

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, 426069
тел. (3412) 77-20-22, 58-88-52, 77-60-55 (многоканальный)
факс: (3412) 50-40-55

e-mail: info@istu.ru <http://www.istu.ru>

ОКПО 02069668 ОГРН 1021801145794

ИНН/КПП 1831032740/183101001

15.12.2025 № 5170/01-25

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

И.о проректора по научной
деятельности ФГБОУ ВО
«Ижевский государственный
технический университет имени
М.Т. Калашникова»,
к.т.н., доцент,
Копысов Андрей Николаевич



12 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» на диссертационную работу **Ляшенко Дмитрия Александровича «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Диссертация Ляшенко Д.А. направлена на улучшение физико-механических свойств фибробетона за счет модификации структуры композита на микро- и наноуровнях путём введения углеродных нанотрубок в состав смеси. Работа направлена на разработку высокоэффективных строительных материалов, отвечающих современным требованиям надёжности и долговечности.

Актуальность темы исследования наномодифицированного фибробетона обусловлена растущими требованиями современного строительства к прочности, долговечности и устойчивости строительных материалов. Современные строительные технологии предполагают использование инновационных решений, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики бетона, сделать его более экономичным и экологически чистым.

Наномодифицированный фибробетон, в составе которого использованы углеродные наноразмерные добавки, обладает уникальными свойствами,

позволяющими значительно увеличить его прочность и устойчивость к механическим нагрузкам и агрессивным воздействиям окружающей среды, увеличивая тем самым срок службы конструкций.

В ходе проводимого диссертационного исследования было теоретически обосновано и экспериментально продемонстрировано, что сочетание стальной и базальтовой фибры с суперпластификатором и углеродными нанотрубками существенно повышает эффективность воздействия на процессы модификации микро- и макроструктур бетона. Это позволяет значительно улучшить физико-механические характеристики материалов, что существенно повышает их работоспособность и долговечность в различных эксплуатационных условиях.

Определена эффективность комбинированного применения добавок, наномодификаторов и фибры, а также разработанных методик приготовления композиций с указанными добавками. Взаимодействие с углеродными нанотрубками приводит к более плотной компоновке кристаллических образований, что, в свою очередь, способствует увеличению прочности бетона как на ранних, так и на поздних стадиях твердения.

Таким образом, результаты данной работы представляют собой значимый вклад в область разработки высококачественных бетонных материалов. Найденные решения и подходы могут быть использованы для создания новых составов и технологий, что будет способствовать улучшению эксплуатационных свойств бетона и расширению его применения в строительной практике.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется анализом обобщения общепринятых научных и технических результатов, математическим моделированием. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием современной измерительной аппаратуры, основанной на стандартных методах. Для анализа структуры и фазового состава бетона было задействовано соответствующее оборудование. Кроме того, применялись математические статистические методы с использованием вычислительных систем (ЭВМ).

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и трех приложений (общий объем-185 страниц).

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертационной работы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования подтверждена использованием положений теоретического анализа, сопоставлением результатов экспериментальных исследований с результатами проведенных ранее исследований. Ценность полученных соискателем результатов для науки и практики заключается в разработке составов наномодифицированных бетонов, а также способа введения наноразмерных добавок в состав бетона.

Результаты диссертационного исследования Ляшенко Д.А. широко апробированы на конференциях. Список основных публикаций состоит из 19 научных трудов, в том числе 2 статей, опубликованных в журналах и сборниках, цитируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science (WoS), 4 статей в индексируемых журналах базы данных RSCI, 7 статей, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ, 4 работ в изданиях РИНЦ, а также зарегистрированы и получены 2 патента на изобретение.

Научная новизна рассматриваемой диссертации выражается в следующем:

Проведенные эксперименты позволили установить влияние и подтвердить эффективность комплексного применения следующих компонентов: углеродный наномодификатор «Таунит-М» и суперпластификатор «Полипласт СП-3», а также стальная или базальтовая фибра. Реализованные технологии их подготовки обеспечили улучшение структуры бетона на наноуровне, что проявилось в более полной гидратации цементной композиции. Эти процессы активно происходили на поверхности углеродных нанотрубок, что приводило к более плотному расположению кристаллов и, в конечном счете, к росту прочности бетона на всех сроках твердения бетона.

Впервые в рамках данной работы была выявлена значимость применения технологии электромагнитной активации. Эта методика обеспечивает равномерное распределение углеродных нанотрубок в объеме смеси, что в свою очередь, способствует более плотному связыванию частиц. В результате, процесс твердения ускоряется, приводя к увеличению содержания портландита и улучшению степени гидратации алито-белитовой фазы, что, в итоге, значительно повышает прочностные характеристики бетона.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в разработке расчётных моделей, описывающих влияние наномодификаторов и фибры на прочность бетона через многофакторные зависимости, а также в создании составов и методик получения наномодифицированных фибробетонов. Установлены оптимальные рецептуры, позволяющие модифицировать структуру материала на микро- и наноуровнях, что существенно повышает его прочность.

