

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО

«Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства»

к.т.н., доцент

Болдырев С.А.

« 7 » апреля 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства» на диссертационную работу

Гальцева Алексея Андреевича

«Повышение стойкости железобетона к воздействию грибковых
микроорганизмов с помощью гидрофобной добавки», представленную к
защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.1.5.Строительные материалы и изделия

Актуальность темы исследования

Железобетонные изделия широко используются в строительстве для возведения зданий и сооружений, а продление срока их эксплуатации позволит народному хозяйству экономить значительное количество ресурсов. Практически во всех условиях эксплуатации бетона происходит колонизация его поверхности разными видами микроорганизмов. Интенсивность биообрастания бетона негативно влияет не только на внешний вид сооружений, но и на степень повреждения и эксплуатационные характеристики изделий и элементов конструкций.

Устойчивость бетона к проникновению агрессивной среды в первую очередь определяется проницаемостью бетона. При недостаточной плотности бетона облегчается диффузия агрессивных веществ в его толщу, что существенно ускоряет процесс нейтрализации цементного камня и может явиться причиной преждевременной потери его прочности и, как следствие, разрушения, а также инициирования и развития коррозии стальной арматуры в бетоне. Весьма эффективным средством предотвращения химического взаимодействия жидких сред с поверхностью бетона и замедления проникновения агрессивных частиц в поровую структуру бетона являются добавки-гидрофобизаторы.

Для прогнозирования долговечности бетонов в зависимости от агрессивности среды и для описания процессов массопереноса в капиллярно-пористых телах, а также для разработки новых методов по повышению эксплуатационных характеристик композита целесообразно использовать математические модели.

Таким образом, диссертационная работа Гальцева А.А., посвященная проблеме долговечности железобетонных изделий и изучению интенсивности коррозионных процессов в гидрофобном бетоне при грибковой деструкции, представляется весьма актуальной.

Структура и содержание работы

Представленная диссертация Гальцева А.А. состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 328 наименований и 6 приложений. Общий объем работы изложен на 176 страницах, включает 61 рисунок и 15 таблиц.

Во введении приведены актуальность, цель и задачи исследований, научная новизна работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе достаточно полно отражено современное состояние проблемы. Отмечено, что широкий диапазон и большой объем исследований, посвященных изучению долговечности бетона, позволил получить большой объем информации о процессах разрушения бетона в условиях воздействия различных видов микроорганизмов. С учетом теории и практики микробиологической коррозии бетона охарактеризованы меры по предотвращению биообрастания и биоповреждения железобетона.

Во второй главе автором описаны применяемые методы и методики определения изменений физико-химических свойств как агрессивных сред, так и исследуемых модельных образцов гидрофобизированного железобетона. Стандартизированные характеристики готовых образцов определяли в соответствии с нормативными документами. Исследования базируются на современных аналитических методах, дающих высокоточные и достоверные результаты.

В третьей главе приводятся и обсуждаются результаты исследований влияния добавки стеарата кальция на грибковую деструкцию бетона. Изучено влияние добавки стеарата кальция на изменение характеристик бетона при грибковой коррозии, установлены происходящие при воздействии грибов изменения в составе цементного камня бетона, определена степень повреждения бетона грибковыми микроорганизмами, разработана математическая модель массопереноса целевого компонента в структуре гидрофобизированного стеаратом кальция цементного бетона при воздействии грибковых микроорганизмов.

Автором продемонстрировано, что введение стеарата кальция в количестве 0,5-1 масс. % в цементную смесь при изготовлении бетона эффективно препятствует обрастанию поверхности грибковыми микроорганизмами, улучшает характеристики бетона, повышаются и сохраняются в условиях грибковой деструкции плотность и прочность, усиливается прочность сцепления арматуры с бетоном. Экспериментально установлена связь добавления стеарата кальция с образованием при твердении цементного камня структуры высокой степени кристалличности с высоким содержанием гидросиликатной фазы, этtringита и портландита, а

также с предотвращением разложения структурных составляющих грибковыми микроорганизмами. Автором показано, что процессы коррозионного массопереноса при грибковой деструкции бетона, изготовленного со стеаратом кальция, протекают в 2,5-3 раза медленнее, а степень деструкции бетона, подверженного действию грибов и водной среды, уменьшается в 3,5-4 раза. С помощью математической модели биокоррозии бетона спрогнозировано, что деструктивные процессы в бетоне без добавок вызовут опасные состояния через 15 лет грибкового воздействия, в гидрофобном бетоне – через 25-30 лет.

