

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный
университет»
доктор технических наук



Тер-Мартиросян А.З.

«26» декабря 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» на диссертационную работу **Корчунова Ивана Васильевича** на тему «**Влияние фазового состава и структуры цементного камня на его морозостойкость**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

1. Актуальность темы исследования

На современном этапе развития строительной индустрии одной из главнейших задач является обеспечение долговечности конструкций, которая может быть достигнута при комплексном подходе к подбору состава строительного материала и анализу как его физико-механических характеристик, так и прогнозированию его потенциально-возможных структурных преобразований и деформаций, возникающих в зависимости от условий эксплуатации. Рост строительного производства требует постоянного наращивания выпуска, разработки и применения новых эффективных строительных материалов, обладающих повышенными эксплуатационными показателями, в частности, морозостойкостью. В широком масштабе продолжают поиски способов улучшения качества и увеличение выпуска цементов при создании и внедрении малоотходных и безотходных технологий. В том числе за счет снижения содержания доли клинкера в выпускаемых марках цемента без ухудшения его качества.

В этом ключе, разработка составов специальных цементов, содержащих в своем составе ряд модификаторов минерального или органического происхождения и обладающих улучшенными строительно-техническими характеристиками (особенно, морозостойкостью), является весьма **актуальным** направлением исследований.

2. Структура и содержание работы

Для отзыва представлены автореферат и диссертация. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 152 страницах машинописного текста, включает 7 таблиц, 86 рисунка и 2 приложения. Список литературы включает 130 работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении представлено обоснование выбранной темы и её актуальность, поставлены цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также дана информация об апробациях результатов проделанной работы и публикациях по теме исследования и основных положениях, выносимых на защиту.

В первой главе автором дан обзор состояния науки и практики в области изучения различных факторов, влияющих на фазовый состав и структуру цементного камня. Показано, что слоистая структура фаз типа AF_m чувствительна к условиям твердения и составу второстепенных компонентов, в результате чего строение фаз может изменяться. Описаны основные причины разрушения бетонов, происходящие под действием циклического замерзания и оттаивания, происходящих на микро- и макроуровнях.

Во второй главе приведено описание и основные характеристики материалов, применяемых в исследовании, дано описание экспериментального оборудования и методов исследования структуры и свойств цементного камня.

В третьей главе описаны результаты исследования свойств портландцемента с добавками минерального и органического происхождения при твердении в нормальных условиях. Представлены результаты исследования состава, морфологии кристаллогидратов, образующихся при твердении композиционных вяжущих. Химическим и рентгенофазовым анализами цементов установлено, что при использовании тонкомолотых минеральных добавок к цементу удастся зафиксировать изменения состава продуктов гидратации алита и белита (портландит, гидросиликаты кальция) и трехкальциевого алюмината (фазы типа AF_m и AF_t). Так, в присутствии известняка наблюдается образование карбоалюминатов, а при добавлении доменного гранулированного шлака – уменьшение содержания портландита и увеличение доли этtringита. Добавка метаксаолин уменьшает содержание в цементном камне портландита и увеличивает долю гидроалюминатов и гидросиликатов различной основности.

В четвёртой главе разработаны составы цементов с добавками минерального происхождения, обладающих повышенной морозостойкостью. Доказано, что при замещении доли клинкера до 15 мас.%, морозостойкость цементного камня не ухудшается, а в некоторых случаях даже увеличивается. Для достижения описанного эффекта необходимо обеспечить высоко развитую удельную поверхность модификатора минерального происхождения, превосходящую $S_{уд}$ портландцемента и достигаемую при раздельном помоле. Помимо этого, необходимо совместное использование комплекса добавок органического происхождения пластифицирующего и воздухововлекающего действия. Установлено, что в трехкомпонентной системе $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O - CaSO_4 \cdot 2H_2O - CaCl_2$ основным продуктом реакции является кальцит, что обеспечивает стабильность фазового состава алюминатных фаз цементного камня с добавкой известняка при длительном взаимодействии с коррозионно-активными растворами хлоридов. Поэтому разрушение цементного камня с известняком происходит намного медленнее и обусловлено в первую очередь инертностью карбонатов к $NaCl$.

В пятой главе доказана возможность использования метода искусственной предварительной принудительной карбонизации бетона углекислым газом для повышения морозостойкости бетонных изделий. Показано, что при карбонизации цементного камня спустя 24 час с момента затворения с дальнейшим гидратационным твердением в течении 27 сут можно добиться увеличения марочной прочности материала с 67,5 МПа до 81,8 МПа, а также повысить его стойкость при переменном замораживании и оттаивании в

среде хлоридов (после 40 циклов прочность при сжатии изменилась незначительно, от 78,6 МПа до 72,5 МПа).

В шестой главе представлены результаты проверки результатов диссертационного исследования в строительной лаборатории ИЦ «Holcim», а также испытания опытно-промышленной партии изделий карбонатного твердения на основе бетонолома.

В заключении сформулированы общие выводы по результатам проведенных исследований, а также даны рекомендации и дальнейшие перспективы исследований в данном направлении.

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

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Для обоснования цели и задач исследований автор провел обширный анализ отечественной литературы по теме диссертационной работы, а также существенный объем зарубежных рейтинговых источников. Основное внимание автор уделяет влиянию структуры цементного камня на его стойкость в условиях переменного замораживания и оттаивания в среде хлоридов.

