы к коррозии, чем арматура из углеродистой стали, что делает их идеальными для конструкций, которые будут сильно подвержены воздействию влаги. Однако такой вид арматуры дорогой.	

<p>Армирование фиброй</p>	<p>Фибру добавляют в бетонный раствор для повышения прочности бетона, улучшения его структурных характеристик, повышения срока эксплуатации бетонных конструкций и сооружений. Данный вид армирования является не очень дорогим.</p>	
---------------------------	--	---

Как видно из таблицы 1 каждый вид армирования имеет свои достоинства и недостатки, и применяется в различных областях строительства. Использование арматуры позволяет повысить прочность, надежность и долговечность строительных конструкций. К недостаткам армирования можно отнести увеличение веса конструкции, которое необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений.

В данной работе будет более подробно рассмотрен последний из представленных в таблице видов армирования – армирование фиброй.

1.3 Фибробетон

Фибра – это небольшие волокна (тонкие нити) армирующего материала, обладающие определенными характеристиками.

Фибробетон представляет собой бетон, содержащий волокнистый материал (фибру), который увеличивает его структурную целостность. Он содержит короткие дискретные слои, которые равномерно распределены и беспорядочно ориентированы.

Технология армирования бетона волокнами не является новой, известно, что еще в доисторические времена для повышения прочности при производстве глиняных кирпичей добавлялись конские волосы и солома [7]. С развитием технологий волоконные добавки изменялись, так, в начале XX века широкое применение нашел асбест, представляющий собой волокнистый материал, придающий пластичность цементу. Асбест

использовался в качестве добавки к цементу до середины XX века, пока не были проведены обширные исследования, показавшие его небезопасность и возможность наносить вред здоровью. Начиная с 50-х годов XX века для армирования бетона стали применять такие материалы, как сталь, стекло, полипропиленовые синтетические волокна [7].

В таблице 2 представлены разновидности фибры, которые в настоящее время используются при производстве [8].

Таблица 2 – Виды фибры

Вид фибры	Описание	Достоинства	Недостатки
Базальтовая	Предназначена для объемного дисперсного армирования бетонных изделий при декоративных, отделочных и реставрационных работах.	Высокая прочность; Долговечность; Стойкость к агрессивным средам; Негорючесть; Высокая термостойкость	Утрачивает со временем свойства; Даже при небольших нагрузках деформируется
Полипропиленовая	Предназначена для дисперсного армирования бетонных изделий с небольшим весом.	Не подвержена коррозии; Низкий удельный вес; Высокая щелочестойкость.	Низкая термостойкость; Низкий модуль упругости; Высокий коэффициент удлинения волокон.
Стальная	Предназначена для армирования по всему объему бетонного изделия в монолитных зданиях, водоочистных сооружениях, дорожных покрытиях.	Долговечность; Увеличивает огнестойкость; Увеличивает прочность бетонных изделий ~в 2 раза.	Низкое сцепление с бетонной матрицей; Подвержена коррозии; Увеличивает вес изделия.

Стекловолоконная	Предназначен для армирования при строительстве куполов, козырьков, карнизов, реставрационных работ.	Коррозионная стойкость; Увеличивает прочность бетонных изделий на изгиб ~в 5 раз	Слабая щелочестойкость;
Углеродная	Предназначен для армирования при декоративных, отделочных и реставрационных работах.	Коррозионная стойкость; Щелочестойкость; Хорошее сцепление с бетоном.	Очень высокая стоимость.

Как видно из таблицы 2 видов арматуры достаточно много, область применения каждого вида зависит от требований, предъявляемых при изготовлении бетонных изделий.

На рисунке 3 представлен внешний вид фибры.



Рисунок 3 – Виды фибры: базальтовая (1), полипропиленовая (2), углеродная (3), стекловолоконная (4), стальная (5)

Достоинствами фибры являются:

- значительное повышение прочности бетонных конструкций;
- повышение устойчивости бетонных изделий к замораживанию-оттаиванию;
- повышение водостойкости;
- улучшение растяжимости бетонной смеси;
- повышение долговечности бетонных изделий.

