

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Евсякова Артема Сергеевича

**«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)**

На оппонирование представлены:

Диссертационная работа Евсякова А.С., изложенная на 154 страницах машинописного текста, содержащая 11 таблиц, 39 рисунков и список литературы из 273 наименований отечественных и зарубежных изданий. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 7 приложений.

Автореферат, изложенный на 21 странице.

Актуальность темы диссертационного исследования

Тематика диссертационной работы Евсякова А.С. чрезвычайно актуальна, так как долговечность бетонных сооружений во многом зависит от интенсивности коррозионных процессов при длительном контакте их с коррозионными средами. Данная работа является продолжением теоретических и экспериментальных исследований процессов массопереноса, протекающих в цементных бетонах при коррозии, активно развиваемого в рамках деятельности научной школы академика РААСН С.В. Федосова.

Проведенные экспериментальные исследования кинетики коррозионных процессов, протекающих в поровой структуре бетона, с целью прогнозирования долговечности и надежности строительных конструкций являются актуальными как с научной, так и с практической точек зрения. Результаты исследования скорости коррозии гидрофобизированного бетона в агрессивной хлоридсодержащей среде подтверждают необходимость разработки модели кольматации и определения параметров массопереноса, использование которой позволит использовать процесс кольматации пор в предотвращении распространения фронта коррозии вглубь бетона.

Научная новизна, достоверность и обоснованность основных выводов

Научная новизна диссертационной работы Евсякова Артема Сергеевича заключается в следующем: разработана 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.

Исследования проводились с применением современных физико-химических методов, позволяющих получать достоверные экспериментальные данные. Для определения содержания катионов кальция в воде использовался комплексометрический метод объемного анализа, водородный показатель в воде определялся электрометрическим методом измерения, определение содержания хлорид-ионов проводилось согласно методике фототурбидиметрического анализа, описанной в ГОСТ 10671.7-2016. Исследование поверхности мембран, из которых был составлен модельный образец капиллярно-пористого тела, проводилось при помощи сканирующего электронного микроскопа VEGA3 SBH. Для проведения коррозионной стойкости бетонов использовался «Прибор для исследования процессов коррозии строительных материалов», защищенный патентом на полезную модель, разработанный в рамках научной школы академика РААСН С.В. Федосова. Марку бетона по водонепроницаемости определяли согласно методике, изложенной в патенте РФ № 2187804 и МИ 2625-2000 «Рекомендация ГСИ. Материалы цементные. Методика выполнения измерений водонепроницаемости ускоренным методом».

Все это свидетельствует о высоком уровне проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований и достоверности полученных результатов.

Общая характеристика работы

Диссертация выполнена в классическом стиле.

Во введении соискателем обоснована актуальность выбранной тематики исследования, сформулирована цель, поставлены задачи исследования, приведены научная новизна и практическая значимость работы, методология и методы исследования, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе выполнен достаточно квалифицированный литературный обзор по теории и практике коррозии бетонов, представлены общие положения и физические аспекты процесса кольматации с анализом 273 как отечественных, так и иностранных литературных источников. Показаны процессы, происходящие при жидкостной коррозии бетонных изделий, причины их возникновения и факторы,

влияющие на развитие коррозионных процессов бетона. Описаны явление кольматации и перспективы ее применения для управления процессами коррозии бетонов.

Вторая глава посвящена подробному описанию вышеупомянутых методов и методик определения изменений физико-химических свойств, как агрессивных сред, так и исследуемых образцов: цементного камня и модельного капиллярно-пористого тела из фторопластовых мембран.

В третьей главе описаны основы физики явлений массопереноса в системе «бетон – жидкая агрессивная среда». Проведена постановка математической задачи моделирования кольматации пор бетона при коррозии. На основе разработанной математической модели получены графические результаты расчета скорости кольматации и продвижения слоя кольматанта по толщине бетона в зависимости от коэффициента массопроводности, массообменного критерия Фурье и порозности слоя осадка. Представленная модель кольматации позволяет прогнозировать скорость коррозии цементных бетонов с учетом движения фронта кольматации и толщины слоя кольматанта. Математическое моделирование дает возможность использовать явление кольматации пор бетона для предотвращения развития коррозионных процессов в дальнейших экспериментальных исследованиях.

