

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, профессора Ткач Евгении Владимировны на диссертацию Ляшенко Дмитрия Александровича «Модификация структуры фибробетона комплексными нанодобавками для улучшения физико-механических свойств», представленную в диссертационный совет 24.2.282.06 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Исследования наномодифицированного фибробетона представляет собой актуальный и значимый вклад в развитие строительного материаловедения. Внимание ученых и практиков к фибробетонам возросло в связи с их высоким потенциалом в повышении прочностных характеристик и долговечности бетона, а также в гибкости проектирования. Актуальность темы обусловлена несколькими факторами. Использование наномодификаторов открывает новые горизонты в улучшении механических и физико-химических свойств бетона. Наномодифицированный фибробетон способен продлить срок службы конструкций и снизить расходы на обслуживание, что делает его особенно ценным для инфраструктурных проектов.

Автор работы справедливо считает, что решением проблемы получения наномодифицированного фибробетона с повышенными эксплуатационными свойствами можно достичь путем комплексного применения углеродных наномодификаторов и фибры обеспечивающего армирование микро и макроструктуры материала, что в свою очередь, обеспечит более плотную компоновку частиц цементной матрицы.

Учитывая вышеизложенное, можно с уверенностью сказать, что исследование наномодифицированного фибробетона в данной диссертации является *актуальным* для дальнейшего развития в области строительных материалов. Результаты работы могут послужить основой для последующих научных исследований и практического применения в различных областях строительства.

Структура работы

Рецензируемая работа изложена на 185 страниц машинописного текста, состоит из оглавления, введения, основной части, состоящей из четырех глав, заключения, списка использованной литературы (128 источников) и три приложения, а также 56 таблиц и 55 рисунков.

Введение посвящено рассмотрению вопросов актуальности выбранной темы исследования, степени её разработанности в результате выполнения работы, целям и задачам исследования, научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, методологии, методов выполнения и положений, выносимых на защиту, степени достоверности достигнутых результатов и личному вкладу автора, публикациям, раскрывающим её содержание, а также её объёму и структуре.

В первой главе проведён обзор отечественных и зарубежных исследований о применении наномодификаторов в бетонах. Автор обосновал перспективность модифицирования бетонной структуры на микроуровне с помощью углеродных наномодификаторов и выделил два рациональных метода их введения: ультразвуковое диспергирование (обеспечивает равномерное распределение в воде затворения) и электромагнитную активацию (дополнительно измельчает вяжущее и равномерно распределяет нанодобавки).

Во второй главе описано экспериментальное оснащение и методики исследований. В работе использованы следующие материалы: портландцемент М500Д0 («Евроцемент групп»); песок (модуль крупности 1,9, «Партнёр групп»); щебень (5-10, 5–20 мм, «Калининский щебёночный завод»); суперпластификатор «СП-3» (по ГОСТ 24211); углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит-М» (длина до 2 мкм, внешний диаметр 10–30 нм); стальная фибра «Миксарм» (диаметр 1 мм, длина до 54 мм); базальтовая фибра (диаметр 10 мкм, длина до 12 мм, «НПО Вулкан»).

В третьей главе изучено влияние пластификаторов и наномодификаторов на мелкозернистый бетон. Для введения УНТ испытаны два метода: ультразвуковая диспергация (5 мин активации воды затворения с УНТ и

пластификатором); линейно-индукционное вращение (2 мин обработки сухой смеси в магнитном поле).

Линейно-индукционное вращение позволило получить большее увеличение прочности: на 28-е сутки прирост прочности составил 35 % при сжатии и 29 % при изгибе (против 30 и 17 % при ультразвуковой диспергации). Фотоколориметрия выявила зависимость стабильности суспензии УНТ от частоты ультразвука и наличия пластификатора. С помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифрактометрии установлено, что УНТ способствуют гидратации цемента и позволяют формировать более плотную структуру за счет увеличения количества портландита. Благодаря указанным фазовым изменениям происходит повышение прочности материала.

В четвёртой главе представлены разработки составов наномодифицированных фибробетонов (стале- и базальтофибробетонов). Для сталефибробетона подобран состав (Ц:П:Щ = 1:2:3,85; В/Ц = 0,45) с дозировками: УНТ — 0,005–0,01 % от массы цемента; стальная фибра — до 2 % от массы смеси; суперпластификатор «Полипласт СП-3» — 0,5 % от массы цемента. Испытания показали рост прочности при изгибе в 2,3–2,7 раза и при сжатии на 38–41 % (относительно контрольного состава). Эффект обусловлен синергией микроармирования нанотрубками и макроармирования стальной фиброй. Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость прочности от расхода компонентов.

