

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-исследовательской
деятельности ФГБОУ ВО «Казанский
государственный архитектурно-
строительный университет»,
кандидат технических наук, доцент



Е.А. Вдовин

01 . 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет» о диссертационной работе Лаврова Ивана

Юрьевича «Химико-технологические факторы формирования
вибродинамических свойств высокофункциональных цементных бетонов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия
(технические науки)

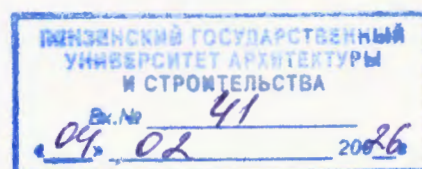
На отзыв были представлены следующие материалы:

- Диссертационная работа состоит из оглавления, введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, приложений. Общий объем 198 страниц машинописного текста, включающих 115 рисунков, 30 таблиц. Библиографический список включает 130 наименований.
- автореферат диссертации объемом 28 страниц.

Изучение и анализ представленных материалов показали следующее:

Актуальность темы исследования

Наиболее сложными условиями эксплуатации строительных конструкций из цементных бетонов является условия, при которых они испытывают повышенные вибродинамические воздействия. Например, при возведении зданий и сооружений в сейсмоопасных районах, при работе промышленного оборудования на объектах



теплоэнергетики, при движении поездов в тоннелях метрополитена, при эксплуатации мостовых балок и опор и пр. Как правило, в основаниях конструкций и узлов вибронагруженного промышленного оборудования применяют энергоемкие и дорогостоящие железобетонные сплавы, однако в последние годы становятся актуальными высокофункциональные самоуплотняющиеся бетоны (ВФСУБ), которым и посвящена диссертационная работа. Их востребованность обусловлена особенностями формирования структуры и свойствами, сочетающими высокие прочностные и деформативные показатели вкупе с эффективным вибропоглощением.

Разработка высокофункциональных самоуплотняющихся бетонов (ВФСУБ) с повышенными демпфирующими свойствами позволяет создавать монолитные конструкции методом литья, сокращая производственный цикл, стоимость и повышая экологичность. Научная проблема заключается в недостаточной изученности связи состава, структуры и диссипативных характеристик бетона. Экономическая и практическая значимость подтверждается расчетом снижения себестоимости, успешным внедрением в реальные производства и выполнением работы в рамках грантов. Исследование соответствует стратегическим задачам ресурсосбережения и технологического суверенитета РФ.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение, список литературы из 130 наименований и приложения. Работа изложена на 198 страницах машинописного текста, содержит 115 рисунков и 30 таблиц. Автореферат объемом 28 страниц отражает основное содержание диссертации. Публикации автора соответствуют тематике и выводам исследования.

Во введении обоснованы актуальность, цель, задачи, научная новизна и практическая значимость. **Первая глава** содержит анализ современных материалов для вибронагруженных конструкций и обосновывает потенциал ВФСУБ. **Вторая глава** описывает экспериментальную базу, сырьевые материалы и усовершенствованные методики испытаний, используемые автором. **Третья глава** посвящена разработке и исследованию механизмов формирования вибродемпфирующих свойств ВФСУБ на микро- и мезоуровне. **Четвертая глава** представляет результаты комплексного экспериментального исследования и оптимизации отдельных свойств бетона. **Пятая глава** содержит верификацию материалов и конструкций через мультифизическое моделирование и натурные испытания. В заключении представлены основные научные результаты и положения, подтверждающие решение поставленных задач, а также

сформулированы рекомендации и перспективы для дальнейших исследований в данной области.

Научная новизна полученных результатов исследований

Научная новизна диссертационного исследования заключается в комплексном решении задачи проектирования составов и технологии высокофункциональных самоуплотняющихся бетонов с регулируемыми вибродемпфирующими и деформативными свойствами для замены металлов в промышленных конструкциях. На основе системного подхода установлены и теоретически обоснованы принципы формирования этих свойств в зависимости от ключевых химико-технологических факторов. Разработана и научно обоснована технология, базирующаяся на полиструктурном подходе, который предполагает согласованное управление свойствами материала на микро-, мезо- и макроуровне: модификацию цементной матрицы, создание демпфирующего межфазного слоя и оптимизацию состава заполнителей. Впервые установлена и количественно оценена взаимосвязь между минерально-фазовым составом цементного камня, в частности относительным содержанием этtringита, и вибропоглощающей способностью бетона. Доказана эффективность следующих технологических решений: применения эластичного полимера для создания демпфирующего слоя на границе заполнителя, а также эффекта от совместного использования расширяющих добавок и модификатора поверхностного натяжения для полной компенсации усадки. Экспериментально подтверждено, что предложенные решения позволяют значительно повысить показатель демпфирования и добиться существенной экономии дорогостоящих компонентов. Разработанные и внедренные усовершенствованные методики и оригинальное оборудование для оценки совместимости компонентов и вибродинамических характеристик также составляют элемент научной новизны работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, обеспечивается комплексным системным подходом, применением взаимодополняющих методов исследования и процедурами верификации полученных результатов.

