

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ЯГТУ,

к.э.н., доцент,

Степанова Е.О.



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный технический университет» на диссертационную работу Евсякова Артема Сергеевича на тему «Исследование влияния кольматации на массообменные процессы, протекающие при жидкостной коррозии цементных бетонов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство)

Актуальность тематики исследований

Актуальность тематики исследований Евсякова Артема Сергеевича не вызывает сомнений, так как бетонные изделия широко используются в строительстве для возведения зданий и сооружений, а продление срока их эксплуатации позволит народному хозяйству экономить большое количество денежных средств. Таким образом, очень важно понимать причины возникновения коррозии строительных материалов, выявлять факторы, влияющие на этот сложный процесс, устанавливать и обобщать закономерности массопереноса в бетоне под воздействием различных сред.

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

Выбранные для исследований среды, содержащие хлорид-ионы, являются агрессивными по отношению к бетону и способствуют быстрому развитию коррозионных процессов строительных материалов.

Устойчивость бетона к проникновению агрессивной среды в первую очередь определяется проницаемостью бетона. Кольматация пор играет положительную роль, поскольку снижение проницаемости цементного бетона вследствие осаждения в порах нерастворимых продуктов коррозии приводит к замедлению коррозионных процессов. При недостаточной плотности бетона облегчается диффузия агрессивных агентов в его толщу, что существенно ускоряет процесс нейтрализации цементного камня и может явиться причиной преждевременной потери его прочности и, как следствие, разрушения. Весьма эффективным средством замедления проникновения

агрессивных частиц за счет кольматации пор и капилляров бетона являются добавки-гидрофобизаторы.

Все вышеизложенное дает основание утверждать, что тема научных исследований, сформулированная в диссертации, является актуальной. Диссертационная работа Евсякова А.С. установлению закономерностей протекания массообменных процессов при жидкостной коррозии цементных бетонов с учетом влияния кольматации.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка и приложений; изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 11 таблиц и список литературы из 273 наименований.

Общая характеристика работы

Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором выполнен литературный обзор по теории и практике коррозии бетона, рассмотрены явление и теория процесса кольматации и перспективы применения кольматации пор для управления процессами коррозии бетонов, определены задачи исследования.

Во второй главе автором описаны применяемые методы и методики определения изменений физико-химических свойств как агрессивных сред, так и исследуемых модельных образцов капиллярно-пористого тела из фторопластовых мембран, а также гидрофобизированного цементного камня.

В третьей главе проведена разработка математической модели коррозии цементных бетонов с учетом кольматации пор и капилляров. Математическая модель кольматации пор бетона основана на уравнениях массопереноса и позволяет оценивать глубину коррозионных повреждений бетонов в средах различной степени агрессивности. Получены уравнения для определения скорости продвижения зоны кольматации и толщины слоя кольматанта при коррозии бетона для случаев линейного и экспоненциального изменения коэффициента массопроводности во времени. Установлена зависимость скорости закупоривания пор и капилляров и толщины слоя осадка от изменения характеристик массопереноса с учетом порозности слоя кольматанта.

В четвертой главе проведена апробация разработанной математической модели кольматации пор цементных бетонов натурным экспериментом. Экспериментально исследовано развитие процессов массопереноса, протекающих в капиллярно-пористом теле при жидкостной коррозии. Определены показатели массопереноса и скорости кольматации при жидкостной коррозии капиллярно-пористого тела. Проведены исследования по изучению влияния гидрофобизирующих добавок на кинетику жидкостной коррозии цементных бетонов в хлоридсодержащей среде. Определены параметры массопереноса (коэффициенты

массопроводности и массоотдачи), позволяющие судить о влиянии естественной и искусственной кольматации пор на торможение массообменных процессов в цементных бетонах при жидкостной коррозии. Разработаны рекомендации по управлению коррозионной деструкцией цементных бетонов при жидкостной коррозии с помощью кольматации пор.

В заключении приведены основные результаты работы. Особое внимание уделено внедрению практических рекомендаций в процесс экспертизы на предприятиях.

Научная новизна и обоснованность основных результатов работы

Соискателем выполнен большой объем теоретических и экспериментальных исследований, что повышает уровень достоверности полученных результатов. Достоверность результатов работы обеспечивается проведением экспериментов на современном исследовательском оборудовании с достаточной воспроизводимостью результатов, применением стандартных методик, обеспечивающих достаточную точность полученных результатов.