Для базальтофибробетона (Ц:П = 1:3) применялись: УНТ — 0,005–0,01 %; базальтовая фибра — 0,5–3 %; суперпластификатор — 0,5 %. Применены те же методы введения УНТ (ЛИВ и УЗД). Результаты подтвердили прирост прочности: при сжатии — на 33–35 %, при изгибе — в 1,9–2,1 раза (относительно контрольных образцов). Также выведены уравнения регрессии для прогноза прочности в зависимости от дозировок добавок.

Автором представлены результаты внедрения экспериментальных исследований. Разработанный состав наномодифицированного сталефибробетона применялся при устройстве стяжки производственного помещения. Экономический эффект на 1 м³ бетона составил 331 рубль.

Удешевление связано с отказом от применения арматурной сетки в пользу сталефибробетона.

В заключении сформулированы выводы на основании полученных результатов проведенного исследования, доказывающие состоятельность принятых технических решений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Научная новизна диссертации Ляшенко Д.А. заключается в следующем:

- обоснована теоретическая и экспериментальная эффективность комбинированного применения стальной и базальтовой фибры вместе с суперпластификатором и углеродными нанотрубками. Это сочетание оказывает целенаправленное влияние на модификацию микро- и макроструктур бетона и способствует улучшению его физико-механических характеристик;
- определено и подтверждено влияние комплексного использования добавок, включая углеродный наномодификатор «Таунит-М» и суперпластификатор «Полипласт СП-3», а также разработанные технологии их подготовки. Это стало причиной модификации структуры на наноуровне благодаря более полной гидратации и ускоренному кристаллизационному росту самоармирующихся минералов цементного камня, в том числе на поверхности углеродных нанотрубок;
- показано, что применение технологии линейно-индукционного вращения, позволяющее равномерно распределять углеродные нанотрубки в объеме смеси, обеспечивает более плотную упаковку частиц.

Изложенные в диссертации положения и выводы теоретически обоснованы. Диссертантом проведен значительный объем аналитических и экспериментальных исследований.

Достоверность научных результатов обоснована посредством глубокого теоретического анализа в области материаловедения, в частности технологии фибробетонов, а также путём оценки полученных экспериментальных данных совместно с опубликованными ранее результатами исследований в сфере наномодифицирования строительных композитов. Научная и практическая значимость полученных результатов заключается в разработке составов

наномодифицированных бетонов, а также в создании технологического подхода к введению наноразмерных добавок в бетонную смесь. Предложенные решения позволяют целенаправленно регулировать структуру материала на наноуровне, обеспечивая существенное улучшение его эксплуатационных характеристик.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационного исследования и возможные конкретные пути ее использования

Теоретическая значимость проведённого исследования заключается в разработке научно обоснованного подхода к прогнозированию прочностных характеристик бетона с учётом влияния комплексных модифицирующих добавок — наномодификаторов и фибры. Это достигается благодаря использованию многофакторных зависимостей, которые позволяют более точно оценивать вклад каждой добавки в улучшение физико-механических свойств. Это создаёт методологическую основу для целенаправленного проектирования составов с заданными эксплуатационными параметрами.

Практическая значимость работы: в ходе исследования были установлены оптимальные составы фибробетонов с введением наномодификаторов, способных целенаправленно модифицировать структуру материала как на микро-, так и на наноуровне, благодаря чему существенно повышаются прочностные характеристики бетона. Научная и техническая ценность полученных решений подтверждена двумя патентами на изобретение. Практическое внедрение разработанных решений осуществлено при обустройстве стяжки производственного помещения. В работе использован разработанный состав сталефибробетона, включающий фибру «Миксарм», углеродные нанотрубки «Таунит-М» и суперпластификатор «Полипласт СП-3», экономический эффект на 1 м³ составил 331 р.

Таким образом, результаты исследования могут существенно расширить теоретическую базу в области разработки современных строительных материалов, а также создать платформу для внедрения на практике инновационных технологий, направленных на улучшение прочности и долговечности бетонных конструкций.

Степень завершенности и качество оформления диссертационной работы

Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, подготовленной на достаточно высоком научном уровне. Работа оформлена в соответствии с действующими требованиями и построена логически грамотно, состоит из введения, четырёх глав, каждая из которых заканчивается выводами, заключения, списка используемой литературы и трех приложений.

Достаточность и полнота публикаций по теме диссертации

Основные результаты по теме настоящего исследования опубликованы в 19 работах, в том числе 2 статей, опубликованных в журналах и сборниках, цитируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science (WoS), 7 статей, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ, 4 статьи в журналах рецензируемых RSCI, 4 работ в изданиях РИНЦ, а также зарегистрированы и получены 2 патента на изобретения.