К основным недостаткам фибры можно отнести:

- высокую стоимость некоторых видов фибры;
- увеличение веса бетонных конструкций (для металлической фибры).

Выводы по 1 Главе. Таким образом, в первой главе были рассмотрены основные понятия, касающиеся бетона, проведен литературный обзор по видам армирования бетона. Описаны применение и виды фибры, используемой при строительстве бетонных изделий и конструкций.

2 Неразрушающие методы контроля прочности строительных конструкций из армированного бетона

При обследовании строительных конструкций из армированного бетона одним из показателей их состояния является фактическая, или остаточная, прочность материала, из которого они изготовлены. Как правило, фактическая прочность не совпадает с проектной прочностью и с начальной. Некоторые материалы изменяют свои прочностные и деформационные характеристики под нагрузкой и во времени, кроме того, это может произойти под воздействием особых условий эксплуатации и случайных факторов.

Как известно, наиболее полную информацию о действительной прочности и других механических свойствах материала при различных видах деформаций (растяжении, сжатии, изгибе) дают лабораторные испытания образцов стандартными разрушающими методами. Однако, применение разрушающих методов при экспертной оценке прочности материала в реальных конструкциях затруднительно, а зачастую просто невозможно, так как процесс извлечения образцов из конструкции для испытания сопряжён с определёнными сложностями. Количество извлекаемых образцов, как правило, бывает ограниченным, причём в них не всегда удаётся сохранить ненарушенной структуру материала. Кроме того, сам процесс извлечения образцов сопряжён с травмированием обследуемой конструкции.

На базе современных достижений механики деформируемых тел, физики и электроники разработаны и широко используются в строительстве так называемые неразрушающие методы контроля прочности и качества конструкционных материалов [9]. Эти методы обеспечивают быстрое получение значений нужных характеристик прочности материала обследуемых конструкций с достаточной для практических целей точностью. Пользуясь неразрушающими методами, прочность материала определяют не напрямую через разрушающую нагрузку и геометрические размеры образца,

а вычисляют по некоторым косвенным данным, так называемым косвенным характеристикам, которые получают экспериментальным путём и для которых заранее известна определённая функциональная связь с искомой прочностью. Эту связь устанавливают следующим образом: стандартные образцы исследуемого материала вначале испытывают неразрушающим методом, определяют соответствующую косвенную характеристику, а затем эти же образцы испытывают стандартным разрушающим методом и находят их действительную прочность.

В качестве косвенной характеристики могут использоваться значения поверхностной твёрдости, упругие и пластические деформации материалов, их электромагнитные и акустические свойства.

2.1 Классификация неразрушающих методов контроля строительных конструкций из армированного бетона

Согласно ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» в зависимости от физических явлений, положенных в основу неразрушающего контроля выделяют девять видов контроля: акустический, магнитный, оптический, вихретоковый, проникающими веществами, радиационный, радиоволновой, электрический, тепловой [10].

Наиболее распространенным материалом, используемым в строительстве, является бетон, поэтому в работе будут рассмотрены методы контроля именно этого строительного материала.

Необходимо отметить ряд межгосударственных стандартов, регламентирующих изготовление бетонных смесей, проведение различных методов испытаний, как бетонной смеси, так и зданий, сооружений, выполненных из бетона.

Так, ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» выделяет прямые и косвенные методы неразрушающего контроля бетона [11].

В работе [12] приводится классификация неразрушающих методов контроля строительных конструкций по способам воздействия на материал и получения косвенных характеристик, которая включает в себя 3 группы методов: физические, механические и химические.

В группу физических методов неразрушающего контроля входят:

- акустические методы, основанные на измерении скорости распространения звука в материале;
- методы проникающих излучений, основанные на измерении интенсивности поглощения материалом конструкций рентгеновских и гамма-лучей;
- электромагнитные методы, регистрирующие величину и характер искажений магнитного поля, создаваемого прибором, которые происходят под влиянием дефектов и инородных включений.

