

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
Красильниковой Ирины Александровны
«Исследование влияния температуры на динамику и кинетику
массообменных процессов при жидкостной коррозии первого вида
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 Красильниковой И.А., изложенная на 170 страницах машинописного текста, содержащая 9 таблиц, 42 рисунка и список литературы из 195 наименований отечественных и зарубежных изданий. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и 3 приложений.

Автореферат, изложенный на 18 страницах.

Актуальность темы диссертационного исследования

Тематика диссертационного исследования Красильниковой И.А., посвященного установлению закономерностей массообменных процессов при жидкостной коррозии цементных бетонов первого вида с учетом изменений температурных условий эксплуатации строительных конструкций, без сомнений, актуальна. Долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций во многом зависит от интенсивности коррозионных процессов при длительном контакте их с агрессивными средами, что подтверждается активными исследованиями в данном направлении. Выбранная для исследований водная среда является достаточно распространенной эксплуатационной средой, которая порождает в цементном бетоне массообменные процессы различной интенсивности.

Разработка математической модели массопереноса при жидкостной коррозии первого вида с учетом влияния температуры на кинетику и динамику процесса, а также ее внедрение в практику расчета строительных конструкций позволит более точно на любом временном этапе определять изменение концентрации «свободного гидроксида кальция» в порах бетона, а, следовательно, и устанавливать период гарантированной безопасной эксплуатации конструкции. 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.

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

Автором изучен современный уровень развития науки в области коррозии бетона и математического моделирования процессов массопереноса, протекающих при его эксплуатации. Это позволило проанализировать достижения в данной области, сформулировать цель работы и решаемые для ее достижения задачи.

Разработанная автором физико-математическая модель неизотермического массопереноса в процессах коррозии первого вида в системе «цементный бетон – жидкость» базируется на физико-химических представлениях о существовании процессов, протекающих в бетоне при его эксплуатации. На основе этих представлений в работе сформулирована математическая задача, описывающая процессы массопереноса в бетоне при его эксплуатации в условиях изменения температуры среды и свойств бетона, решенная диссертантом с помощью комбинированного подхода, реализующего одновременно численный и аналитический методы (метод «микропроцессов» и метод интегрального преобразования Лапласа).

Для реализации модели в диссертации установлены эмпирические зависимости коэффициентов массопроводности и массоотдачи от температуры и концентрации переносимого компонента, использование которых при численном эксперименте подтвердило достоверность получаемых с их помощью данных и работоспособность математической модели. Численный эксперимент поставлен с использованием методов математического моделирования процессов, апробированных в теории тепломассопереноса. Проведенный эксперимент показал адекватность развитой в работе математической модели реальному процессу.

Все вышеизложенное позволяет констатировать, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в достаточной мере обоснованы.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных диссертантом теоретических положений обеспечена проведением исследований с использованием методов математического моделирования процессов, подтверждается результатами экспериментальных исследований, которые согласованы с известными научными теориями процессов коррозии.

Научная новизна диссертационной работы Красильниковой Ирины Александровны заключается в следующем:

- для бетонных и железобетонных конструкций, подверженных жидкостной коррозии первого вида, сформулирована краевая задача неизоотермического массопереноса в системе «цементный бетон – жидкость» на основе нелинейного дифференциального уравнения массопроводности параболического типа с произвольным видом функции начального распределения концентраций и комбинированными граничными условиями первого, второго и третьего рода;

- с помощью комбинированного подхода, реализующего численно-аналитические методы (метод «микропроцессов» и метод интегрального преобразования Лапласа), краевая задача нестационарного массопереноса с переменными массообменными характеристиками сведена к системе краевых задач с кусочно-линейной аппроксимацией параметров процесса в зависимости от температуры и концентрации переносимого компонента;

- получены аналитические решения задачи нестационарного неизоотермического массопереноса в процессах коррозии бетона I вида для системы «цементный бетон – жидкость», позволяющие рассчитывать концентрации целевого компонента в твердой фазе, тем самым прогнозировать динамику и кинетику деструктивных процессов цементных бетонов;

- на базе полученных экспериментальных данных установлены эмпирические зависимости коэффициентов массопроводности и массоотдачи от температуры и концентрации переносимого компонента.

Исследования проводились с применением современных физико-химических методов, позволяющих получать достоверные экспериментальные данные. Анализ динамики и кинетики развития процессов коррозии проводился до и после воздействия водной среды методами дифференциально-термического анализа, инфракрасной Фурье-спектрометрии, комплексонометрии, а также других исследований, позволяющих судить об изменениях, произошедших в цементном камне и жидкости в результате их взаимодействия.

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

Значимость полученных автором результатов для науки и практики

Теоретическая и практическая значимость работы определяется ее востребованностью и завершенностью. Представленная в диссертационном исследовании Красильниковой И.А. физико-математическая модель

неизотермического массопереноса «свободного гидроксида кальция» в процессах жидкостной коррозии бетона первого вида позволяет рассчитывать динамику полей концентраций «свободного гидроксида кальция» по толщине бетонной конструкции. Кроме этого получены послойные кинетические зависимости средних концентраций и градиентов концентраций, что в совокупности дает возможность оценить интенсивность процесса коррозии бетона первого вида.

Полученные эмпирические зависимости коэффициентов массопроводности и массоотдачи от температуры и концентрации переносимого компонента позволяют применять разработанную математическую модель в расчетах долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Проведенное сравнение рассчитанных теоретически и полученных экспериментально данных показало адекватность разработанной математической модели реальному физическому процессу.

