

ОТЗЫВ

официального оппонента

**д.т.н., доцента Артамоновой Ольги Владимировны
на диссертационную работу Гальцева А.А. на тему: «Повышение стойкости
железобетона к воздействию грибковых микроорганизмов с помощью
гидрофобной добавки», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные
материалы и изделия**

Актуальность темы диссертации

Железобетон является самым известным и важным материалом в строительной индустрии. Многие исследования сфокусированы на расширении комплекса прочностных и антикоррозионных свойств бетона в соответствии со множеством вариантов его применения. Происходящие разрушения в бетоне необратимы и требуют огромных расходов на восстановление. Главным фактором, вызывающим разрушение железобетона, является коррозия стальной арматуры, около 80 % повреждений обусловлены этим явлением.

Установление параметров и механизмов повреждения железобетона в результате воздействия грибковых микроорганизмов с учетом закономерностей процессов массопереноса необходимы для разработки рекомендаций и методов по защите железобетонных изделий от коррозии и по повышению их долговечности при эксплуатации в средах различной степени агрессивности.

Изучение механизмов, вызывающих биодеструкцию железобетона в условиях увлажнения, установление факторов (как с точки зрения условий окружающей среды, так и характеристик материалов), оказывающих влияние на долговечность железобетонных изделий, и разработка методов минимизации скорости коррозионных процессов в условиях грибкового воздействия являются актуальными для повышения срока службы и обеспечения надежности железобетонных изделий и сооружений.

В диссертационном исследовании отдельно рассматриваются основные физические и химические механизмы грибковой коррозии, которые угрожают долговечности бетона, и предлагаются доступные варианты достижения надлежащей долговечности с акцентом на подходы, предусмотренные стандартами. В нем также представлены процедуры оценки долговечности и испытания железобетонных изделий, а также методы предотвращения коррозионной деструкции.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, приложений. Текст изложен на 176 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 15 таблиц и список литературы из 328 наименований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Цель диссертационной работы Гальцева А.А. заключается в научном обосновании рекомендаций по обеспечению защиты бетона от биообрастания с помощью гидрофобных добавок на основе оценки степени повреждения грибковыми микроорганизмами железобетона с учетом коррозионного массопереноса.

Задачи диссертационного исследования заключаются в следующем:

1. Подобрать оптимальное количество стеарата кальция для введения в цементную смесь, обеспечивающее замедление развития грибковой деструкции железобетона при эксплуатации в условиях увлажнения.

2. Изучить влияние добавки стеарата кальция на эксплуатационные характеристики бетона и совместную работу бетона и стальной арматуры.

3. Установить степень повреждения бетона, содержащего стеарат кальция, грибковыми микроорганизмами.

4. Спрогнозировать срок службы железобетона, изготовленного с добавкой стеарата кальция, в условиях грибкового воздействия при увлажнении.

Научные положения, сформулированные Гальцевым А.А., позволяют достигнуть поставленную в работе цель:

- обоснована целесообразность и показана эффективность введения в цементную смесь при изготовлении бетона стеарата кальция в количестве 0,5-1 % от массы цемента для предотвращения биообрастания поверхности и развития грибковой деструкции в условиях увлажнения. Концентрации гидрофобной добавки 0,5 масс. % достаточно для обеспечения биостойкости бетона внутренних помещений, в том числе эксплуатируемых в условиях увлажнения. Введение в цементную смесь добавки стеарата кальция в количестве 1 масс. % может быть рекомендовано для бетона наружных сооружений, также эксплуатируемых в условиях увлажнения;

- установлена связь изменений в структурообразовании при гидратации и твердении цементного камня бетона с гидрофобной добавкой, сохранения прочностных характеристик биodeградируемого железобетона и степени повреждения бетона грибами *Aspergillus niger* при увлажнении. Механизм влияния стеарата кальция заключается в запирании воды в структуре цементного камня при твердении, что обуславливает продлевание гидратационных процессов и образование большего количества кальцийсодержащих фаз, обеспечивающих повышение прочности бетона. Прогнозируемая глубина разрушения составляет через 10 лет 1 см для обычного бетона и 2-2,5 мм для гидрофобного бетона, через 50 лет – 2 см и 5-5,5 мм, соответственно;

- на основании полученных данных об изменении электрохимического состояния стальной арматуры в бетоне, подвергаемом воздействию грибов *Aspergillus niger* в условиях увлажнения, рассчитаны показатели скорости

коррозии и спрогнозированы сроки критического повреждения арматуры. Скорость коррозии стальной арматуры в среде биогенных органических кислот в 3-4 раза замедлена в гидрофобном бетоне, по сравнению с обычным. При распространении агрессивной среды по поверхности арматуры скорость коррозии составит 0,14 мм/год, что за 10 лет вызовет уменьшение диаметра на 1,5 мм;

- определены показатели массопереноса (плотность потока, коэффициенты массопроводности и массоотдачи) в бетоне при грибковой деструкции, характеризующие замедление массообменных процессов в бетоне, содержащем гидрофобную добавку, в 2,5-3 раза. Представлена математическая модель массопереноса целевого компонента в структуре гидрофобизированного стеаратом кальция цементного бетона при воздействии грибковых микроорганизмов, с помощью которой рассчитаны сроки достижения у поверхности арматуры необходимой для развития коррозии концентрации органических кислот, выделяемых грибами: в обычном бетоне – 4 года, в бетоне со стеаратом кальция – 12-16 лет. С учетом скорости коррозии стальной арматуры в растворе органических кислот критической концентрации прогнозируемый срок деструкции системы «бетон – стальная арматура» грибами *Aspergillus niger* в условиях увлажнения составляет 15-17 лет после биообрастания бетона без добавок; 25-30 лет – бетона с добавками стеарата кальция.

