

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора, доктора технических наук Саркисова Юрия Сергеевича на диссертационную работу автор **Тхет Наинг Мьинт** «Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Структура и содержание работы

Работа посвящена исследованию композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью в условиях сульфатной и хлоридной агрессии (морская вода) на основе портландцементного клинкера ненормированного состава и сульфатированных клинкеров. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, приложения, списка литературы, включающего 171 источник. Работа изложена на 137 страницах машинописного текста, включает 26 таблиц и 77 рисунков.

Актуальность темы исследования

Сегодня крайне необходимо строить быстро, качественно и надежно. Многие конструкции работают в условиях различного коррозионного воздействия окружающей среды. Поэтому требуются новые строительные материалы, которые бы характеризовались высокими физико-механическими свойствами, повышенными эксплуатационными показателями и долговечностью. При этом производство новых материалов должно быть материалоемко и энергоэффективно и не приводило к дополнительной нагрузке на окружающую среду.

Для создания коррозионностойких материалов следует использовать эффективные композиционные вяжущие материалы. В основном используют сульфатостойкие цементы нормированного состава, которые применяют при строительстве объектов, подверженных коррозионному воздействию минерализованных вод. Однако объёмы их выпуска ограничены сырьевой базой. И это справедливо не только по отношению к России, но и к другим странам.

В Республике Союз Мьянма сульфатостойкие цементы не выпускаются и для строительства морских сооружений эти материалы приходится импортировать. Поэтому разработка составов композиционных цементов на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава, обладающих повышенной коррозионной стойкостью, является весьма актуальным.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Для обоснования цели и задач исследования соискатель провёл анализ 171 источника (отечественных и зарубежных) по теме работы. Соискатель приводит анализ видов коррозионного воздействия окружающей среды на цементный камень и показывает, что в процессе эксплуатации изделия на основе портландцемента подвергаются воздействию различных физических и химических факторов, приводящих к коррозии цементного камня и сопровождающихся полной потерей или значительным снижением его прочностных свойств.

Скорость процесса коррозии цемента зависит как от вида коррозионного воздействия, так и от химико-минералогического состава и микроструктуры цемента. Скорость процесса коррозии замедляется, если цементный камень обладает плотной, малопористой структурой, замедляющей транспортные процессы, а также не содержащей в своем составе гидроалюминатов кальция и портландита, обладающих невысокой коррозионной стойкостью.

Введение в состав рядового портландцемента добавок позволяет не только повысить его прочность и скорость твердения, но и получить цементный камень с плотной, малопористой структурой за счет снижения содержания портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в затвердевшем цементе.

Автор делает вывод, что сульфатостойкость портландцемента можно повысить путем ввода в его состав добавок сульфатированных клинкеров. При гидратации этих клинкеров происходит образование этtringита и связывание портландита. Такие изменения позволяют повысить коррозионную стойкость цементного камня и получить коррозионностойкие цементы на основе цементов с добавками сульфоалюмоферритного цемента или клинкера. На основании этого автор формулирует основные направления исследований, обосновывает цель и задачи исследования.

Достоверность результатов обеспечена большим объемом экспериментального материала с применением современных физико-химических методов анализа с использованием сертифицированных лабораторных приборов и установок. Для определения строительно-технических свойств вяжущих композиций, деформационных и структурных характеристик цементного камня использовано большое число юстированных методов.

Научная новизна диссертационной работы 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 м²/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 ($l = 5-10$ мкм) происходит формирование плотного, малопористого цементного камня ($\Pi = 15-17\%$) с повышенной прочностью ($R_{сж} > 40$ 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).

Теоретическая и практическая значимость

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.

- проведено опытно-производственное апробирование результатов исследования, разработаны рекомендации по оптимальному вещественному составу и дисперсности композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью и выпущены опытно-промышленные партии цементов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Приводимые результаты описаны с учётом имеющихся достижений в рассматриваемой области, проверены в промышленных условиях, а основные результаты доложены на конференциях различного уровня.

Выводы и заключения по работе сделаны на основании данных, полученных различными физическими, химическими, физико-химическими и технологическими методами, не противоречат общепризнанным положениям и дополняют опубликованные экспериментальные данные других авторов.

Проверка результатов исследования

Автором 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.

Апробация работы. Основные положения и результаты выполненных исследований доложены на различных Российских и Международных конференциях: международной научно-практической конференции «Инновационные материалы и технологии» – Минск, 2020; 2021; «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе» – Саратов, 2020; «Химия и химическая технология в XXI веке» – Томск, 2020; 2021; 2022; Международном Конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии – Москва, 2021; Science on Technology Development, Мьянма, 2022.