Разработаны бетонная смесь и технология её получения, что изложено в патентах на изобретение (№ 2781876, 2022 г.; № 2832473, 2024 г.). Разработанный состав сталефибробетона (с фиброй «Миксарм», нанотрубками «Таунит-М» и суперпластификатором «Полипласт СП-3») успешно применён при устройстве стяжки производственного помещения: площадь покрытия составила 3 040,8 м², толщина стяжки — 50 мм.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы заключается в следующем: Автором было проведено теоретическое обоснование и экспериментальное исследование, которое демонстрирует эффективность комбинированного использования фибры и углеродных нанотрубок в составе бетона. В рамках работы были проведены лабораторные испытания с последующим анализом и обработкой полученных результатов. Также была произведена апробация выдвинутых положений.

Общая характеристика работы: в первой главе представлен анализ научной литературы и исследований применения наномодификаторов в бетоне. Автор обосновывает методы модификации структуры бетона на микроуровне с помощью углеродных наноматериалов. Описаны технологии введения наноразмерных добавок в состав бетона.

Вторая глава посвящена экспериментальной базе исследования. Используются: портландцемент М500Д0, песок с модулем крупности 1,9 и щебень фракции 5-10, 5-20 мм. В состав наномодифицирующей добавки входят суперпластификатор «СП-3» и углеродные нанотрубки «Таунит-М» с внутренним диаметром 5-15 нм и наружным диаметром 10-30 нм. Оптимальная дозировка добавки — 0,001-0,01% от массы цемента. Для армирования применялись стальная и базальтовая фибры.

В третьей главе исследовано влияние модификаторов на свойства бетона. Сравнены методы введения углеродных нанотрубок: ультразвуковая диспергация и

линейно-индукционное вращение. Метод электромагнитной активации показал лучший результат: прирост прочности на сжатие составил 35% и на изгиб - 29% через 28 суток. С помощью методом сканирующей электроскопии и рентгенофазового анализа установлено, что углеродные нанотрубки действуют как центры кристаллизации, улучшая гидратацию цемента.

Четвертая глава посвящена разработке составов наномодифицированных фибробетонов. Для сталефибробетона определен оптимальный состав с дозировкой УНТ 0,005-0,01% по массе цемента, стальной фибры от 1 до 2% по массе смеси и пластификатора 0,5% по массе цемента. Достигнут рост прочности при изгибе в 2,3-2,7 раза и при сжатии на 38-41%.

Для базальтофибробетона получены аналогичные приросты прочности: при сжатии на 33-35% и при изгибе в – почти в 2 раза. Оптимальное содержание базальтовой фибры составило от 1,5 до 2,5% по массе цемента. Приведены математические модели для прогнозирования прочности в зависимости от состава смеси.

Рекомендации по использованию результатов и основных выводов, приведенных в диссертации: рекомендуется продолжить экспериментальные исследования, направленные на изучение долгосрочных эксплуатационных характеристик наномодифицированного фибробетона в различных климатических и агрессивных условиях. Это даст возможность более точно оценить долговечность и надежность материала в реальных условиях эксплуатации.

Необходимо продолжать совершенствование составов фибробетонов с учетом использования различных видов и концентраций упомянутых добавок. Проведение дополнительных испытаний с аналогичными модификаторами, но различными свойствами, может обеспечить более широкий выбор оптимальных решений для конкретных строительных объектов.

Таким образом, выполнение данных рекомендаций может значительно повысить как теоретическую, так и практическую значимость изучаемых материалов, а также обеспечить их успешное внедрение в строительную практику.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. Автор предлагает использовать технологию линейно-индукционного вращения с мелющими ферромагнитными телами для введения наноразмерной добавки в сухую цементно-песчаную смесь (стр. 87), однако существенным

недостатком этого метода является операция по извлечению ферромагнитных тел из готовой смеси. Рассматривалось ли использование стальной фибры в качестве замены стандартных мелющих тел?

2. Известно, что механическая активация приводит к увеличению удельной поверхности цемента, а, следовательно, повышается количество воды затворения для получения смеси нормальной густоты. Учитывалось ли изменение водоцементного отношения при разработке составов на основе активированного вяжущего?

3. В работе предлагаются две технологии введения наномодификаторов в состав бетона, а именно линейно-индукционное вращение и ультразвуковое диспергирование (раздел 3.3). При этом вопросы технологической реализации указанных методов в промышленности раскрыты недостаточно подробно.

4. В разделе 4.4 (стр. 147-148) приведены данные по практическому внедрению разработанного состава наномодифицированного сталефибробетона в качестве стяжки производственного покрытия. Необходимо более подробно привести данные по возможности практического применения разработанных составов фибробетона в различных областях строительства.