Результаты проведенных исследований и сформулированные на основании полученных данных заключения базируются на комплексе наукоемких лабораторных методов ведения эксперимента и стандартизированных методиках сбора и обработки информации.

В расчетах характеристик процессов массопереноса, протекающих при жидкостной коррозии бетона, применяются уравнения массопроводности и массоотдачи, а также математическая модель массопереноса целевого компонента в структуре гидрофобизированного стеаратом кальция цементного бетона при воздействии грибковых микроорганизмов.

Экспериментальные исследования проведены с применением современных физических и физико-химических методов анализа, таких как комплексонометрия, рентгеноструктурный анализ, термический анализ (дифференциальный термический, деривативная термогравиметрия, термогравиметрия), хронопотенциометрия, измерение поляризации электродных процессов. Результаты изысканий подвергнуты соответствующей математической обработке.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных диссертантом теоретических положений подтверждается тем, что полученные экспериментальным способом и рассчитанные параметры коррелируют с установленными в ходе экспериментов

величинами, вписываются в общепринятые закономерности, не противоречат известным данным.

Автором подтверждена научная гипотеза диссертационной работы о том, что подход к оценке степени повреждения грибковыми микроорганизмами железобетона на основе изучения коррозионного массопереноса дает научное обоснование рекомендациям по обеспечению защиты бетона от биообрастания с помощью гидрофобных добавок.

По результатам исследования автором 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.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Автор утверждает, что «меньшее количество свободного кальция в гидрофобизированном цементном камне, связано с тем, что стеарат кальция «запирает» воду при твердении, что усиливает гидратацию компонентов цемента и приводит к образованию большего количества кальцийсодержащих фаз». Это противоречит существующим представлениям о процессе гидратации портландцемента. Напротив, чем более полно гидратирует трехкальциевый силикат, тем больше в процессе реакции выделяется свободного гидроксида кальция.

2. В работе представлены результаты качественного рентгенографического анализа цементных образцов. На основании данных с рентгенограмм автор утверждает, что большая плотность бетона с добавкой обусловлена формированием «более высококристаллической структурой». Что подразумевается под термином «высококристаллическая структура»? Если имеется в виду сравнительная характеристика, противоположная понятию «аморфной структуры», то текст работы это не подтверждает.

3. Более высокую плотность образцов, автор объясняет кольматирующим действием стеарата кальция, что кажется сомнительным, так как кольматация – это процесс механической закупорки капилляров и открытых пор дисперсным или полимеризующимся материалом. Количества добавки стеарата кальция, как нерастворимого дисперсного вещества, недостаточно для механической закупорки пор. Механизм действия гидрофобизаторов, скорее относится к изменению угла смачивания на границе раздела твердой и жидкой фазы, т.е. он работает как ПАВ.

4. В диссертационной работе сказано, что «с помощью дериватографа установлено содержание кальция в цементном камне после биообрастания». Зачем автор проводит поиск кальция в бетоне, если по умолчанию ясно, что соединения кальция есть и в исходном клинкере, и в продуктах его гидратации? Каким образом автор определяет «содержание кальция в цементном камне после биообрастания», именно дериватографическим методом, если подразумевается его количественное определение.

Заключение о соответствии диссертации критериям, «Положению о порядке присуждения ученой степени»

Актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы Гальцева А.А. несомненны. Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Указанные выше замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Проведенный анализ диссертационной работы Гальцева Алексея Андреевича позволяет сделать вывод о том, что она соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Правительством РФ 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к докторским (кандидатским) диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, в которой научно обоснована возможность применения при изготовлении железобетонных изделий и сооружений стеарата кальция для повышения биостойкости и долговечности результатами исследований массопереноса агрессивных к бетону и арматуре продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Диссертационная работа Гальцева Алексея Андреевича «Повышение стойкости железобетона к воздействию грибковых микроорганизмов с помощью гидрофобной добавки» соответствует паспорту специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия в части области исследования – 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. 4. Разработка и развитие теории формирования прочности и разрушения композиционных строительных материалов под действием различных эксплуатационных факторов; п. 10. Разработка новых и совершенствование существующих методов повышения стойкости строительных материалов, изделий и конструкций в условиях воздействия физических, химических и биологических агрессивных сред на всех этапах жизненного цикла.

Считаю, что соискатель, Гальцев Алексей Андреевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент
профессор кафедры «Химия и химическая технология материалов»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
д.т.н. (05.23.05. – Строительные материалы и изделия),
доцент

Артамонова Ольга Владимировна

21.04.25 г.

Почтовый рабочий адрес:
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84
Мобильный телефон: 8-920-218-03-30
Рабочий телефон: 8 (473) 271-76-17
Электронная почта: ol_artam@rambler.ru

Подпись Артамоновой О.В.
заверяю проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Воронежского государственного
технического университета»



Алексей Викторович
Башкиров