

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора

ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет
им. Н.П. Огарёва»

доктор медицинских наук,
профессор Балыкова Л.А.



« 06 » 07 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» на диссертационную работу **Чашина Дмитрия Юрьевича** на тему: **«Процессы деструкции цементных систем при термовлажностном воздействии»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.1.5. Строительные материалы и изделия**

Актуальность диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена важной в научно-практическом отношении проблеме обеспечения долговечности зданий и сооружений, эксплуатирующихся в экстремальных условиях, в частности, при повышенной температуре (40–95 °С) и влажности (до 100 %). Подобные условия характерны для градирен тепловых и атомных электростанций, деривационных туннелей и других ответственных инфраструктурных объектов, где разрушение бетона может начинаться уже через 3–4 года эксплуатации. Длительное воздействие горячей воды и пара на цементную матрицу приводит к её структурно-фазовой трансформации, что вызывает значительное ухудшение физико-механических свойств бетона.

Необходимость выполнения работы обусловлена тем, что многие вопросы теории и практики повышения долговечности строительных материалов при продолжительном контакте с горячей водой или паром недостаточно разработаны. Немногочисленные исследования в этой области подтверждают слабую изученность существующей проблемы. В этой связи актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. Исследование восполняет существующий пробел в исследовании долговременного поведения цементных систем в условиях повышенной термовлажностной нагрузки.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, приложений и списка литературы из 152 наименований. Работа изложена на 175 страницах, включает 99 рисунков и 25 таблиц.

Во введении раскрыта актуальность диссертации, определена цель и задачи, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость, изложены методология и методы исследований; приведены положения, выносимые на защиту, сведения о достоверности, структуре и объеме работы.

В первой главе автором приведен анализ научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области термической коррозии цементного камня. Проанализированы процессы рекристаллизации гидратных фаз цементного камня, обуславливающие падение прочности и рост пористости. Обоснована необходимость разработки составов цементных бетонов, стойких к термовлажностной коррозии и методики ультразвукового контроля кинетики коррозии.

Во второй главе автор приводит характеристики сырьевых материалов, описывает методики и методы исследований. Особое внимание уделено авторской методике исследования кинетики термовлажностной коррозии посредством УЗ-диагностики.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований структурно-механических и фазовых изменений цементного камня при длительном (12 мес) твердении в воде при температурах 20 °С (нормальные условия) и 80 °С (термовлажностные условия). При помощи комплекса современных физико-химических и механических методов соискателем доказано, что основной причиной падения прочности является внутрифазовая рекристаллизация высокодисперсных гидратов с образованием крупных кристаллов α -гидрата двухкальциевого силиката $C_2SH(A)$, обладающего плохими вяжущими свойствами.

В четвертой главе приводятся результаты длительных исследований (24 мес), направленных на повышение термостабильности цементных систем при помощи минеральных добавок (золы-уноса, шлака, тонкодисперсного кварца) и кварцевого песка различной крупности. Показано, что кремнеземсодержащие компоненты могут снижать основность гидратных фаз и способствовать формированию более термостабильной структуры цементного камня. Ценным является то, что автор не просто фиксирует изменение физико-механических свойств, но и раскрывает физико-химическую природу процессов в зависимости от вводимых кремнеземистых компонентов. Соискателем установлена взаимосвязь кинетики скорости УЗ-сигнала с развитием структурирующих и деструктивных процессов в зависимости от вида минерального компонента, подтвержденная данными РФА, ДТА и электронной микроскопии. Полученные результаты дают возможность обоснованно оценить роль минеральных компонентов в условиях термовлажностного воздействия и на этой основе реализовать рациональный выбор.

В пятой главе исследованы факторы, обуславливающие термовлажностную стойкость мелкозернистого бетона на заполнителях из кварцитопесчаника и гранита при длительном твердении в воде при 80 °С. Обоснована эффективность кварцитопесчаника как заполнителя для термовлажностостойких бетонов. Разработаны рекомендации по повышению термовлажностной стойкости бетона. Предложены практические критерии: коэффициент термовлажностной стойкости $K_{ст} \geq 0,8$, рациональная активность компонентов по CaO , допустимое содержание Al_2O_3 , рекомендуемые значения относительной скорости УЗ-импульса. Это делает результаты работы прикладными и удобными для использования.

В шестой главе на основе экспериментальных данных и математического

планирования разработана рецептура мелкозернистого бетона класса В30, предназначенного для эксплуатации в условиях повышенной температуры и влажности. Разработка защищена патентом РФ № 2839780. Кроме того, автор показывает экономическую целесообразность применения термовлажностойкого бетона за счет увеличения межремонтного периода и снижения затрат на ремонт и вторичную защиту конструкций. Это свидетельствует о завершенности исследования.

В заключении приведены обоснованные выводы, рекомендации для внедрения, а также использование полученных результатов в образовательной деятельности.

Автореферат соответствует тексту диссертации, а публикации автора всесторонне отражают содержание работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту, подтверждаются анализом значительного объема научных публикаций, а также выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне.