К механическим методам относятся:

- методы, основанные на оценке упругого взаимодействия между материалом и прибором;
- методы, использующие локальные разрушения материала в конструкции;
- метод оценки прочности по образцам материала, извлечённым из обследуемой конструкции;
- методы, основанные на измерении пластических деформаций материала [12].

Комбинированные методы сочетают в себе отдельные механические и физические методы в определенной комбинации с целью повышения достоверности результатов измерений.

Выбор того или иного метода зависит от вида конструкционного материала, цели и задач обследования, конкретных условий их проведения а также от технических возможностей и квалификации исполнителя работ.

2.2 Методы контроля прочности армированного бетона и параметров арматуры в строительных конструкциях

Основными задачами при обследовании бетонных и железобетонных конструкций являются определение фактической прочности бетона, его однородности, выявление неразрушающими методами схемы расположения рабочей арматуры и её параметров.

Для контроля прочности армированного бетона применяют методы локальных разрушений. К ним относятся:

- отрыв поверхностного слоя бетона приклеенными стальными дисками;
- отрыв со скалыванием бетона с помощью заглубленных анкеров;
- испытание по образцам, выпиленным из конструкции [13].

Локальным разрушением называется незначительное, предсказуемое по форме и размерам разрушение бетона, которое производится для оценки его прочности.

Метод отрыва поверхностного слоя бетона и метод отрыва со скалыванием ребра основаны на регистрации усилий, которые необходимо затратить для локального разрушения образца бетона. Существенным недостатком метода отрыва является то, что найденная прочность относится только к поверхностному слою бетона, который, как правило, структурно очень отличается от глубинного. По этой причине метод отрыва не находит широкого применения.

Достоверность прочности бетона, определенная методом отрыва со скалыванием, более высокая по сравнению с методом отрыва поверхностного слоя. Недостатком этого метода является относительная сложность и невозможность применения в конструкциях с большим содержанием арматуры.

К достоинствам метода скалывания ребра можно отнести минимальное повреждение конструкции в пределах защитного слоя, а также возможность применения при любом насыщении конструкции арматурой.

Еще одной группой методов, позволяющих определять прочность бетона, являются методы, основанные на оценке упругих и пластических деформаций.

В 1940-е годы сотрудник «НИИМосстрой» И. А. Физдель разработал шариковый молоток, принцип работы которого заключался в направленном нанесении серии ударов по исследуемому участку бетона, измерении диаметра лунок, оставленных ударами и построении тарировочного графика прочности бетона [14]. Недостатком такого метода является сравнительно большая погрешность, которая составляет около 30 %. Такой процент погрешности обусловлен сложностью обеспечения ударов одинаковой силы. К достоинствам метода можно отнести его простоту, оперативность при выявлении участков бетона с пониженной прочностью, которые затем обследуются иными, более совершенными и точными приборами.

В 1950-е годы XX в. сотрудник «НИИМосстрой» К. П. Кашкаров разработал эталонный молоток, который в применении с эталонными стрежнями создает пластические деформации на поверхности бетона [14]. Принцип работы молотка Кашкарова заключается в ударном воздействии на бетонный образец, после которого остаются два отпечатка – один на бетоне, второй – на эталонном стержне, затем при помощи микроскопа Бринелля измеряют диаметры отпечатков и вычисляют характеристику пластичности бетона, с помощью которой по унифицированной градуировочной кривой находят прочность бетона. Преимущество молотка Кашкарова по сравнению с молотком Физделя состоит в том, что величина характеристики пластичности N практически не зависит от силы удара по бетону и от способа образования отпечатков.

Общий недостаток метода пластических деформаций заключается в том, что при его реализации любым из рассмотренных способов необходимо

последовательное выполнение ряда операций, которые невозможно автоматизировать. К ним относится, прежде всего, получение качественных отпечатков, дальнейший рутинный процесс их измерения с необходимой точностью, последующая камеральная обработка с использованием градуировочных графиков и т. д.

