

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор, ФГБОУ ВО

«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет», доктор  
технических наук



Тер-Мартirosян А.З.

« 12 » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» на диссертационную работу **Тхета Наинга Мьинта** на тему **«Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

### **1. Актуальность темы исследования**

Рост строительного производства требует постоянного наращивания выпуска, разработки и применения новых эффективных строительных материалов, обладающих высокими физико-механическими свойствами, повышенными эксплуатационными показателями и долговечностью. В широком масштабе продолжаются поиски способов улучшения качества цементов и увеличение выпуска цементов при создании и внедрении малоотходных и безотходных технологий.

В России и других странах выпускаются сульфатостойкие цементы, которые используются при строительстве объектов, подверженных коррозионному воздействию минерализованных вод. Однако объёмы их выпуска ограничены сырьевой базой. В Республике Союз Мьянма сульфатостойкие цементы не выпускаются и для строительства морских сооружений эти материалы приходится импортировать. В связи с этим разработка составов композиционных цементов на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава, обладающих повышенной коррозионной стойкостью, является весьма **актуальным**.

### **2. Структура и содержание работы**

Для отзыва представлены автореферат и диссертация. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста, включает 26 таблиц, 32 рисунка и 2 приложения. Список литературы включает 171 работу 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 улучшения технических свойств цемента. В литературе имеется множество исследований и рекомендаций по способам повышения коррозионной стойкости цементного камня и бетона. В основном, они содержат предложения по минералогическому составу клинкера и тонкости помола, а именно: уменьшить содержание трехкальциевого алюмината и алита в клинкере, увеличить дисперсность цемента, однако это связано с необходимостью использовать низкоалюминатное сырье и интенсификаторов помола для улучшения размалываемости, что повышает затраты в производстве. Также во многих работах рассматривается вопрос использования водоредуцирующих и минеральных добавок в цементе и бетоне для снижения пористости камня. В последнее время в литературе интенсивно обсуждается вопрос о возможности направленного воздействия на процесс структурообразования цемента при его твердении за счет введения компонентов, обеспечивающих при гидратации образование этtringитовых фаз и других аналогов продуктов гидратации портландцемента, что подчеркивает актуальность данного исследования. Углубленное изучение влияния сульфатированных минералов в сочетании с портландцементом при твердении в агрессивных средах представляется весьма важным.

**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 сульфоалюминатного клинкера и гипсового камня при твердении как в нормальных условиях, так и агрессивной среде. Представлены результаты исследования состава, морфологии кристаллогидратов, образующихся при твердении композиционных вяжущих. Химическим и рентгенофазовым анализами фракций цементов (менее 45 мкм, 45-80 мкм и более 80 мкм) установлено, что при совместном помоле портландцементного клинкера и сульфоалюминатного клинкера последний сосредотачивается в мелких фракциях цемента. Это приводит к быстрой гидратации частиц с образованием множества мелких кристаллов этtringита.

**В четвёртой главе** представлены результаты исследования свойств цементов с добавками сульфатированных клинкеров при совместном агрессивном воздействии хлоридов и сульфатов (морская вода). Введение в состав портландцемента сульфатированных клинкеров и гипса приводит к заметному увеличению скорости его твердения в морской воде, что связано с образованием дополнительного количества этtringита уже на ранних этапах процесса

гидратации за счет реакций между минералами сульфатированных клинкеров и гипсом.

Изучением прочностных характеристик композиционных цементов с добавками сульфожелезистых клинкеров установлено, что при их твердении в агрессивном растворе также наблюдается тенденция к повышению прочности камня (особенно при длительных сроках твердения). Это связано с уплотнением структуры твердеющего цемента и снижением скорости проникновения сульфат-ионов из агрессивного раствора вглубь цементного камня

**В пятой главе** представлены результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных на ОАО «Подольск-Цемент». Разработаны рекомендации по выпуску сульфатостойкого портландцемента на основе рядового клинкера с добавкой сульфалюмоферритного клинкера. Определена экономическая эффективность разработанного коррозионностойкого цемента в Республике Союз Мьянма взамен сульфатостойкого, импортируемого из других стран.

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 влианию структуры цементного камня на его стойкость в сульфатных средах.

