

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Самченко Светланы Васильевны на диссертационную работу **Данилова
Дмитрия Юрьевича** на тему: **«Модифицированный бетон повышенной
сульфатостойкости»**, представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность диссертационной работы

Актуальность темы диссертационного исследования связана с необходимостью разработки научно-обоснованных технических и технологических решений, способствующих защите изделий и конструкций на основе рядовых бетонов с ограниченным содержанием вяжущего, составляющих значимую долю производства, и подверженных сульфатной/сульфатно-магнезиальной коррозии.

Вопросы химической стойкости цементных бетонов относятся к числу наиболее сложных, так как химическая коррозия – это термодинамически оправданный процесс и повышение стойкости требует использования определенных резервов системы, основанных на особенностях химической и структурной основы материала. Сложность также состоит еще и в том, что эти процессы должны прогнозироваться в будущем. Расширение возможности повышения стойкости цементных систем в окружающей среде с учетом современных физико-химических знаний композиционных материалов предопределяют актуальность и значимость представленных автором технических решений и научных подходов, которые позволят разрабатывать и применять составы, обеспечивающие повышенную стойкость бетона и сохранность при агрессивном воздействии со сниженной долей вяжущего.

Общая характеристика работы

На отзыв были представлены диссертационная работа и автореферат. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, содержащего 181 наименование, 5 приложений. Общий объем работы изложен на 187 страницах машинописного текста, включающего 27 таблиц, 77 рисунков.

Во **введении** дано обоснование актуальности темы диссертационной работы; определены цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Изложены положения, предлагаемые к защите; сведения о достоверности полученных выводов; данные об апробации и практической реализации результатов работы.

В **первой главе** диссертационной работы приведен аналитический обзор литературы по коррозии строительных материалов гидратационного твердения. Рассмотрены вопросы повышения коррозионной стойкости путем модифицирования составов бетона. Проведен анализ существующих методов

исследования коррозионной стойкости; рассмотрен потенциал ультразвуковой диагностики для изучения процессов деструкции строительных материалов.

Во **второй главе** описаны методы исследования и приведена характеристика используемых материалов.

В **третьей главе** представлено теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение целесообразности применения ультразвуковой диагностики для исследования кинетики коррозии. Доказано, что скорость прохождения УЗ-сигнала соответственно отражает смену физико-химических процессов – от уплотнения (кольматации) до микротрещинообразования. Предложен новый диагностический критерий – интервал времени до устойчивого снижения скорости УЗ. Продолжительный срок мониторинга кинетики (до 24 месяцев) повышает достоверность наблюдений о стадийности процесса.

Четвертая глава посвящена исследованию коррозионной стойкости бетонов, модифицированных минеральными добавками кварца и известняка с учетом электрокинетических аспектов взаимодействия поверхности наполнителей (заряд) и их возможного влияния на диффузию сульфат-ионов. Дана четкая технологическая трактовка: наполнитель вводится взамен части заполнителя для усиления эффекта СП и уплотнения структуры. Показана роль оптимизации дозировок наполнителей (20–70 %) во взаимосвязи со структурообразующими процессами. Представлена пошаговая реконструкция процесса коррозии в виде зональных моделей послойного разрушения для MgSO_4 и Na_2SO_4 сред. Выполнена детализация морфологии этtringита и ее связь с физико-химическими параметрами. Для математического описания кинетики предложены полиномиальные и степенные тренды, имеющие значение для моделирования коррозионных процессов, что добавляет предиктивный элемент.

В **пятой главе** исследована возможность направленного управления стойкостью бетона за счет вторичных ресурсов: золы-уноса и бетонного лома. Выявлен эффект влияния дозировки золы-уноса на морфологию этtringита и глубину поврежденного слоя. Установлены различия поведения систем с инертными (кварц), слабоактивными/карбонатными и активными наполнителями. Приведен сравнительный анализ стойкости по ряду исследованных составов и сред на основе макро- (прочность, $K_{\text{ст}}$, УЗ-диагностика) и микроуровневых маркеров (морфология, зональность). Систематизировано влияние наполнителей на стойкость: в растворе Na_2SO_4 : зола > известняк > кварц (по стойкости бетона), в растворе MgSO_4 — известняк > зола > кварц; выявлены рациональные дозировки (40–70 %) для достижения $K_{\text{ст}}^{12} > 0,8$. Показано, что снижение содержания в системе C_3A является дополнительным фактором стойкости.

В **шестой главе** предложена технологическая схема производства бетонных смесей модифицированных составов, проведено технико-экономическое обоснование эффективности предложенных мероприятий.

В **заключении** соискателем представлены научные положения и основные результаты, подтверждающие выдвинутую рабочую гипотезу, а также приводятся рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов и обоснованность выводов по работе обеспечена проведением комплекса экспериментальных исследований с применением апробированных методик в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и государственных стандартов Российской Федерации. Автором выполнен значительный объем экспериментальной работы, охватывающей изучение различных структурных типов образцов и широкого спектра контролируемых параметров. Определены перспективы дальнейших исследований. Результаты работы прошли апробацию на конференциях различного уровня. Достоверность сформулированных в диссертации научных положений подтверждается также сопоставимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна

Впервые для бетонов с ограниченным расходом вяжущего обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее рост коррозионной стойкости в сульфатных средах (Na_2SO_4 , MgSO_4) за счет совмещенного эффекта: (1) физического уплотнения структуры при снижении В/Ц на 24–44 % посредством суперпластификаторов и введения тонкодисперсных наполнителей (20–70 % взамен части заполнителя) и (2) химической стабилизации за счет уменьшения доли свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и трехкальциевого алюмината C_3A .