Метод определения прочности бетона по упругому отскоку основан на упругом взаимодействии ударного элемента прибора – бойка с поверхностью бетона. Энергия удара зависит от жесткости ударной пружины, находящейся внутри корпуса; для каждого типа приборов она индивидуальная, постоянная.

К физическим методам контроля прочности и однородности материалов относятся методы проникающих излучений и акустические методы контроля [15].

К методам проникающих излучений относятся рентгеновский и радиоизотопный методы. Данные методы используют для контроля количества, положения и диаметра арматуры в строительных конструкциях из железобетона. Методы проникающих излучений требуют достаточно сложную аппаратуру и, как следствие, наличие специальных знаний у персонала, проводящего контроль.

В акустических методах контроля строительных конструкций косвенной характеристикой прочности и однородности является скорость распространения по материалу волн упругих колебаний; а по величине изменения скорости и времени прохождения импульса судят об однородности материала и скрытых дефектах.

Ультразвуковой импульсный метод контроля строительных материалов был разработан в 50-60 гг. XX века. Отражен в работах ученых: И. М. Рабиновича, Ю. А. Нилендера, С. М. Соколова, Г. Я. Почтовика [16]. Данный метод основан на возбуждении в испытываемой конструкции ультразвуковых высокочастотных колебаний и измерении скорости их распространения в определенном направлении. При помощи ультразвукового

импульсного метода можно осуществить поиск дефектов в строительных конструкциях, определить прочность материала и его модуль упругости.

Метод механического ударного импульса разрабатывается с 1969 года, его автором является шведский ученый Эйвинд Сохозл [17]. Данный метод применяется при обследовании длинномерных конструкций, дорожных и аэродромных покрытий и др.

Достоинствами акустических методов контроля является оперативность, возможность многократного проведения испытаний на одном и том же участке без ущерба для объекта контроля, возможность автоматизации. Однако у данных методов имеется ряд недостатков, таких как необходимость применения дорогостоящей, сложной аппаратуры под управлением высококвалифицированного оператора; необходимость использования литола или технического вазелина для акустического контакта; необходимость построения корреляционных зависимостей для каждого типа бетона.

Неотъемлемой частью технической экспертизы конструкций из железобетона является определение параметров арматуры, скрытой в бетоне. Одним из методов, позволяющим проводить контроль скрытой в бетоне арматуре является электромагнитный метод. Данный метод основан на взаимодействии электромагнитного поля, которое создается прибором, и стальной арматуры, скрытой в бетоне.

Электромагнитный метод позволяет контролировать такие параметры как: толщина защитного слоя бетона, расположение и направление арматурных стержней, диаметр арматуры. К его преимуществу относится простота и возможность применения в полевых условиях. Недостаток метода состоит в невозможности его применения в конструкциях и сооружениях с нестандартным расположением армированных стержней [18].

2.3 Метод контроля, основанный на механоэлектрических преобразованиях, возникающих в бетоне при импульсном механическом воздействии.

Первые работы, посвященные исследованиям механоэлектрических преобразований и изменению проводимости в диэлектриках, были опубликованы в 30-е годы XX века в трудах А. В. Степанова. [19].

В конце 60-х годов XX века в Томском политехническом институте группа ученых Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников (ПНИЛ ЭДиП) во главе с профессором А.А. Воробьевым приступили к лабораторным и натурным исследованиям электромагнитных сигналов диэлектриков и горных пород, возникающих из-за температурных и механических воздействий на контролируемые объекты. Был введен термин «механоэлектрические преобразования энергии», обозначающий возникновение переменных электромагнитных полей при акустических и механических воздействиях [20].

В 70-80-х годах К. Б. Абрамовым, В. П. Валицким, Р. М. Гольдом, были проведены исследования излучения, возникающего при деформации и разрушении различных материалов [21, 22].