Научная новизна диссертационных исследований Евсякова Артема Сергеевича заключается в следующем:

- на основании анализа современного состояния проблемы коррозии бетонов в жидких хлоридсодержащих средах выдвинута гипотеза о возможности управления скоростью коррозии бетонов с помощью кольматации пор;

- представлена математическая модель, описывающая скорость продвижения зоны осаждения продуктов коррозии в зависимости от условий протекания процесса коррозии;

- получены графические зависимости скорости продвижения зоны кольматации и толщины слоя продуктов коррозии при установленной порозности слоя для случаев линейного и экспоненциального изменения коэффициента массопроводности во времени;

- проведена апробация разработанной математической модели кольматации пор цементных бетонов натурным экспериментом, в результате которого получена информация об элементном составе поверхности образцов после воздействия жидкой среды, позволяющая судить о степени агрессивного воздействия.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Представленная математическая модель кольматации пор бетона при жидкостной коррозии позволяет рассчитать динамику распространения зоны кольматации по толщине бетона. Математическая модель дает возможность оценивать глубину коррозионных повреждений бетонов в средах различной степени агрессивности. Полученные представления о кинетике и динамике массопереноса с учетом кольматации пор бетона в случае жидкостной коррозии могут быть использованы для управления процессами деструкции

цементных бетонов с целью обеспечения требуемой долговечности и для прогнозирования срока службы бетонных изделий или конструкций.

На основании выполненных исследований разработаны практические рекомендации по управлению коррозионной деструкцией цементных бетонов при жидкостной коррозии с помощью кольматации пор для повышения коррозионной стойкости выпускаемых изделий, которые внедрены ОАО Проектное-строительное предприятие «СевКавНИПИагропром» при проектировании строительства объектов сельскохозяйственного назначения в Северо-Кавказском федеральном округе.

Практические рекомендации, направленные на повышение коррозионной стойкости бетонных и железобетонных конструкций, были использованы при проведении экспертизы промышленной безопасности строительных материалов и изделий объектов предприятий опасных производств и других промышленных объектов ООО «Научно-производственное предприятие ЭНЕРГОСЕРВИС». Внедрение результатов научных исследований и предложенных мероприятий при проведении экспертизы строительных объектов позволяет повысить уровень их промышленной безопасности в соответствии с Федеральным законом N 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Введение гидрофобизаторов, согласно рекомендациям, представленным в диссертационном исследовании, позволяет повысить коррозионную стойкость бетонов и увеличить срок безремонтной службы бетонных изделий в 1,5 раза. Результаты научных исследований внедрены в практическую строительную деятельность и использованы для повышения коррозионной стойкости выпускаемых изделий ООО «ХолодБизнесГрупп».

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований используются в учебном процессе кафедры естественных наук и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «ИВГПУ» при проведении лекционных и лабораторных занятий для обучения магистрантов направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» магистерская программа «Антикоррозионная защита оборудования и сооружений» по дисциплинам: «Методы исследования коррозионных процессов оборудования и сооружений», «Физико-химические основы коррозии», «Моделирование процессов коррозии».

Основные положения диссертационной работы прошли широкую апробацию. Результаты научных исследований Евсякова А.С. отражены в 8 докладах, сделанных в ходе работы научно-технических конференций, форумов и круглых столов. Евсяковым А.С. опубликовано 16 работ, в том числе в изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus, опубликованы 3 статьи; в изданиях, включенных в международную базу цитирования WebofScience, опубликована 1 статья; в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, опубликованы 3 статьи.

Рекомендации по практическому использованию результатов диссертационной работы.

Результаты проведенных исследований могут быть применены на предприятиях строительной индустрии, производящих сборные железобетонные изделия, в том числе для их эксплуатации в агрессивных средах.

Поскольку диссертация имеет прикладной характер, а ее результаты и выводы обладают практической значимостью, целесообразно использовать их по прямому назначению, то есть при проектировании, строительстве и реконструкции объектов сборного и монолитного железобетонного строительства, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Выполнение приведенных в работе рекомендаций позволит не только увеличить срок безремонтной службы бетонных изделий в , но и способствовать увеличению сферы применения данных изделий и конструкций.