В четвертой главе проанализированы результаты физико-химических исследований жидкой и твердой фаз, позволяющие судить об изменениях, произошедших в капиллярно-пористом теле вследствие воздействия жидких хлоридсодержащих сред. Качественный и количественный анализ образца, состоящего из мембран, подтвердили гипотезу о предотвращении поступления агрессивной среды вглубь капиллярно-пористого тела вследствие образования в его порах слоя кольматанта при жидкостной коррозии в хлоридсодержащих средах. При помощи разработанной математической модели кольматации пор цементных бетонов при жидкостной коррозии определены значения скорости кольматации и толщины слоя кольматанта в исследуемом образце. Полученные при обработке экспериментальных данных значения находятся в рассчитанных по математической модели интервалах значений соответствующих величин, изменяющихся по толщине образца по экспоненциальной зависимости. Установленные значения скорости кольматации цементного бетона при жидкостной коррозии в 2 %-ом растворе $MgCl_2$ и толщины слоя кольматанта соответствуют прогнозируемым с помощью математического моделирования значениям соответствующих величин, что позволяет судить об адекватности разработанной модели кольматации пор цементных бетонов. Произведен расчет скорости кольматации гидрофобизированных цементных бетонов марки по

водонепроницаемости W8 и толщины слоя кольматанта при жидкостной коррозии в 2 %-ом растворе $MgCl_2$. Вид полученных кривых соответствует рассчитанным по математической модели зависимостям, что позволяет применять разработанную модель кольматации для описания массообменных процессов, протекающих при жидкостной коррозии гидрофобизированных цементных бетонов.

Внедрение результатов диссертационного исследования Евсякова А.С. на трех предприятиях (ОАО Проектное-строительное предприятие «СевКавНИПИАгропром», ООО «Научно-производственное предприятие ЭНЕРГОСЕРВИС» и ООО «ХолодБизнесГрупп») свидетельствует о том, что работа является актуальной и востребованной. Практическая значимость работы подтверждена актом внедрения результатов научных исследований в ООО «ХолодБизнесГрупп», согласно которому с помощью искусственной кольматации пор посредством введения гидрофобизирующих добавок возможно повысить коррозионную стойкость разработанных бетонов и, как следствие, срок безремонтной службы бетонных изделий в 1,5 раза.

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», что подтверждается актом о внедрении.

Замечания по диссертации

По диссертационной работе возникло несколько вопросов и замечаний:

1. В качестве гидрофобизатора в работе использовался стеарат кальция, вводимый в количестве 0,7% от массы цемента, что обеспечивало получения бетона с маркой по водонепроницаемости W8. При этом, на мой взгляд, было бы крайне интересно провести анализ модельных и экспериментальных исследований влияния кольматации на массообменные процессы, протекающие при жидкостной коррозии цементных бетонов, полученных при использовании других видов гидрофобизирующих добавок.

2. В главе 2 указано, что использованные при проведении массообменных процессов, протекающих в пористой структуре цементного бетона при жидкостной

коррозии с учетом процесса кольтматации, фторопластовые мембраны МФФК-5 характеризуются общей пористостью 80-85%, средний размер пор – 0,8 мкм. Чем обоснован выбор именно данного вида модельных элементов?

3. На рис. 4.2 диссертации приведены снимки поверхностей всех 30 мембран, используемых при проведении модельных испытаний на проницаемость, сделанных (за исключением №2) с одним увеличением. При этом наблюдаются значительные различия полученных изображений в зависимости от порядкового номера мембраны. Чем это вызвано?

4. На рис. 3 автореферата и 3.5 диссертации приведены примеры трех частных случаев изменения коэффициента массопроводности во времени (без изменения, а также изменения по линейной и экспоненциальной зависимостям), исходя из предположения, что $k_{в0} = 4,11 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$. При этом не совсем понятна целесообразность введения в экспоненциальное уравнение (3.43) диссертации (уравнение (6) автореферата) коэффициента A_1 (судя по работе, экспериментально определяемого), приводящего к повышению коэффициента массопроводности в начальный момент времени. Не приведены числовые значения коэффициентов A_0, A_1 и B_1 уравнений (3.42) и (3.43), а также комментарии по поводу их выбора.

5. В диссертации встречаются стилистические неточности и опечатки, в том числе в ссылках на рисунки в диссертации, двух рисунков номер 2 в автореферате, употреблении марки цемента взамен классов и др.

Сделанные замечания не ставят под сомнение основные результаты и выводы диссертационной работы и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

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

Диссертация Евсякова Артёма Сергеевича представляет собой самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, является комплексным теоретическим и экспериментальным исследованием массообменных процессов, происходящих в поровой структуре цементных бетонов, имеющих несомненную научную новизну и большую практическую значимость.

Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 16 научных работах, из которых 3 статьи проиндексированы в международной базе цитирования Scopus, 1 статья – в Web of Science; 3 статьи входят в издания, включенные в перечень ВАК РФ. Основные результаты работы были доложены на международных, всероссийских и региональных научно-технических конференциях и семинарах.

Диссертация написана грамотным литературным языком, хорошо читается. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

В связи с вышеуказанным считаю, что диссертационная работа Евсякова Артёма Сергеевича полностью отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор
(05.23.05 – Строительные материалы и изделия),
профессор кафедры
«Строительные конструкции»

Низина
Татьяна Анатольевна

24.05.2021

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»
430005, Республика Мордовия,
г. Саранск, ул. Большевикская, 68
Тел.: 8(8342) 47-71-76, e-mail: nizinata@yandex.ru