С 90-х годов и по наши дни исследованиями механоэлектрических преобразований в бетоне и горных породах занимаются сотрудники ПНИЛ ЭДиП НИ ТПУ: А.А. Беспалько, К.Ю. Осипов, А.П. Суржиков, Г.Е. Уцын, Т.В. Фурса, Н.Н. Хорсов, Л.В. Яворович [23-26].

На основе проведенных исследований сотрудниками лаборатории был получен патент на способ определения прочности твердых гетерогенных материалов, основанный на амплитудно-частотном анализе электромагнитных сигналов, которые возникают при ударном возбуждении материала [27].

Актуальность настоящей работы обусловлена увеличением распространенности бетонов, армированных композиционными материалами. Поэтому необходимо провести дополнительные исследования для выявления влияния наличия полипропиленовой фибры в бетоне на параметры электрического отклика на импульсное механическое воздействие.

От качественного контроля зданий и сооружений зависит жизнь, здоровье и безопасность людей. По данным РИА Новости за период с 2006 по 2015 год было зафиксировано не менее 16 обрушений зданий в разных городах России, сводная диаграмма случаев обрушения представлена на рисунке 6 [29].



Рисунок 5 – Случаи обрушения зданий в РФ

Планируется, что разрабатываемый метод позволит решить задачу улучшения качества контроля строительных конструкций и сооружений, выполненных из армированного бетона.

Выводы по 2 Главе. Таким образом, во 2 главе выпускной квалификационной работы был проведен аналитический обзор современных методов неразрушающего контроля строительных конструкций и изделий из армированного бетона.

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
Показатели оценки качества разработки					
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
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
4.Цена	0,1	30	100	0,3	0,03
5.Финансовая эффективность научной разработки	0,1	60	100	0,6	0,06
Итого	1				

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (4.2)$$

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (4.3)$$

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4.5)$$

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 $T_{\text{ки}}$ 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, $T_{\text{ки}}$			
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{\text{ож}}$, 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	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	5	9	9	9	6,6	6,6	6,6	Студ.			7	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 с 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

№ раб от	Вид работ	Исполн ители	T _{кi} , 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			■										

– 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:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (4.6)$$

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, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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 _м), 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

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, 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 6. 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

4.3.3 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	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

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

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

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

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – 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	118	118	118
– праздничные			
Потери рабочего времени			
– отпуск	48	48	72
– невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	200	176

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (4.10)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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	135,36872	7,6	16	121,6
Студент	6595,7	0	0	1,3	8,57411	0,46	19	11,96
Итого $Z_{осн}$								133,56

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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		

4.3.5 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 НТИ	204510,18	204505,62	204503,87	Сумма ст. 1-5

4.4 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;

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

Φ_{\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:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр}} \text{ и т.д.}$$

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

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

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

Таблица 13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый	1	0,92	0,92

	показатель разработки			
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

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

5. Социальная ответственность

Исследования при написании бакалаврской диссертации проводились на физических моделях бетона, армированного стеклопластиковой арматурой, с целью определения зависимости влияния прочности адгезионного контакта системы бетон-арматура на параметры электромагнитного сигнала.

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 стеклопластиковой арматурой, который позволит повысить надежность возводимых.

Полученные в процессе исследования результаты будут в дальнейшем использованы для разработки метода неразрушающего контроля бетона, армированного стеклопластиковой арматурой, который позволит снизить риск и уменьшить последствия непредвиденного разрушения строительных конструкций, избежать негативных последствий в результате их непредвиденного разрушения благодаря осуществлению своевременного текущего ремонта и реконструкции.

Данный метод неразрушающего контроля в дальнейшем может быть использован инженерами – дефектоскопистами для осуществления контроля строительных конструкций на всех стадиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

5.1 Производственная безопасность

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

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 1 [32–37].

Таблица 1 – 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 ГОСТ 12.1.030-81 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.548–96 Р 2.2.2006–05

5.1.1 Электрический ток

Помещение лаборатории, в котором проводятся исследования, относится к классу помещений без повышенной опасности поражения электрическим током, так как в помещении отсутствуют особая влажность, токопроводящая пыль, возможность одновременного прикосновения

человека к корпусам лабораторной установки и к заземлённым металлическим конструкциям здания.