Оценка содержания диссертации

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

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Согласно стр. 7 автореферата «исследование массообменных процессов, протекающих в пористой структуре цементного бетона при жидкостной коррозии, ... проводилось на образце из ... фторопластовых мембран МФФК-5». При этом во второй главе (стр. 51) работы отмечено, что такая мембрана является композиционной **гидрофобной**. Такой выбор модельного материала является сомнительным, поскольку очевидно, что цементный камень в бетоне является гидрофильным. Следовательно, при исследовании массообменных процессов в условиях такого эксперимента не учитываются параметры смачивания поверхности жидкой фазой. Кроме того значительная часть водного раствора поровой жидкости распределяется в бетоне в виде пленок, адсорбционно связанных с кристаллической фазой внутренних стенок пор, и это может оказать влияние на процессы диффузии растворенных веществ внутри поровой жидкости.

2. Из представленных в работе материалов (третья глава диссертации) не становится понятным, учитывались ли при составлении математической модели изменения связанные с различием в плотности исходных продуктов коррозионного процесса в виде твердой фазы гидроксида кальция (портландита) и образующегося кольматанта. Известно, что портландит обычно представлен в составе цементного камня в виде плотных крупных кристаллов, а гидроксид магния – гелеобразной массой. Таким образом, протекание рассматриваемой коррозионной реакции неизбежно будет означать и изменение состояния внутренней поверхности стенок пор, и перераспределение твердой фазы в объеме цементного камня. Это во многом и определяет как развитие коррозионного процесса снижения прочностных

свойств бетона, так и возможность кольматации пор образующимся гидроксидом магния.

3. Представленное автором на стр. 15 автореферата и стр. 104 диссертационной работы утверждение о том, что «примером кольматации пор бетонов является объемная гидрофобизация посредством введения гидрофобизирующих добавок в цементный раствор на стадии изготовления» представляется достаточно спорным. Согласно представленной в работе модели основным механизмом уменьшения массопереноса является закупорка пор кольматирующим веществом, в то время как гидрофобизирующий компонент при таких условиях является частью самого цементного камня. Механизм его влияния, вероятно, в основном будет определяться уменьшением смачивания внутренней поверхности стенок пор с торможением проникновения жидкой фазы в них за счет блокирования капиллярного эффекта.

4. Некоторые принятые в диссертации наименования не соответствуют принятой в строительстве терминологии. Так «коэффициент массоотдачи» в ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии» называется коэффициентом фильтрации.

5. Не указано, какие бетонные конструкции были изготовлены и как они были испытаны для установления увеличения безремонтного периода эксплуатации в 1,5 раза (с. 113, 149). Отсутствуют результаты мониторинга этих конструкций.

Вместе с тем, указанные замечания не влияют на общее положительное впечатление от работы; выполненные исследования изложены в логической последовательности, подтверждены экспериментально.

Заключение о соответствии диссертации «Положению о присуждении ученых степеней»

По тематике, предмету, научной новизне и методам исследования диссертация Евсякова Артема Сергеевича соответствует паспорту специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство) в части п.1. «Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка, технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности»; п.5. «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и процессов и оценки их экономической эффективности и ресурса».

В соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.) диссертационная работа Евсякова Артема Сергеевича оценивается как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи по повышению долговечности бетона при жидкостной коррозии с помощью кольматации пор.

Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

По объему, новизне и значимости полученных результатов диссертационная работа Евсякова Артема Сергеевича на тему: «Исследование влияния кольматации на массообменные процессы, протекающие при жидкостной коррозии цементных бетонов» удовлетворяет требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Евсяков Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Диссертационная работа и отзыв на диссертацию заслушаны, обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Технологии строительного производства» 26 мая 2021 г., протокол № 6.

Заведующий
кафедрой
«Технологии
строительного
производства»



к.т.н., Абрамов Михаил
Андреевич

Секретарь
заседания



к.х.н., Доброхотов Владимир
Борисович.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный
технический университет»
(ФГБОУ ВО «ЯГТУ»)
150023, г. Ярославль,
Московский пр., д. 88
<http://ystu.ru>
+7 (4852) 44-15-30
rector@ystu.ru