5. В главе 4 (стр. 121, 130) приведены разработанные составы бетонов на основе комплексного применения стальной и базальтовой фибры совместно с наномодифицирующей добавкой. Однако в тексте диссертации не совсем полно раскрыт вопрос введения фибровых наполнителей в бетонную смесь.

Замечания не затрагивают общую качественную оценку исследовательской работы, выполненной на серьезном научном уровне и обладающей практической ценностью. Диссертация написана грамотно, хорошим научным языком.

Заключение. Диссертационная работа Ляшенко Д.А. соответствует паспорту специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия (технические науки), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования РФ 24 февраля 2021 г. №118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей», с изменениями от 11 мая 2022 г., а именно пунктам: П. 1 - Разработка и развитие теоретических и методологических основ получения строительных материалов неорганической и органической природы с заданным комплексом эксплуатационных свойств, в том числе специальных и экологически чистых; П. 5 - Разработка и внедрение способов активации компонентов строительных смесей путем использования физических, химических, механических и биологических методов,

способствующих получению строительных материалов с улучшенными показателями структуры и свойств.

Диссертационная работа Ляшенко Д.А. соответствует требованиям п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, и является научно-квалификационной работой, а ее автор, Ляшенко Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки).

Отзыв на диссертацию Ляшенко Дмитрия Александровича рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Строительные материалы, механизация и геотехника» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (протокол № 6 от 12.12. 2025 г.). Присутствовали: 8 чел.

Голосовали: «За»- 8 чел., «Против»- 0, «Воздержавшихся»- 0.

Статьи сотрудников ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» по теме диссертации за последние 5 лет, опубликованные в рецензируемых изданиях:

1. Yakovlev, G. Modification of Cement Matrix with Complex Additive Based on Chrysotyl Nanofibers and Carbon Black Saidova [text] / Z. Saidova, G. Yakovlev, O. Smirnova, A. Gordina, N. Kuzmina // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11(15). – 6943. – <https://doi.org/10.3390/app11156943>

2. Яковлев, Г. И. Модификация углеродсодержащими добавками фторангидритовой композиции для устройства полов [текст] / Д.А. Калабина, Г.И. Яковлев, Ю.М. Васильченко, Н.В. Кузьмин, А.Ф. Гордина // Строительные материалы. – 2021. – №8. – С. 27-31.

3. Яковлев, Г. И. Применение углеродных нанотрубок для управления реологическими свойствами цементных систем [текст] / Е.А. Карпова, Г. Скрипкюнас, Г.И. Яковлев // Строительное материаловедение: настоящее и будущее. Сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвящённой 90-летию выдающегося учёного-материаловеда, академика РААСН Юрия Михайловича Баженова. Москва. – 2020. – С. 253-258.

4. Яковлев, Г. И. Влияние технического углерода и микрокремнезема на свойства самоуплотняющегося бетона [текст] / Е. А. Карпова, Г.И. Яковлев, и другие // Строительные материалы. – 2022. – №12. – С. 45-51.

5. Яковлев, Г. И. Модификация фторангидритовых вяжущих ультрадисперсным порошком диабаз [текст] / А.Ф. Димухаметова, Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф.

Бурьянова, А.Ф. Гордина, З.С. Саидова // Строительные материалы. – 2022. – №1-2. – С. 57-65.

6. Яковлев, Г. И. Дисперсное армирование газобетонов неавтоклавного твердения [текст] / Н. Д. Ощепков, А. Д. Калашников, А. Э. Стивенс, А. М. Александров, Г. И. Яковлев // Вестник ВСГУТУ. – 2023. – №1(88). – С. 71-83

Яковлев Г.И., доктор технических наук по научной специальности 05.23.05 (2.1.5) – Строительные материалы и изделия, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы, механизация и геотехника».

Тел.: 89128566688 , e-mail: gyakov@istu.ru


Яковлев Григорий Иванович

«15» декабря 2025 г.

Первушин Г.Н., доктор технических наук по научной специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин, декан факультета «Строительства, архитектуры и дизайна имени В.А. Шумилова», профессор кафедры «Строительные материалы, механизация и геотехника».

Тел.: 8-912-460-55-66, e-mail: pervushin61@yandex.ru


Первушин Григорий Николаевич

«15» декабря 2025 г.

Подписи профессоров «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Яковлева Г.И. и Первушина Г.Н.

удостоверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО

«Ижевский государственный

технический университет им. М.Т.

доктор педагогических наук, доцент




Крылов Эдуард Геннадьевич

«15» 12 2025 г.

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».

Почтовый адрес: 426069, Приволжский ФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7.