Средняя температура в помещении не должна превышать $+35^{\circ}\text{C}$, относительная влажность не более 75%, необходимо исключить 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. Сечение соединительного проводника должно быть не меньше половины сечения фазного проводника. Зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание в результате чего срабатывает автоматическая защита. Повторное заземление нулевого провода необходимо для уменьшения опасности поражения людей током, возникающей при обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва. Сопротивление повторного заземления нулевого провода должно быть не больше 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).

- 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 освещения при проведении исследований оказывает негативное воздействие на инженера – лаборанта, способствует снижению производительности труда, обеспечения его безопасности, снижению высокой работоспособности исследователя на протяжении длительного времени, т.к. свет является важным стимулятором не только зрительного анализатора, но и организма в целом.

Помещение с ЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение в соответствии с СП 52.13330.2011 [35]. 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 [36].

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 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.

Таблица 2 – Нормативные значения показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, оС		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

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 [37]. Работа пользователей компьютеров характеризуется значительным напряжением зрительных анализаторов. Для уменьшения умственного перенапряжения, монотонности труда и эмоциональных перегрузок следует установить перерывы по 20 минут 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 во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и прочие загрязнения природы

приводят к тому, что в природе изменяется привычный для данного периода ход вещей. Для примера – увеличивается средняя годовая температура окружающей среды, что приводит к глобальным изменениям климата, а впоследствии и ландшафта поверхности Земли. Не нужно писать.

При использовании в лабораторных помещениях люминесцентных ламп, содержащих ртуть, необходимо заключение между лабораторией и специальными предприятиями договора о переработке использованных ламп.

При проведении экспериментальных исследований по данной теме проекта не происходит вредных выбросов в воздух.

Твердые бытовые отходы, образующиеся после проведения исследований, в частности образцы бетона, армированного стеклопластиковой арматурой не подлежат дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов, т.к. их переработка экономически невыгодна.

Образцы армированного бетона должны быть утилизированы в специальные контейнеры. В дальнейшем данные отходы подвержены прессовке и захоронению на полигонах, располагающихся вдали от водоохраных зон и имеющих гидроизоляцию для исключения 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 [38, 39].

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 [40, 41].

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 – 50м² , но не менее двух в помещении);

– ящик с песком объемом 0,5 м³;

– система автоматической пожарной сигнализации с датчиками, реагирующими на появление дыма ФНП – 1 из расчета 1 на 10 м² ;

– 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 40 Вт.

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 [42].

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.

Вывод: 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.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения выпускной квалификационной работы было проведено исследование влияния процессов разрушения в бетоне, армированном фиброй на параметры электрического отклика на импульсное механическое воздействие.

В процессе подготовки работы были выполнены следующие задачи:

1. Проведен анализ литературы по бетонам, видам их армирования и неразрушающим методам контроля армированного бетона.

2. Освоена методика подготовки образцов бетона, армированных фиброй, и изучен метод контроля бетона, основанный на явлении механоэлектрических преобразований.

3. Подготовлены образцы бетона в форме кубов с размерами 10×10×10 см.

4. Проведены испытания образцов бетона на одноосное сжатие.

5. Исследовано влияние процессов разрушения в бетоне, армированном фиброй на параметры электрического отклика.

В результате проведенных исследований установлено, что при одноосном сжатии бетона, армированного полипропиленовой фиброй переход на этап пластической деформации сопровождается уменьшением максимального коэффициента корреляции до 0,45 и резким увеличением коэффициента затухания энергии электрического отклика до 2,5 раз.

По результатам работы были подготовлены и опубликованы тезисы доклада «Разработка метода диагностики армированного бетона по параметрам электрических откликов на импульсное механическое воздействие» в сборнике материалов Международной научно-технической конференции «INTERMATIC-2017» 20 – 24 ноября 2017 г., г. Москва.