Личное участие автора в получении результатов диссертации

Автором выполнено теоретическое обоснование и проведено экспериментальное исследование, которое подтверждает эффективность совместного использования фибры и углеродных нанотрубок в составе бетона. В рамках работы были выполнены комплексные лабораторные исследования, в ходе которых проводилась детальная обработка и анализ полученных данных.

Кроме того, результаты исследования были успешно апробированы, что позволяет подтвердить жизнеспособность предложенных решений и их практическую применимость. Проведенные эксперименты не только выявили положительное влияние комбинированного применения этих добавок на прочностные характеристики бетона, но и открыли новые перспективы для дальнейшего совершенствования составов и технологий производства бетона. Это создает основу для внедрения инновационных подходов в строительной индустрии, способствующих повышению качества и долговечности бетонных конструкций.

Замечания по диссертационной работе:

1. В главе 3 приведена технология введения углеродных нанотрубок в состав бетона (стр. 86). Время диспергирования воды затворения с вводимыми добавками составило 5 минут. Время активации в линейно-индукционном вращателе составило 2 минуты (стр. 87). Каким образом определено оптимальное время обработки на данных аппаратах?

2. В работе рассматриваются отечественные суперпластификаторы (раздел 3.1, стр. 73). В частности, для разработки составов бетонов был выбран суперпластификатор «Полипласт СП-3». Чем обусловлен выбор данной добавки?

3. При определении влияния введения добавки углеродных нанотрубок на прочность бетона (табл. 3.2-3.3.) не производилась отдельно оценка свойств наномодифицированных составов без суперпластификатора. Это позволило бы в большей степени оценить степень влияния нанодобавки на прочность бетона.

4. Согласно проведенным исследованиям, прочность образцов наномодифицированного бетона определялась на различных сроках твердения, а именно в возрасте: 1, 3, 7, 14 и 28 суток (табл. 3.4, 3.5, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6). Исходя из чего было решено производить исследования при указанных сроках?

5. В разделе 4.1 (стр. 117) приведена разработанная методика получения мелкозернистой наномодифицированной смеси за счет применения технологии линейно-индукционного вращения. В дальнейшем (раздел 4.2.1, 4.2.2) данный способ применяется при изготовлении фибробетона. Как учитывалось наличие крупных наполнителей?

Несмотря на высказанные замечания, не ставящие под сомнение основные выводы исследований, представленная диссертационная работа заслуживает общей положительной оценки с учетом важности полученных в ней научных результатов, а сами замечания могут служить рекомендациями к дальнейшим исследованиям.

Заключение

Диссертация Ляшенко Дмитрия Александровича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки) по номенклатуре научных специальностей (утверждена 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: пункту 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»; пункту 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».

Диссертация Ляшенко Дмитрия Александровича отвечает требованиям п.п. 9-11 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки).

Основные публикации официального оппонента

1. Ткач, Е. В. Finishing coatings based on modified cement colloidal systems [text] / Е. В. Ткач // International Scientific Siberian Transport Forum. – 2020. – Vol. 2. – pp. 306-315.

2. Ткач, Е. В. Влияние галлуазитовых нанотрубок на физико-механические свойства эпоксидных композитов [текст] / Е. В. Ткач, М. И. Бичаев // Строительство и реконструкция. – 2020. №3(89). – С. 120-131. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-89-3-120-130>.

3. Ткач, Е. В. Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема [текст] / Е. В. Ткач, А. В. Коршунов, Р.И. Темирканов // Техника и технология силикатов. – 2021. – Т. 28. – №3. – С. 117-126. – <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/5/3204>

4. Tkach, E. V. Properties of Epoxy Composites with Halloysite Nanotubes Subjected to Tensile Testing [text] / E. V. Tkach, M. Bichaev // In: Akimov, P., Vatin, N. (eds) Proceedings of FORM. 2021. Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 170. – 9 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0-8>.

5. Ткач Е.В. Тяжелый бетон на основе полидисперсного вяжущего с комплексным полимерным модификатором с повышенными эксплуатационными показателями [текст] / Е.В. Ткач, А.И. Корнеев // Строительство и реконструкция. – 2022. – №(2). – С.112-119. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-100-2-112-119>.

6. Ткач Е.В. Модифицированный тяжелый бетон для конструкций тоннелей с повышенными эксплуатационными свойствами [текст] / Е.В. Ткач, Г.А. Шусев, М.А. Рахимов, Г.М. Рахимова // Строительство и реконструкция. – 2024. – № 4(114). – С.138-147. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2024-114-4-138-147>.

7. Ткач Е.В. Модифицированный бетон на основе активированного метакаолина с повышенными эксплуатационными свойствами для конструкций тоннелей [текст] /Е.В. Ткач, А.Ф. Бурьянов, Ю.С. Филимонова, Г.А. Шусев //Вестник СИБАДИ. –2025. – №22(3). – С. 488-498. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-3-488-498>.