При выполнении исследований по термовлажностной коррозии цементных систем выдержаны длительные сроки экспозиции образцов в течение 2-х лет. Соискатель квалифицированно использовал эффективные новейшие физико-химические методы исследований: рентгенофлуоресцентный, микроскопический (растровая электронная микроскопия высокого разрешения), термографический анализ и т.д. Научные исследования проводились с соблюдением требований действующих нормативных документов и с применением современного аттестованного и поверенного оборудования. Это дает основание утверждать, что полученные при этом научно-технические результаты являются вполне достоверными, что позволило сформулировать целый ряд закономерностей по механизму и кинетике коррозионных процессов.

Результаты и основные положения диссертационной работы апробированы на научно-практических конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 статьи в центральных рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 статья в издании, индексируемом в базе данных Scopus (Q2).

Научная новизна

Сформулированные в диссертации положения научной новизны работы не вызывают сомнений и отражают научный вклад диссертанта в теорию и практику термовлажностной коррозии цементных бетонов. Проведен подробный анализ цементных систем с использованием основных положений кинетики физико-химических процессов, описывающих механизм коррозии. На этой основе соискателем впервые обоснованы критерии оценки эффективности бетона для эксплуатации в термовлажностных условиях (включающие коэффициент термовлажностной стойкости бетона и относительную скорость УЗ-импульса), и критерии выбора кремнеземсодержащих компонентов (по содержанию в их составе

оксида алюминия и активности по СаО). Полученные результаты представляют большой научный интерес, так как их использование позволяет прогнозировать развитие процессов коррозии цементных систем в реальных условиях, что в целом определяет долговечность бетона.

Установлено, что минеральные компоненты с повышенной долей оксида алюминия вызывают снижение стойкости бетона в отдаленные сроки. Причиной является перекристаллизация новообразований (гидроалюминатов и гидроалюмосиликатов), вызывающая микронапряжения и ослабление структуры. В этой связи даны рекомендации по использованию заполнителей и наполнителей с содержанием оксида алюминия не более 10 %. Выявлены закономерности влияния крупности кварцевого песка, мелких заполнителей на основе гранита и кварцитопесчаника, тонкодисперсных добавок золы-уноса, доменного гранулированного шлака и кварца на коррозионную стойкость цементных систем. Показано, что роль минеральных наполнителей и заполнителей обусловлена в основном, их влиянием на основность гидросиликатов кальция, интенсивность фазообразования и фазовых превращений, а также изменением структуры цементной матрицы.

Соискателем теоретически обоснована и экспериментально доказана необходимость мониторинга процессов термовлажностной деструкции образцов бетона с использованием метода ультразвуковой диагностики. Этот метод позволяет выявлять закономерности структурной трансформации путем непрерывного контроля скорости прохождения УЗ-импульса через образец, которая выполняет функцию интегрального параметра, отражающего совокупность структурно-механических характеристик материала (прочность, пористость, трещинообразование, внутреннее напряжение структуры и т.д.). Установлена корреляция между скоростью прохождения УЗ-импульса и интенсивностью процессов рекристаллизации. В качестве интегрального показателя скорости фазообразования (за счет реакции кремнеземистых компонентов с известью) предлагается относительная скорость УЗ-импульса ($\Delta V_{\text{отн}}$); оптимальный диапазон на раннем этапе твердения (3–4 месяца) составляет 1,04–1,09.

Теоретическая и практическая ценность результатов исследований

Расширены существующие теоретические положения о термодинамической неустойчивости цементного камня, рекристаллизации и роли основности гидратных фаз. Дополнены представления о роли минеральных наполнителей и заполнителей в процессах фазо- и структурообразования цементной матрицы в условиях повышенных температур и влажности, а также о кинетике твердения бетона при различных термовлажностных режимах.

Обоснована целесообразность ультразвукового мониторинга для контроля термовлажностной деградации бетонных образцов. Установлена корреляция между изменением скорости УЗ-сигнала и этапами эволюции структуры цементного камня, что углубляет понимание долговременного поведения композита при совместном действии влажности и температуры.

Разработанные соискателем рекомендации по комплексному исследованию и испытанию образцов с длительным хранением в термовлажностных условиях позволяют повысить достоверность и надежность оценки долговечности изделий

и конструкций. Предварительная оценка состава минеральных компонентов и их активности по СаО (метод Запорожца) позволит во многих случаях корректировать их выбор в соответствии с реальными условиями эксплуатации.

Предложены практические меры по повышению стойкости цементных систем к термовлажностной коррозии. Для получения стабильных композитов в таких условиях рекомендованы сырьевые компоненты: мелкие заполнители (кварцитопесчаник и мелкозернистый кварцевый песок), а также тонкомолотый доменный гранулированный шлак. Разработана рецептура мелкозернистого бетона класса В30 с повышенной термовлажностной стойкостью. Предлагаемый состав не требует кардинального изменения стандартной производственной технологии, что упрощает его промышленное внедрение.