Список публикаций студента

1. Петров М.В. Разработка метода диагностики армированного бетона по параметрам электрических откликов на импульсное механическое воздействие [Электронный ресурс] / М.В. Петров, Т.В. Фурса, Д.Д. Данн, Ч. Ли // Материалы и технологии (INTERMATIC 2017): материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC – 2017», 20–24 ноября 2017 г., Москва / Моск. технол. ун-т; под ред. академика РАН А.С. Сигова.– М.: МИРЭА, 2017. – [С. 1251-1254]. – Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://conf.mirea.ru/CD2017/pdf/p5/10.pdf> .

Список использованных источников

1. Горяева, Г. Н. Основные этапы развития архитектуры, строительных конструкций и технологий [Текст] : учеб. пособие / Г. Н. Горяева, И. К. Борисова. – Ухта : УГТУ, 2013. – 155 с.

2. Википедия [Электронный ресурс] / Римский бетон. Электрон. текстовые дан. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 14.03.2018 г.).

3. Википедия [Электронный ресурс] / Железобетон. Электрон. текстовые дан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 16.03.2018 г.).

4. R.N.F. Carmo, E. Julio New Trends for Reinforced Concrete Structures: Some Results of Exploratory Studies, Infrastructures, 2017, Vol. 2, pp. 17.

5. S. Shahidan, R. Pulin, N.M. Bunnori, K.M. Holford Damage classification in reinforced concrete beam by acoustic emission signal analysis, 2013, Vol. 45, pp. 78–86.

6. D.G. Aggelis, D.V. Soulioti, N. Sapouridis, N.M. Barkoula, A.S. Paipetis, T.E. Matikas Characterization of the damage process in fibre reinforced concrete using acoustic emission parameters, Proceedings of Structural Faults and Repair 2010, Edinburgh, 15–17 June (2010).

7. Википедия [Электронный ресурс] / Фибробетон. Электрон. текстовые дан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 19.03.2018 г.).

8. Энрост строительные композиты [Электронный ресурс] / Виды фибры. Электрон. текстовые дан. URL: <http://www.enrost.ru/stati/stati-po->

fibre/vidy-fibry/ , свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 21.03.2018 г.).

9. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник [Текст] / Под ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1995. – 487 с.

10. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов [Текст]. – Введ. 1980–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 17с.

11. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности [Текст]. – Введ. 2012 – 09–01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 12 с.

12. Авдейчиков, Г. В. Испытание строительных конструкций [Текст]: учебное пособие (конспект лекций) / Г. В. Авдейчиков. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 160 с.

13. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами контроля [Текст]. – Введ. 2016–04–01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 20 с.

14. Дедюхова, И. А. Техническое обследование жилых зданий [Текст] / И. А. Дедюхова. – М.: Книжная лавка, 2012. – 285 с.

15. Совалов, И. Г., Бетонные и железобетонные работы [Текст] / И. Г. Совалов, Я. Г. Могилевский. – М.: Стройиздат, 1988. – 336 с.

16. Самокрутов, А. А. Ультразвуковая дефектоскопия бетона эхо-методом: состояние и перспективы [Текст] / А. А. Самокрутов, В. Г. Шевалдыкин, В. Н. Козлов. // В мире неразрушающего контроля. – 2002. – № 2. – С.6-10.

17. Вибродиагностика [Электронный ресурс] / Метод ударных импульсов. Электрон. текстовые дан. URL: <http://www.vibration.ru/spm/spm.shtml>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 7.04. 2016 г.).

18. Царьков, А. А. Электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / А. А. Царьков. – М., 2010. – 23 с.

19. Stepanow, A. W. Uber den Mechanismus der Plastischen Deformation // Phys. Zs. Sowjetunion, 1933, 4, 609–627.

20. Проблемная научно-исследовательская лаборатория электроники, диэлектриков и полупроводников [Электронный ресурс] / О лаборатории. Электрон. текстовые дан. URL: http://portal.tpu.ru/departments/laboratory/pnil_edip/about, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 16.04. 2016 г.).