Четвертая глава посвящена изучению влияния добавки стеарата кальция на развитие коррозионных процессов стальной арматуры в бетоне, подверженном воздействию грибковых микроорганизмов. Диссертантом изучено коррозионное состояние стальной арматуры в бетоне с добавками стеарата кальция при грибковом воздействии. На основании этого спрогнозирована скорость развития повреждений на поверхности стальной арматуры в бетоне с добавками стеарата кальция при грибковой деструкции. Проведен расчет экономической эффективности проведения работ по обеспечению защиты от обрастания бетона грибковыми микроорганизмами *Aspergillus niger* посредством объемной гидрофобизации.

Автором экспериментально установлено, что добавка стеарата кальция в бетон в количестве 0,5-1 масс. % способствует сохранению пассивного состояния стальной арматуры в течение 2 лет, затем начинается незначительное снижение электродного потенциала, связанное с изменением pH порового раствора, на участках контакта агрессивных веществ со сталью. Питтингообразование на поверхности стержней в гидрофобном бетоне развивается в 3-4 раза медленнее.

С учетом интенсивности массообменных процессов в бетоне рассчитаны сроки накопления критической концентрации выделяемых грибами *Aspergillus niger* кислот у поверхности арматуры: в бетоне без добавок – 4 года, в бетоне с добавками стеарата кальция – 12-16 лет. На основании установленной в работе скорости коррозии стали в условиях воздействия биогенных кислот 0,14 мм/год определено, что критическое разрушение, соответствующее потере сечения в 15 %, будет достигнуто в течение 10 лет. Принимая это во внимание, автор прогнозирует, что деструкция железобетона в условиях грибкового воздействия при увлажнении будет считаться опасной через 15-17 лет после биообрастания бетона без добавок; через 25-30 лет – бетона с добавкой стеарата кальция в количестве 0,5 масс. %; через 30-35 лет – бетона с добавкой стеарата кальция в количестве 1 масс. %.

Основываясь на экспериментальных и расчетных результатах исследования, автор дает заключение, что введение добавок стеарата кальция в цементную смесь при изготовлении бетона позволяет увеличить срок

капитального ремонта железобетонных изделий, подвергаемых грибковой деструкции, до 30-35 лет.

В заключении приводятся выводы по работе. Содержание глав полностью соответствует выносимым на защиту положениям.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, являются теоретически обоснованными и экспериментально подтвержденными. Исследования, проведенные автором в рамках заявленной в диссертации темы, являются достаточными по объему и составу, содержат аргументацию выбора варианта решения на каждом этапе работы. Результаты диссертационной работы согласуются с фундаментальными основами строительного материаловедения.

По теме диссертации опубликовано 17 научных трудов, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 1 статья в научном журнале, индексируемом в международных реферативных базах данных Web of Science и Scopus, 1 статья в научном журнале, индексируемом в международной реферативной базе данных Scopus.

Научная новизна

Разработано научно обоснованное технологическое решение повышения стойкости железобетона к воздействию микроорганизмов, заключающееся в введение в рецептуру стеарата кальция, способствующего формированию высококристаллической структуры цементного камня, снижению пористости, уменьшению размера пор, сохранению пассивного состояния стальной арматуры в течение более длительного срока.

Соискателем определены величины ключевых показателей степени и скорости деструкции гидрофобного бетона грибковыми микроорганизмами при увлажнении, что позволяет устанавливать продолжительность безремонтной службы железобетона в условиях биообрастания и прогнозировать сроки критического повреждения железобетонных изделий.

Экспериментально подтверждено, что рассматриваемый процесс жидкостной коррозии гидрофобного бетона, осложненный воздействием микроорганизмов, с точки зрения теории массопереноса, следует рассматривать как нестационарный массоперенос в среде с переменными потенциалами и коэффициентами переноса, поскольку на протяжении процесса изменяются коэффициенты массопроводности и массоотдачи, а также концентрации выделяемых грибковыми микроорганизмами органических кислот.