Внедрение результатов исследований и разработок позволило выявить причины неоднородности прочностных характеристик бетона в железобетонных конструкциях, длительное время эксплуатируемых в водной или грунтовой среде с циклическими изменениями температуры, определять изменение прочностных характеристик бетона в любой момент эксплуатации конструкции; разработать эффективные мероприятия по обеспечению долговечности повышению коррозионной стойкости бетонных и железобетонных конструкций, а также технических устройств и материалов. Разработанные автором диссертации научные исследования нашли свое практическое применение и внедрены при проектировании железобетонных конструкций градирни ООО «Геопроект», а также применялись при проведении обследований, капитальных ремонтов и реконструкциях, а также при проектировании новых зданий и сооружений, проводимых ООО «ИСО-Инжиниринг».

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 аналитические модели оценки долговечности бетона с анализом как отечественных, так и ино-

странных литературных источников. Описаны процессы, протекающие при жидкостной коррозии бетонных изделий, причины их возникновения и факторы, влияющие на развитие коррозионных процессов бетона.

Во второй главе диссертации описаны применяемые аналитические и численные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений массопереноса, описаны методы экспериментальных исследований кинетики и динамики жидкостной коррозии цементных бетонов первого вида.

В третьей главе представлена физико-математическая модель нестационарного неизотермического массопереноса в процессах жидкостной коррозии цементных бетонов первого вида при произвольном начальном распределении концентраций и комбинированных граничных условиях.

В четвертой главе излагаются результаты физико-химических исследований твердой и жидких фаз, позволяющие судить об изменениях, произошедших в структуре цементного камня под воздействием реакционной среды, установлены эмпирические зависимости параметров процесса от температуры и концентрации переносимого компонента.

В пятой главе приведены результаты расчетов на основе разработанной математической модели неизотермического массопереноса «свободного гидроксида кальция» в процессах коррозии бетона первого вида железобетонных конструкций градирни, эксплуатируемой с циклически меняющимися (в течении года) температурными условиями внешней среды.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы, представляющие научную и практическую ценность.

Внедрение результатов диссертационного исследования Красильниковой И.А. осуществлено на двух предприятиях (ООО «ИСО-Инжиниринг» и ООО «Геопроект»), что свидетельствует об ее актуальности и востребованности.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе возникло несколько вопросов и замечаний:

1. Каким образом предложенный подход к оценке закономерностей массообменных процессов в цементных бетонах при жидкостной коррозии первого вида, экспериментальные оценки которого получены на образцах немодифицированного цементного камня, можно количественно перенести на реальные цементные бетоны, в том числе многокомпонентные (рядовые, высокопрочные, самоуплотняющиеся и т.д.). Какие показатели будет необходимо дополнительно определить для получения количественных оценок коррозионных процессов?

2. В пятой главе указано, что на основе разработанной математической модели неизо термического массопереноса «свободного гидроксида кальция» произведены расчеты с учетом циклически меняющихся (в течение года) температурных условий внешней среды эксплуатации. При этом никаких входных данных по изменению температуры внешней среды в течение исследуемого периода, используемых при расчете, не приведено. Хотелось бы уточнить что соискатель имеет ввиду под «температурными условиями внешней среды эксплуатации» – температуру окружающего воздуха (в диссертации указано на разницу температур в летний и зимний периоды) или температуру водной среды?

3. Считаю, что при расчете реальных конструкций достаточно большой толщины (в частности, толщина стенки градирни в диссертации составляла 50 см) следовало бы разделить элемент на большее число слоев, чтобы более обосновано использовать метод «микропроцессоров», согласно основному условию которого для каждого слоя «все параметры фаз считаются постоянными».

4. Соискателем предлагается для «защитного слоя» (предполагаю, что речь идет от внешнем слое, контактирующим с агрессивной средой) использовать бетон с повышенной водонепроницаемостью (W10) взамен бетона остальной части градирни (W4). Каким образом это планируется осуществить в реальном строительстве?

5. В работе встречаются смысловые погрешности, например, «после статической обработки данных» (стр. 133 диссертации, стр. 14 автореферата) и др., ссылки на устаревшие ГОСТ, синтаксические и орфографические ошибки.

6. В качестве рекомендации для дальнейшей работы необходимо отметить целесообразность создания и регистрации программного комплекса для ЭВМ, реализация которого позволила бы более широко использовать предлагаемый подход для количественной оценки массообменных процессов при жидкостной коррозии первого вида для цементных бетонов с учетом изменений температурных условий эксплуатации реальных конструкций.

Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о порядке присуждения ученой степени»

Диссертация Красильниковой Ирины Александровны представляет собой самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, является комплексным теоретическим и экспериментальным исследованием неизо термических массообменных процессов, протекающих в структуре цементных бетонов в процессе эксплуатации, имеющим несомненную научную новизну и

практическую значимость.

Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 17 научных работах, из которых 2 статьи проиндексированы в международной базе цитирования Scopus, 4 статьи входят в издания, включенные в перечень ВАК РФ. Основные результаты работы были доложены на международных, всероссийских и региональных научно-технических конференциях.

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

В связи с вышеуказанным считаю, что диссертационная работа Красильниковой Ирины Александровны полностью отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Правительством РФ 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи моделирования процесса массопереноса при коррозии цементных бетонов с целью прогнозирования долговечности и надежности строительных конструкций, имеющей важное значение для экономики строительной индустрии и смежных отраслей промышленности, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Официальный оппонент:

доктор технических наук

(05.23.05 – Строительные материалы и изделия),

профессор, профессор кафедры

«Строительные конструкции»

Низина

Татьяна Анатольевна

22.04.2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»

430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68

Тел.: 8(8342) 47-71-56, e-mail: nizinata@yandex.ru