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**

Научная новизна исследования состоит в том, что комплексом физико-химических методов доказана возможность получения композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью на основе портландцементных клинкеров

ненормированного состава посредством введения в их состав сульфатированных клинкеров, таких как сульфоалюминатный и сульфоалюмоферритный клинкера. Показано, что в разработанных композиционных цементах с удельной поверхностью  $S_{уд.} = 300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$ , полученных совместным помолом сульфатированных клинкеров и портландцементного клинкера ненормированного состава, сульфатированные минералы распределяются в тонких фракциях. Это способствует повышению их гидравлической активности в составе цемента и в совокупности ускоряет процессы его гидратации и твердения, что способствует образованию большого количества мелкокристаллических кристаллогидратов, устойчивых при длительном твердении и в воде, и при воздействии агрессивной среды. Установлено, что за счет формирования мелкокристаллических кристаллогидратов этtringита ( $l = 5-10 \text{ мкм}$ ) происходит формирование плотного, малопористого цементного камня ( $\Pi = 15-17\%$ ) с повышенной прочностью ( $R_{сж} > 40 \text{ МПа}$ ), что обуславливает повышенную коррозионную стойкость цементному камню ( $K_{ст} > 1,0$ ). Показано, что введение в состав мелкозернистого бетона разработанных композиционных вяжущих, позволяет повысить водонепроницаемость бетона на 2-3 марки (с W6 до W12).

## **5. Научная и практическая ценность диссертации**

Теоретическая значимость работы заключается в том, что дополнены теоретические представления о структурообразовании портландцемента в присутствии сульфатированных минералов, обеспечивающих раннее образование этtringитовых фаз, устойчивых при воздействии агрессивных сред на цементный камень и обеспечивающих формирование плотного коррозионностойкого цементного камня.

Практическая значимость работы заключается в том, что

- разработаны композиционные вяжущие на основе портландцементного клинкера ненормированного состава и сульфатированных клинкеров с повышенными показателями коррозионной стойкости ( $K_{ст} > 1,0$ );

- определены оптимальные составы коррозионностойкого композиционного цемента с содержанием портландцементного клинкера ненормированного состава в количестве 80-90 %, сульфатированных клинкеров – 5 - 10 % и гипса – 5 - 10 %;

- установлено, что применение сульфатированных клинкеров обеспечивает высокую плотность (снижение пористости камня более чем в два раза) и прочность камня (повышение прочности на сжатие на 80-100%) при длительном твердении в агрессивной среде;

- определены рациональные области применения коррозионностойкого композиционного цемента, показано, что при твердении в морской воде более 200 суток коэффициент стойкости близок к единице, это позволяет рекомендовать их для строительства портовых сооружений и объектов в прибрежной морской зоне.

## **6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки**

В диссертационной работе обоснованы подходы к выбору эффективных способов получения цементов с повышенной стойкостью в сульфатно-хлоридных средах на основе композиционного материала с добавками сульфатированных клинкеров с применением инновационных приемов направленного регулирования структуры на микро- и макроуровне. 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 коррозионной стойкостью, 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. В аналитическом обзоре излишне подробно описаны свойства обычного портландцемента (раздел 1.5). Следовало бы дать сведения о свойствах композиционных вяжущих, таких как напрягающие цементы

2. В главе 2 автор указывает метод определения водонепроницаемости по «мокрому пятну», а в разделе 4.7, стр. 106 использовался метод определения водонепроницаемости по воздухопроницаемости (ГОСТ 12730.5) Необходимо было сделать сравнительные испытания по этим двум методам.

3. В разделе 4.5 (определение тепловыделения) не совсем ясно, почему у цемента с добавкой сульфоалюминатного клинкера тепловыделение в первые сутки твердения меньше, чем у цементов с добавкой сульфоалюмоферритного клинкера (табл. 4.7), т.к. известно, сульфоалюминатный цемент обладает высокой экзотермией.

4. В работе изучены физические закономерности формирования структуры композиционных цементов при твердении в агрессивных растворах, но не рассмотрены вопросы морозостойкости цементного камня и бетона, а также формирование поровой структуры камня при отрицательных и низких положительных температурах.

5. В работе имеются опечатки и повторы. Рисунки с рентгенограммами (стр. 72) практически не читаемы. В разделе 5.2 автор указывает использование опытной партии коррозионностойкого бетона, но не приводит состав бетона.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Тхета Наинга Мьинта.

## 9. Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Тхета Наинга Мьинта на тему «Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), с учетом соответствия паспортам специальностей и Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Тхет Наинг Мьинт 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 заседании кафедры строительного материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» «29» ноября 2023 года. Протокол заседания № 7 от «29» ноября 2023 г.

Доктор технических наук  
(05.17.11 - Технология силикатных и  
тугоплавких неметаллических материалов),  
профессор, заведующая 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

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