8. Ткач Е.В. Улучшение гидрофизических показателей модифицированного тяжелого бетона, работающего в суровых условиях эксплуатации. [текст] /Е.В. Ткач, Ю.С. Филимонова, Г.А. Шусев, А.Л. Шеин //Строительство и реконструкция № 1 (117) 2025. – С.112-120. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-117-1-101-111>

Официальный оппонент:

Доктор технических наук по специальности
05.23.05 (2.1.5) «Строительные материалы
и изделия», профессор кафедры
«Градостроительство». Федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет»

Ткач Евгения Владимировна

«09» 12 2025 г.

Почтовый адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
Тел.: 8-962-938-79-20
E-mail: ev_tkach@mail.ru

Подпись профессора Ткач Е.В. заверяю

Начальник отдела
кадрового делопроиз-
водства УРП
А. В. ПИНЕГИН



«09» листов	Вх. № 04-67-76 «11» 12 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

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

Уважаемый Владимир Александрович!

Я, Ткач Евгения Владимировна, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Ляшенко Дмитрия Александровича на тему: «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). Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Сведения об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество	Ткач Евгения Владимировна
Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым им защищена диссертация	доктор технических наук по специальностям 05.23.05 (2.1.5.) «Строительные материалы и изделия» (технические науки)
Ученое звание	профессор
Полное наименование организации, являющееся местом работы в момент предоставления отзыва, должность	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский

Московский государственный
строительный университет", кафедры
«Градостроительство», профессор

**Список основных публикаций официального оппонента по теме
диссертации в рецензируемых научных журналах и изданиях за
последние 5 лет**

1. Ткач, Е. В. Finishing coatings based on modified cement colloidal systems [text] / Е. В. Ткач // International Scientific Siberian Transport Forum. — 2020. — Vol. 2. — pp. 306-315.
2. Ткач, Е. В. Влияние галлуазитовых нанотрубок на физико-механические свойства эпоксидных композитов [текст] / Е. В. Ткач, М. И. Бичаев // Строительство и реконструкция. — 2020. №3(89). — С. 120-131. — <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-89-3-120-130>.
3. Ткач, Е. В. Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема [текст] / Е. В. Ткач, А. В. Коршунов, Р. И. Темирканов // Техника и технология силикатов. — 2021 — Т. 28. — №3. — С. 117-126. — <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/5/3204>
4. Tkach, E. V. Properties of Epoxy Composites with Halloysite Nanotubes Subjected 10 Tensile Testing [text] / E. V. Tkach, M. Bichaev // In: Akimov, P., Vatin, N. (eds) Proceedings of FORM. 2021. Lecture Notes т Civil Engineering. — 2021. — Vol. 170. — 9 p. — <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0-8>.
5. Ткач, Е. В. Тяжелый бетон на ОСНОВЕ полидисперсного вяжущего с комплексным полимерным модификатором с повышенными эксплуатационными показателями [текст] / В. В. Ткач, А. И. Корнеев // Строительство и реконструкция. — 2022. — №(2). — С. 112-119. — <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-100-2-112-119>.
6. Ткач, Е. В. Модифицированный тяжелый бетон для конструкций тоннелей с повышенными эксплуатационными свойствами [текст] / В. В. Ткач, Г. А. Шусев, М. А. Рахимов, Г. М. Рахимова // Строительство и реконструкция. — 2024. — № 4(114). — С. 138-147. — <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2024-114-4-138-147>.
7. Ткач, Е. В. Модифицированный бетон на основе активированного метакаолина С повышенными — эксплуатационными — свойствами — для конструкций тоннелей [текст] / Е. В. Ткач, А. Ф. Бурьянов, Ю. С. Филимонова, Г. А. Шусев // Вестник СИБАДИ. — 2025. — №22(3). — С. 488-498. — <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-3-488-498>.

8. Ткач Е.В. Улучшение гидрофизических показателей модифицированного тяжелого бетона, работающего в суровых условиях эксплуатации. [текст] /Е.В. Ткач, Ю.С. Филимонова, Г.А. Шусев, А.Л. Шеин //Строительство и реконструкция № 1 (117) 2025. – С.112-120. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-117-1-101-111>

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Градостроительство» федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
"Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет"

Ткач Евгения Владимировна

26.11.2025

Подпись Е.В. Ткач удостоверяю:

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
КАДРОВОГО ДЕЛОПРОИЗ-
ВОДСТВА УРП
А.В. ПЧЕГИН



« 03 » ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-71 « 04 » 12 2025 г. ВолгГТУ
------------------	--