Разработана математическая модель массообменных процессов в бетонной модельной пластине, в которой расчет полей концентраций целевого компонента проводится с разделением на две зоны: по толщине

первой зоне происходит поглощение свободного гидроксида кальция в результате химических реакций с органическими кислотами, а на ее границе с жидкостью – массоотдача свободного гидроксида кальция; по толщине второй зоны происходит только диффузия гидроксида кальция к границе с первой зоной.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Автором выполнен значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по изучению механизмов разрушения бетона грибковыми микроорганизмами при увлажнении. Разработаны рекомендации по предотвращению биообрастания и биодеструкции бетона с помощью введения на стадии изготовления стеарата кальция в количестве 0,5-1 % от массы цемента. На основании результатов исследования предложено для предотвращения развития грибковой деструкции бетона вводить 0,5 масс. % стеарата кальция, а при эксплуатации железобетонных изделий в условиях увлажнения – 1 масс. %.

Экспериментально установлено положительное влияние гидрофобной добавки стеарата кальция на эксплуатационные характеристики бетона и на совместную работу бетона со стальной арматурой, а также значительное снижение степени повреждения бетона с гидрофобной добавкой и арматуры в нем грибковыми микроорганизмами.

С помощью разработанной математической модели массопереноса целевого компонента в структуре гидрофобизированного стеаратом кальция цементного бетона при воздействии грибковых микроорганизмов спрогнозировано увеличение срок капитального ремонта железобетонных изделий до 30-35 лет.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Дополнены теоретические представления о механизмах грибковой деструкции железобетона в условиях увлажнения, а также разработаны рекомендации по гидрофобизации бетона, которые позволяют увеличить долговечность железобетонных сооружений.

Установленные в работе показатели массопереноса могут быть использованы в существующих математических моделях для прогнозирования срока службы бетона или для разработки и проверки новых уравнений, описывающих процессы массопереноса.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Соискателем на основе результатов проведенных исследований разработаны рекомендации по обеспечению замедления развития грибковой деструкции железобетона, в частности, при эксплуатации в условиях увлажнения, содержащие оптимальные количества добавки стеарата кальция в цементную смесь.

Методы и подходы, использованные в диссертационном исследовании, а также результаты и выводы рекомендуются к использованию на предприятиях по выпуску железобетонных изделий и сооружений, эксплуатирующихся в условиях воздействия влаги и биообрастания.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований предлагается использовать в учебном процессе для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», магистров по направлению 08.04.01 «Строительство».

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. Почему при оценке экономической эффективности применения стеарата кальция не учитывались затраты при производстве бетона ?
2. Нет данных статистической обработки полученных результатов.
3. Рис.3.14 не информативен. Непонятно, где а и где б на дифрактограммах. Нужно было сделать два графика.
4. Для практической реализации результатов диссертационного исследования автору следовало разработать проект стандарта организации ООО «Трансстрой-Тест» либо ООО «Сахалинстройинвест» о внедрении методики прогнозирования коррозионной стойкости.
5. В тексте диссертационной работы присутствуют грамматические и стилистические ошибки. Например, «Механизм влияния стеарата кальция заключается в запирании воды в структуре цементного камня при твердении...». Наверное, в водоудержании...?

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Гальцева Алексея Андреевича.

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

Диссертационная работа Гальцева Алексея Андреевича является самостоятельно выполненной актуальной научно-квалификационной работой. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований изложено научно обоснованное технологическое решение повышения стойкости железобетона к воздействию микроорганизмов.

Указанные решения имеют существенное значение для развития строительного материаловедения.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в редакции Постановления Правительства РФ от 26.10.2023 N 1786) для диссертаций,

представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Гальцев Алексей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры «Управление качеством» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (ФГБОУ ВО ПГУАС) «2» апреля 2025 г. Протокол № 8 от «2» апреля 2025 г. Присутствовали на заседании 12 человек, проголосовали «за» – 12 человек, «против» – 0 человек, воздержались – 0 человек.

Доктор технических наук по специальности
05.23.05 – Строительные материалы и
изделия, профессор, заведующий кафедрой
«Управление качеством» ФГБОУ ВО
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

 Логанина
Валентина Ивановна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства» (ФГБОУ ВО ПГУАС)

440028, Пензенская область, г. Пенза, улица Германа Титова, д. 28.

Телефон: (8412) 497277; (8412) 487476

E-mail: office@pguas.ru

Сайт: <http://pguas.ru/>