Тел. +7 (3412) 77-20-22, e-mail: info@istu.ru

«08» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-82 «22» 12 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)**

Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, 426069
тел. (3412) 77-20-22, 58-88-52, 77-60-55 (многоканальный)
факс: (3412) 50-40-55
e-mail: info@istu.ru <http://www.istu.ru>
ОКПО 02069668 ОГРН 1021801145794
ИНН/КПП 1831032740/183101001

08.12.2025 № 5047/01-25

На № _____ от _____

Председателю
диссертационного совета
24.2.282.06, созданного на базе
Волгоградского государственного
технического университета,
доктору технических наук
профессору
Перфилову В.А.

Уважаемый Владимир Александрович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (ИжГТУ имени М.Т. Калашникова) в ответ на Ваше письмо дает согласие выступить в качестве ведущей организации по диссертации Ляшенко Дмитрия Александровича на тему: «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия (технические науки).

Отзыв будет подготовлен кафедрой «Строительные материалы, механизация и геотехника» в соответствии с требованиями «Положения о совете по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный технический университет».

И.о проректора по научной работе
к.т.н., доцент



А.Н. Копысов

Исполнитель:
д.т.н., профессор Яковлев Г.И.
тел. 8-912-856-66-88

В диссертационный совет Д24.2.282.06
 Федерального государственного бюджетного
 образовательного учреждения высшего образования
 «Волгоградский государственный технический университет»
 (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28)

Сведения о ведущей организации по диссертации

Ляшенко Дмитрия Александровича «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств», 2.1.5
 Строительные материалы и изделия (технические науки).

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
Сокращенное наименование организации в соответствии с	ФГБОУ ВО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова»
Фамилия Имя Отчество, ученая степень, шифр специальности. по которой защищена диссертация, ученое звание, должность сотрудника, составившего отзыв ведущей организации	Первушин Григорий Николаевич, доктор технических наук по научной специальности 05.23.05 (2.1.5) – Строительные материалы и изделия, декан факультета «Строительства, архитектуры и дизайна имени В.А. Шумилова», профессор кафедры «Строительные материалы, механизация и геотехника». Яковлев Григорий Иванович, доктор технических наук по научной специальности 05.23.05 (2.1.5) – Строительные материалы и изделия, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы, механизация и геотехника».

Почтовый индекс, адрес организации	426069, Россия, Приволжский ФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7
Веб-сайт	https://istu.ru/
Ведомственная принадлежность	Минобрнауки России
Телефон	+7 (3412) 77-60-55
Адрес электронной почты	info@istu.ru

Список основных публикаций ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных журналах и изданиях за последние 5 лет

1. Yakovlev, G. Modification of Cement Matrix with Complex Additive Based on Chrysotyl Nanofibers and Carbon Black Saidova [text] / Z. Saidova, G. Yakovlev, O. Smirnova, A. Gordina, N. Kuzmina // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11(15). – 6943. – <https://doi.org/10.3390/app11156943>
2. Яковлев, Г. И. Модификация углеродсодержащими добавками фторангидритовой композиции для устройства полов [текст] / Д.А. Калабина, Г.И. Яковлев, Ю.М. Васильченко, Н.В. Кузьмин, А.Ф. Гордина // Строительные материалы. – 2021. – №8. – С. 27-31.
3. Яковлев, Г. И. Применение углеродных нанотрубок для управления реологическими свойствами цементных систем [текст] / Е.А. Карпова, Г. Скрипкюнас, Г.И. Яковлев // Строительное материаловедение: настоящее и будущее. Сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвящённой 90-летию выдающегося учёного-материаловеда, академика РААСН Юрия Михайловича Баженова. Москва. – 2020. – С. 253-258.
4. Яковлев, Г. И. Влияние технического углерода и микрокремнезема на свойства самоуплотняющегося бетона [текст] / Е. А. Карпова, Г.И. Яковлев, и другие // Строительные материалы. – 2022. – №12. – С. 45-51.
5. Яковлев, Г. И. Модификация фторангидритовых вяжущих ультрадисперсным порошком дибаза [текст] / А.Ф. Димухаметова, Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф. Бурьянова, А.Ф. Гордина, З.С. Саидова // Строительные материалы. – 2022. – №1-2. – С. 57-65.
6. Яковлев, Г. И. Дисперсное армирование газобетонов неавтоклавного твердения [текст] / Н. Д. Ощепков, А. Д. Калашников, А. Э. Стивенс, А. М. Александров, Г. И. Яковлев // Вестник ВСГУТУ. – 2023. – №1(88). – С. 71-83.

Ведущая организация подтверждает, что соискатель не является ее сотрудником и не имеет научных работ по теме диссертации, подготовленных на базе ведущей организации или в соавторстве с ее сотрудниками.

И.о проректора по научной работе
к.т.н., доцент



А.Н. Копысов

« 03 » ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-81 « 18 » 12 2025 г. ВолгГТУ
------------------	--