Теоретические положения и гипотезы исследования опираются на фундаментальные принципы механики композитов, химии цементов и современных представлений о структурообразовании дисперсных систем. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием

сертифицированного и метрологически поверенного лабораторного оборудования. Применялся широкий спектр стандартизированных и оригинальных, детально описанных автором методик, что гарантирует воспроизводимость результатов. Достоверность экспериментальных данных подтверждается применением современных физико-химических методов анализа (рентгенофазовый, дифференциально-термический, калориметрический), позволивших установить однозначные корреляции между составом, микроструктурой и макроскопическими свойствами материалов. Для обработки результатов использованы математические методы статистики и планирования экспериментов.

Результаты, полученные аналитическими и эмпирическими методами, были проверены посредством численного моделирования в САЕ-системах (Comsol Multiphysics, SolidWorks Simulation). Последующее сравнение данных моделирования с результатами натурных испытаний полноразмерных прототипов промышленного оборудования (фрезерный станок, испытательные стенды) показало их высокую сходимость. Расхождение между расчетными и экспериментальными значениями ключевых параметров (собственные частоты, демпфирование) не превысило 1–5%, что находится в пределах допустимой погрешности для инженерных задач.

Практическая значимость и реализация результатов исследований

Автором исследовано влияние минеральных добавок на прочность твердеющего цементного камня. Установлены количественные показатели повышения прочности на сжатие цементных композиций в зависимости от вида (количества) вводимого пластификатора и микрофибры. Так, введение в бетон до 2 % волокон (по объему) полимерной фибры приводит к незначительному снижению величины E_d (1,5–3,0 %) при неизменной величине демпфирования, а стальной фибры – повышает E_d , снижая величину демпфирования на 5–7 %. Увеличение содержания стальных волокон до 3 % сопровождается ростом прочности на сжатие с 136 до 153 МПа и на изгиб (от 18 до 35,4 МПа), а также ростом модуля упругости на 20–23 %.

В работе методом полуадиабатической калориметрии проведена оценка эффективности различных вариантов сочетаний активной минеральной добавки и пластификатора по параметрам продолжительности индукционного периода и экзотермии процесса гидратации цементно-водно-дисперсной матрицы. Это позволило разработать алгоритм экспресс-оценки пригодности вновь вводимых модификаторов бетонной смеси, легко реализуемый на практике в условиях

заводской лаборатории для решения задач корректировки составов существующих рецептур.

Осуществлён подбор рецептур цементного литья из отечественного сырья, которые по техническим показателям соответствуют уровню признанных мировых производителей. Определена технико-экономическая эффективность ВФСУБ в сравнении с зарубежными аналогами: снижение показателя себестоимости для разработанных составов составляет 20675 руб. за 1 т материала.

Из разработанных бетонов изготовлены и прошли практическую апробацию сборные железобетонные станины в составе конструкций следующих прототипов оборудования: разрывная машина, комплексы для механических испытаний бетонов (деформативность, вибродемпфирование). На примере фрезерного ЧПУ-станка с несущим бетонным каркасом проведен анализ работы ВФСУБ в различных режимах вибрационной нагрузки, генерируемой при эксплуатации промышленного оборудования.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты исследований и разработки автора могут быть интересны и полезны для научных и научно-проектных организаций, работающих в области цементных строительных материалов. С другой стороны, работа может быть востребована подрядными организациями, которые бетонируют опоры и основания промышленного оборудования, работающего в условиях вибродинамических воздействий. Результаты могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях, выпускающих монолитные бетонные смеси.

Достижение автора, например, участие в НИР №23-01 «Разработка технологии получения самоуплотняющихся бетонных смесей для станин высокоточного оборудования» от 16.01.2023 уже само способствует продвижению на реальный выход продукции. При этом состав и способ защищены патентом РФ на изобретение. Необходимо продолжить исследования и разработки, особенно с целью расширения новых видов наполнителей на основе побочных и вторичных продуктов, а также пластифицирующих добавок для самоуплотняющихся бетонов.