Значимость практических результатов для развития соответствующей отрасли науки

Значимость для науки полученных соискателем результатов состоит в том, что заложены основы системного подхода к решению проблемы повышения стойкости цементных систем в условиях термовлажностного воздействия среды эксплуатации, включая разработку методики проведения коррозионных испытаний при помощи УЗ-диагностики, критериев оценки термовлажностной стойкости, а также способов повышения коррозионного сопротивления бетонов путем рационального выбора кремнеземсодержащих заполнителей и минеральных добавок.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании бетонов специального назначения. На основе результатов проведенных исследований рекомендуется осуществлять рациональный выбор сырьевых компонентов для термовлажностостойких бетонов и контролировать их эффективность в ходе испытаний. Это дает возможность создавать рецептуры бетонов под специфические задачи конкретных инфраструктурных строительных объектов, и, соответственно, условия эксплуатации, режимы тепловлажностной нагрузки, что позволит продлить срок межремонтной службы и минимизировать затраты на восстановление.

На основании проведенных исследований был разработан мелкозернистый бетон с повышенной термовлажностной стойкостью, а также подписан протокол о намерениях его производства с ООО «ЭрионСтройГрупп». Основные положения работы были представлены на всероссийских и международных научных конференциях. Теоретические положения, результаты научно-исследовательской работы и внедрения используются в учебном процессе.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. Недостаточно раскрыт выбор температуры испытаний 80 °С. Почему для моделирования эксплуатационных условий была выбрана температура именно 80 °С?

2. Почему снижение содержания Са(ОН)₂ при 80 °С интерпретируется именно как связывание извести в высокоосновные гидросиликаты, а не как частичное выщелачивание или растворение?

3. Интерпретация скорости УЗ-импульса как показателя структурных процессов, на наш взгляд, требует осторожности. Рост скорости может быть связан не только с уплотнением и фазообразованием, но и с изменением влажности, температуры, микротрещиноватостью, контактными условиями измерения, геометрией образца и др. факторами.

4. В качестве контролируемых показателей для оценки изменения свойств важно было провести оценку не только прочностных показателей, а еще и плотности, пористости (как интегральной, так и дифференциальной) и влагосодержания в момент испытаний. Без вышеуказанных показателей невозможно провести полноценную оценку всего комплекса протекающих процессов в ходе термо-влажностного воздействия.

5. Считаем нецелесообразным использование в разделе 6 в качестве варьируемых факторов двух взаимосвязанных показателей – В/Ц и доли вводимой пластифицирующей добавки. Сравнение свойств цементных композитов и бетонов на их основе в рамках поставленной задачи должно проводиться для равноподвижных составов, то есть использование В/Ц как варьируемого фактора сомнительно. Именно это, на наш взгляд, привело к минимальным различиям между показателями для композитов с различным содержанием шлакового наполнителя (0; 15 и 30%). Кроме того, в тексте диссертации и автореферата практически везде отсутствуют указания по доле вводимого компонента – в % по массе или объему?; взамен цемента или дополнительно? и т.д., что требовало дополнительного уточнения у соискателя.

6. В автореферате указано, что интенсивные процессы идут первые 12 месяцев, а затем переходят в «медленную фазу». Означает ли это, что к 24 месяцам система стабилизировалась, или деструкция продолжается, но протекает более медленно?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Они носят преимущественно рекомендательный характер и могут быть учтены автором при дальнейшем развитии исследований.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Чашина Дмитрия Юрьевича является законченной квалифицированной научно-исследовательской работой, в которой изложены научно-обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для повышения стойкости материалов и изделий на цементной основе, эксплуатирующихся при повышенной температурно-влажностной нагрузке. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

По актуальности, методическому уровню, степени обоснованности, научной новизне полученных данных, достоверности выводов и предложений, степени опубликованности результатов, их апробации можно сделать вывод, что представленная работа соответствует критериям п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции с дополнениями и изменениями), предъявляемых к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а его ав-

тор, Чашин Дмитрий Юрьевич, заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Отзыв на диссертацию, автореферат и диссертационная работа рассмотрены на расширенном заседании кафедры строительных конструкций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (протокол №7 от 02.07.2026 г.).

Председатель расширенного заседания кафедры строительных конструкций,
доктор технических наук по специальности
05.23.05 «Строительные материалы и изделия»,
профессор, директор института архитектуры и строительства
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Телефон: 79179936389

E-mail: nizinata@yandex.ru

Низина Т.А.

«03» 04 2026 г.

И.о. заведующего кафедрой строительных конструкций,
кандидат технических наук по специальности
05.23.05 «Строительные материалы и изделия»,
доцент, доцент кафедры строительных конструкций
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Телефон: 89271859653

E-mail: kupriashkina.liudmila@yandex.ru

Куприяшкина Л.И.

«03» 04 2026 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Адрес: 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д.68

Телефон: +7(8342)243732

E-mail: mrsu@mrsu.ru

Сайт: <https://mrsu.ru>