Уточнен механизм сульфатной и сульфатно-магнезиальной коррозии: предложены и верифицированы зональные модели послойного разрушения (I–V), связанные с морфогенезом этtringита и гипса; показано, что дозировка, вид наполнителя и глубина осаждения этtringита детерминируют переход от тонковолокнистых к игольчатым и сферолитным формам, влияя на кристаллизационное давление и глубину корродированного слоя.

Обосновано применение УЗ-диагностики для исследования кинетики коррозии бетона. Введен и валидирован кинетический УЗ-критерий разрушения – интервал времени от начала экспозиции до устойчивого снижения скорости ультразвука – как количественный показатель смены этапа «уплотнение → деструкция»; предложены модели аппроксимации (степенная в воде, полиномиальная в агрессивных растворах) с высокими R^2 .

Впервые установлена функциональная взаимосвязь «дозировка/тип наполнителя – вид агрессивной среды – коэффициент стойкости $K_{\text{ст}}$ »,

позволяющая ранжировать наполнители по эффективности: в растворе Na_2SO_4 — зола > известняк > кварц; в растворе MgSO_4 — известняк > зола > кварц; определены рациональные диапазоны дозировок (40–70 %) для достижения $K_{\text{ст}}^{12} > 0,8$. Показано, что модифицированные бетоны ($\rho \approx 262 \text{ кг/м}^3$) превосходят по стойкости составы с большим расходом цемента ($\rho \approx 380 \text{ кг/м}^3$) на 0,1–0,4 пункта $K_{\text{ст}}^{12}$, что придает работе высокую научно-практическую ценность и оригинальность инженерного решения.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Теоретическая значимость. Работа отражает целостную картину сульфатной и сульфатно-магнезиальной коррозии бетонов с низким расходом вяжущего. Уточнена зональность послойного разрушения и сопряжена с фазовым составом продуктов коррозии (CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, гипс, гидросульфоалюминаты, MSH) и морфогенезом этtringита, чья форма и размерность показаны как функции от типа агрессивной среды, глубины фронта и активности наполнителя. Введен физически обоснованный кинетический показатель — «время до устойчивого снижения скорости УЗ-сигнала» — как показатель смены доминирующих процессов (кольматация/уплотнение → микротрещинообразование). Сформулированы правила аппроксимации (степенная модель — твердение в воде; полиномиальная — в агрессивных средах) и критерии интерпретации кривых, что расширяет теоретический инструментарий оценки долговечности.

Практическая значимость. Предложен подход к проектированию коррозионностойких составов при низком расходе вяжущего посредством ввода 20–70% тонкодисперсных наполнителей (взамен части заполнителя) и водоредуцирующих добавок. Разработаны «карты выбора» минеральных наполнителей и их дозировок для конкретного типа агрессии (растворы $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{MgSO}_4$), обеспечивающие достижение $K_{\text{ст}}^{12} > 0,8$ при пониженном расходе цемента. Создана прикладная методика УЗ-мониторинга, снижающая трудоемкость исследований, отработаны критерии и алгоритмы УЗ-диагностики. Разработаны нормативно-технические материалы (СТО, регламент). Показан экономический и экологический эффект (продление межремонтных интервалов, утилизация золы-уноса и рециклированных заполнителей), подтверждающий готовность решений к промышленной масштабируемости.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационного исследования, выводы и рекомендации, сформулированные автором, свидетельствуют о возможности их применения на предприятиях по производству бетонных изделий и конструкций. Теоретические положения

диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований могут быть рекомендованы для внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство».

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

В процессе обсуждения работы сделаны следующие замечания.

1. В работе заявлено повышение коррозионной стойкости бетона, однако для железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, критически важно также оценить воздействие модификаторов (особенно золы-уноса, которая может содержать хлориды) на пассивацию арматуры. Этот аспект в исследовании не рассмотрен, что снижает полноту практических рекомендаций.

2. В работе не приведены сведения о калибровке прибора, количестве измерений на одном образце, статистической обработке для оценки воспроизводимости. Хотя общий подход убедителен, отсутствие этих данных затрудняет воспроизведение методики другими исследователями.

3. Могут ли заявленные «расщепленные» и «сферолитовые» формы этtringита быть количественно описаны (распределения длины/диаметра)?

4. В п. 3.2 сделан вывод о том, что «коэффициент стойкости не всегда позволяет адекватно судить о развитии коррозии», однако итоговое сравнение составов основано как раз на сравнении коэффициентов стойкости (рисунок 5.14).

5. В тексте имеются отдельные стилистические погрешности и повторы, не снижающие, однако, общего научного уровня работы.

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки диссертационной работы Данилова Дмитрия Юрьевича.

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

Диссертационная работа Данилова Дмитрия Юрьевича является самостоятельно выполненной актуальной научно-квалификационной работой. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие получение сульфатостойких бетонов с низким расходом вяжущего.

Основные результаты обсуждались на научных конференциях, опубликованы в 12 научной публикации, в том числе 4 статей в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз, рекомендованных ВАК РФ; получен патент РФ на изобретение.

Указанные решения имеют существенное значение для развития строительного материаловедения. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с существующими требованиями. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа полностью отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Данилов Дмитрий Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Я, Самченко Светлана Васильевна, даю согласие на включение моих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Даниловым Дмитрием Юрьевичем, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор технических наук (специальность
05.17.11 – Технология силикатных и
тугоплавких неметаллических материалов),
профессор, заведующий кафедрой
строительного материаловедения
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный
университет»

Самченко
Светлана Васильевна

«18» сентября 2026 г.

129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Телефон: +7 (495) 287-49-14

E-mail: samchenko@list.ru, SamchenkoSV@mgsu.ru

Личную подпись официального оппонента Самченко Светланы Васильевны удостоверяю:



НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ

Т. И. ЧЕРЕПОВА