21. Абрамов, К. Б., Валицкий, В. П., Злотин, Н. А., Перегуб, Б. П., Пухонто, И. Я. Излучение, возникающее при быстрой деформации и разрушении металлов // Доклады АН СССР.– 1971. –Т 201. – С. 1322–1325.

22. Гольд, Р. М. Импульсное электромагнитное излучение минералов и горных пород, подверженных механическому напряжению [Текст] / Р. М. Гольд, Г. П. Марков, П. Г. Могила, М. А. Самохвалов // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1975. –№ 7. – С. 109–111.

23. Суржиков, А. П. К вопросу о механизме механоэлектрических преобразований в бетонах [Текст] / А. П. Суржиков, Т. В. Фурса, Н. Н. Хорсов // Журнал технической физики. – 2001. – Т. 71, № 1. – С. 57–61.

24. Фурса, Т. В. Разработка акустоэлектрического метода определения пористости диэлектрических материалов [Текст]: научное издание / Т. В. Фурса, А. П. Суржиков, К. Ю. Осипов // Дефектоскопия. – 2007. – №2. – С. 27-34.

25. Analyzing Deformation and Fracture of Dielectrics by Integral Characteristics of their Electromagnetic Emission [Electronic resource] / L. V. Yavorovich [et al.] // Key Engineering Materials : Scientific Journal. – 2016.– Vol. 683 : Multifunctional Materials: Development and Application. – [P. 36-43]. – Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.683.36>.

26. Fursa, T. V. Development of data optimization methodology for non-destructive testing of concrete strength by the parameters of the electric response to impact excitation [Electronic resource] / T. V. Fursa, A. P. Surzhikov, M. V.

Petrov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 110 : Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials (RTER2015). – [012087, 6 p.]. – Title screen. – Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/110/1/012087>.

27. Пат. 2380675 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/30. Способ контроля прочности изделий из твёрдых материалов [Текст] / Фурса Т. В., Суржигов А. П., Осипов К. Ю.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский политехнический университет. № 2008147457/28; заявл. 01.12.08; опубл. 27.01.10, Бюл. №3 (II ч.). – 4 с. : ил.

28. Фурса, Т. В. Разработка нового неразрушающего метода контроля процесса трещинообразования в бетоне под воздействием климатических факторов / Т. В. Фурса, К. Ю. Осипов, Д. Д. Данн // Технологии бетонов. – 2013. – № 2 (79). – С. 36–38.

29. РИА Новости [Электронный ресурс] / Случаи обрушения домов в России в 2005-2015 годах. Электрон. текстовые дан. URL: <http://ria.ru/spravka/20150711/1125948837.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 14.05. 2016 г.).

30. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия [Текст]. – Введ. 2011–11–23. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

31. Quiviger A., Payan C., Chaix J.-F., Garnier V. and Salin J. 2012. Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasound in concrete. NDT & E International. 45: 128-132.

32. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Текст]. – Введ. 2011–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 28 с.

33. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Текст]. – Введ. 1982–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.

34. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. – Введ. 2003–06–13. – М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.
35. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение [Текст]. – Введ. 2011–05–20. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. –74 с.
36. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Текст]. – Введ. 1996–10–01. – М.: РАМН, 1996. –11 с.
37. Р 2.2.2006–05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст]. – Введ. 2005–11–01. Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора №3, 2005. – 160 с.
38. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения [Текст]. – Введ. 1994–05–23. – М.: Госстандарт, 1994. – 11 с.
39. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров [Текст]. – Введ. 1995–11–02. – М.: Госстандарт, 1995. –7 с.
40. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – Введ. 1992–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. –83 с.
41. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание [Текст]. – Введ. 1985–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. –32 с.
42. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Текст]. – Введ. 1979–01–01. – М.: Госстандарт, 1979. –9 с.