Личное участие автора в получении результатов

Автор диссертации является непосредственным исполнителем всего представленного исследования. Автор непосредственно проводил весь цикл экспериментальных работ. Обработка, анализ и интерпретация всех данных, включая результаты математического моделирования в CAE-системах и

верификацию их натурными испытаниями прототипов, выполнены лично соискателем. Он также принимал прямое участие во внедрении результатов, апробации составов и создании опытных образцов промышленного оборудования.

Результаты исследований опубликованы в 20 научных работах. Основные результаты и выводы диссертационной работы изложены в 13 научных публикациях, в том числе в 10 научных работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук; в трех научных работах в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных и системе цитирования SCOPUS. Техническая новизна решений подтверждена патентом РФ на изобретение № 2820187 (30.05.2024).

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки

Научная значимость результатов диссертационного исследования Лаврова И.Ю. заключается в развитии теории и методологии проектирования функциональных строительных материалов с заданным комплексом эксплуатационных свойств. Проведенная работа вносит вклад в развитие науки о строительных материалах и механики композитов, предлагая полиструктурный подход к управлению вибродинамическими и деформативными характеристиками цементных бетонов. Установление и количественное описание ключевой взаимосвязи между минерально-фазовым составом цементного камня и диссипативной способностью материала переводит процесс подбора состава из эмпирической в научно обоснованную плоскость. Экспериментально доказана эффективность целенаправленного создания демпфирующей межфазной прослойки на границе «матрица-заполнитель» и выявлен синергетический эффект от комбинации химических и минеральных добавок для управления усадочными процессами. Эти результаты расширяют фундаментальные представления о структурообразовании и поведении высокофункциональных бетонов при динамическом воздействии.

Замечания по диссертационной работе

1. Автором разработаны составы самоуплотняющихся цементных бетонов, однако не представлены стандартизированные свойства согласно ГОСТ Р 59714-2021, например, такие как марка по удобоукладываемости, марка по вязкости, марка по текучести и др. Какими они должны быть?

2. Автору следует пояснить, какие именно химические факторы влияют на вибродинамические свойства самоуплотняющихся цементных бетонов.

Отмеченные замечания не снижают значимость работы, и могут быть решены при проведении дополнительных экспериментов и теоретических разработок.

Соответствие содержания диссертации научной специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия»

Диссертационная работа Лаврова Ивана Юрьевича «Химико-технологические факторы формирования вибродинамических свойств высокофункциональных цементных бетонов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия» соответствует следующей области исследований:

3 – Разработка научно структурообразованием обоснованных строительных способов материалов, управления основанных на регулировании процессов, вынужденно возникающих при совмещении отдельных компонентов, и самопроизвольно протекающих процессов самоорганизации, в том числе методами компьютерного проектирования.

6 – Научное обоснование и разработка высокопрочных, экологически безопасных, биопозитивных, энергоэффективных, природоподобных строительных материалов, обеспечивающих строительство зданий и сооружений различного назначения, в том числе быстровозводимых и легко трансформируемых.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК РФ

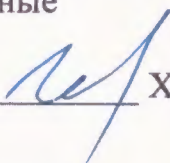
Учитывая большой объем теоретических разработок и проведенных экспериментов, глубокую разработку поставленных задач и полученные результаты, можно заключить, что диссертация И.Ю. Лавров представляет законченное научное исследование, вносящее существенный вклад в разработку и модификацию высокоэффективных самоуплотняющихся бетонов. Работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям и паспорту специальности 2.1.5. Автореферат оформлен в соответствии с установленными требованиями и полностью отражает содержание диссертационной работы.

В целом, диссертация «Химико-технологические факторы формирования вибродинамических свойств высокофункциональных цементных бетонов» является законченной научной работой и по актуальности, новизне, уровню выполнения, научной и практической ценности полностью отвечает требованиям,

предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года), а ее автор Лавров Иван Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию рассмотрены и одобрены на заседании кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций (протокол № 1 от «23» января 2026 г.). Результаты голосования «за» – 10 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Председатель заседания, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций КГАСУ, д-р. техн. наук (2.1.5 – Строительные материалы и изделия),
доцент

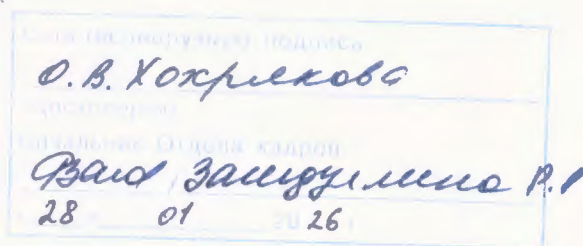
 Хохряков Олег Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО «КГАСУ»)

420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1

Тел.: +7(843) 510-46-01, факс: +7(843) 238-79-72

E-mail: info@kgasu.ru



 С отзывом ведущей организации ознакомлен 04.02.2026 