Достоверность результатов обеспечена большим объемом использованных современных физико-химических методов и высокоточных приборов, а анализ полученных с их помощью результатов свидетельствуют об обоснованности основных положений и выводов, сформулированных соискателем. Достоверность результатов диссертационной работы, выносимых на защиту, обоснована корреляцией теоретических предположений и полученных экспериментальных данных. Научные положения, представленные в диссертационной работе, обоснованы и не противоречат существующим положениям в области строительного материаловедения и смежных дисциплин. Заключение диссертационной работы в полной мере отражает основные результаты исследования и обосновывает пути дальнейшего развития темы.

4. Научная новизна

Установлены закономерности разрушения цементного камня при попеременном замораживании и оттаивании в растворах NaCl, заключающиеся в протекании циклических химических реакций между кристаллогидратами цементного камня, сопровождающихся процессами их перекристаллизации и объемными изменениями, приводящими к деструкции цементного камня.

Расчетным методом оценена возможность химического взаимодействия между гидратными фазами цементного камня в присутствии хлоридов; подробно изучены реальные трехкомпонентные системы и поля кристаллизации вторичных гидратных фаз цементного камня в зависимости от условий твердения.

Установлено, что использование поликарбоксилатных водоредуцирующих добавок приводит к стабилизации этtringита в поздние сроки твердения цементов; показано, что присутствие этtringита в цементном камне, подвергающемся попеременному замораживанию и оттаиванию, снижает вероятность образования вторичного этtringита и увеличивает морозостойкость цементного камня.

Научно обоснована и доказана целесообразность использования карбонатных дисперсных пород в качестве компонентов цементной системы для повышения морозостойкости цементного камня в коррозионной среде раствора хлоридов, что обусловлено их влиянием на гидратацию алюминатов кальция и образованием более стойкого в данных условиях карбоалюмината кальция.

Подтверждена возможность использования метода предварительной принудительной карбонизации бетона углекислым газом под давлением для повышения морозостойкости изделий из бетона.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Разработаны высокоэффективные составы цементов, содержащих модификаторы органического и минерального происхождения, позволяющие повысить морозостойкость бетонов в условиях эксплуатации при попеременном замораживании и оттаивании в коррозионно-активной среде хлоридов.

Установлена эффективность расчетного метода моделирования фазового состава цементного камня, основанного на принципе минимизации изобарно-изотермического потенциала Гиббса, применительно к двух- и трехкомпонентным системам.

Полученные в результате исследования представления о структуре и составе цементного камня с минеральными и химическими добавками расширяют возможности практического применения цементов с пониженным клинкер-фактором в условиях пониженных температур.

Установлено положительное влияние предварительной принудительной карбонизации бетона углекислым газом с целью повышения морозостойкости бетонных изделий, что при практическом внедрении может обеспечить увеличение срока службы мелкоштучных изделий строительного назначения, таких как пустотные строительные бетонные блоки и кирпичи, бордюрные камни, плитка, а также, при соблюдении особых условий защиты арматуры – заменить пропарку при производстве ЖБИ изделий.

Результаты настоящей работы использованы при проектировании установки карбонатного твердения в Испытательном центре Holcim. Полученная установка применена для получения прототипов мелкоштучных изделий строительного назначения по технологии автоклавной обработки в среде углекислого газа.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

В диссертационной работе обоснованы подходы к выбору эффективных способов получения цементов на основе композиционного материала с применением инновационных приемов направленного регулирования структуры на микро- и макроуровне путем ускоренной принудительной карбонизации, обладающих повышенной морозостойкостью в коррозионно-активных средах. Это позволило создать эффективный материал с высокими показателями физико-механических и эксплуатационных свойств.

Значимость результатов работы заключается в расширении существующих положений в области строительного материаловедения о возможностях направленного регулирования гидратационной структуры композиционных вяжущих на микроуровне с целью обеспечения заданных свойств, изготавливаемых из этих материалов изделий.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Предложенные в работе научно-технологические основы управления структурообразованием при получении композиционных вяжущих, обладающих повышенной морозостойкостью, могут быть использованы как методологическая база для проектирования портовых сооружений с использованием доступных цементов ненормируемого состава.

8. Замечания

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Каким образом в работе были построены трехкомпонентные диаграммы кристаллизации фаз?
2. В чем заключается роль процесса карбонизации при разработке бетонов повышенной морозостойкости и как можно это обеспечить на практике?
3. Как можно быть уверенным, что возникающие при попеременном замораживании и оттаивании колебания истинной плотности цементного камня не обусловлены погрешностью измерений? В действительности ли возникающие внутренние напряжения способны спровоцировать сброс физико-механических характеристик?
4. Какой способ модификации структуры с целью повышения морозостойкости материала является предпочтительным: использование карбонатных добавок или карбонизация?

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Корчунова Ивана Васильевича.

9. Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Корчунова Ивана Васильевича на тему «Влияние фазового состава и структуры цементного камня на его морозостойкость» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение научной задачи по разработке способов повышения морозостойкости цементов и бетонов в присутствии коррозионно-активной среды хлоридов. Работа обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют значение для развития отрасли знаний в области получения морозостойких бетонных изделий строительного назначения. Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции Правительства Российской Федерации), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Корчунов Иван Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры строительного материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», протокол заседания № 8 от «20» декабря 2023 г.

Доктор технических наук
(05.17.11 - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов),
профессор, заведующий кафедрой
строительного материаловедения ФГБОУ ВО
НИУ МГСУ



Самченко Светлана Васильевна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

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

Е-mail: kafSM@mgsu.ru Тел.: 8 (499) 183-32-29 Сайт: <https://www.mgsu.ru>



Получено Самченко С.В. заверяю

Начальник отдела
кадрового делопроиз-
водства УРП
А.В. ПИНЕГИН