Достоинства работы

Автором комплексом физико-химических методов доказана возможность получения композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава. При высокой степени гидратации композиционного цемента образуется большое количество

мелкокристаллических кристаллогидратов, устойчивых при длительном твердении в воде и при воздействии агрессивной среды.

Проведенный гранулометрический анализ дисперсного состава композиционного цемента, полученного совместным помолом портландцементного клинкера ненормированного состава и сульфатированных клинкеров, показал бимодальное распределение частиц, фракции с размером 5-25 мкм и 35-65 мкм. Методом рентгенофазового анализа фракций композиционного цемента автором было установлено, что в тонкой фракции (5-25 мкм) в основном присутствуют минералы сульфатированных клинкеров, такие как сульфоалюминат и сульфоалюмоферрит кальция, алюминаты и алюмоферриты кальция из портландцементного клинкера и двуводный гипс. В грубой фракции (35-65 мкм) в основном сосредоточены силикаты кальция (алит и белит) из портландцементного клинкера. Такое распределение минералов сульфоалюмината и сульфоалюмоферрита кальция в тонкой фракции композиционного цемента обуславливает повышение их гидравлической активности и в совокупности с портландцементом ускоряют процессы гидратации и твердения разработанного цемента. Установлено, что композиционный цемент характеризуется высокой степенью гидратации: 56-72% через 3 сут и 82-89% через 28 сут, что на 25-35% выше, чем у портландского цемента в те же сроки.

Автором показано, что оптимальные составы композиционного цемента, характеризующегося повышенными эксплуатационными характеристиками, содержат портландцементный клинкер ненормированного состава в количестве 80-90 %, сульфатированные клинкера – 5 - 10 % и гипса – 5 - 10 %.

Методами физико-химического анализа подтверждено формирование более плотной структуры цементного камня из композиционного цемента в сравнении с портландским. Установлено, что в композиционных составах образуется большое количество мелкокристаллических кристаллогидратов этtringита с размером $l = 5-10$ мкм, которые сохраняются при длительном твердении в воде и при воздействии агрессивной среды. При этом формирование мелкокристаллических кристаллогидратов этtringита обуславливает формирование плотного, цементного камня с пониженной пористостью. Пористость композиционного цементного камня составляет через 28 сут 15-17%, в сравнении с портландцементным камнем с пористостью 25-30%, что в 1,5-2 раза ниже, а это, в свою очередь, ведет к росту прочности – прочность на сжатие составляет $R_{сж} = 52-55$ МПа, что на 10-15% выше портландского ($R_{сж} = 43-45$ МПа).

Формирование плотного, низкопористого цементного камня с повышенной прочностью при твердении разработанного композиционного цемента обуславливает высокую коррозионную стойкость. Коэффициент

стойкости при хранении цементного камня в 5-ти% растворе Na_2SO_4 превышает единицу, а при твердении в морской воде более 200 сут коэффициент стойкости близок к единице, это позволяет рекомендовать разработанные композиционные цементы для строительства портовых сооружений и объектов в прибрежной морской зоне.

Проведено опытно-производственное апробирование результатов исследования, разработаны рекомендации по получению композиционных цементов оптимального вещественного состава и дисперсности компонентов с повышенной коррозионной стойкостью на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава и сульфатированных клинкеров, таких как сульфоалюминатный и сульфоалюмоферритный клинкера, и выпущены опытно-промышленные партии цементов.

Большое число используемых физико-химических и технологических методов исследования продуктов твердения, а также эксплуатационных свойств цементного камня, завершившихся опытно-промышленной проверкой, абсолютно убеждает в надёжности и достоверности проведённых исследований, в их научной и практической значимости.

Недостатки работы

Несмотря на то, что в целом работа написана грамотно, логично, к сожалению, как в автореферате, так и в тексте диссертации встречаются ошибки, опечатки и некоторые неудачные выражения.

В работе приводится много результатов, но все приведено без указания коридора ошибок, поэтому не ясно все экспериментальные данные подвергались математико-статистической обработке.

Замечания по существу работы

1. На стр. 54 в главе 3 приведены результаты исследований строительно-технических свойств цементов на основе портландцемента с добавками сульфоалюминатного клинкера и гипса. Нет объяснения, почему среди множества сульфатированных клинкеров был выбран именно сульфоалюминатный клинкер. Также отсутствует объяснение, почему была выбрана такая коррозионная среда— 5 % Na_2SO_4 .

2. Автором на рис. 3.2-3.7 представлены графики изменения прочности при изгибе и сжатии цементов с разной дисперсностью 300-500 $\text{м}^2/\text{кг}$, но дальше по тексту нет анализа полученных результатов. Не ясно, при какой $S_{\text{уд}}$ достигаются лучшие результаты.

3. В табл. 4.7 на стр. 98-99 приведены результаты тепловыделения цементов. Не ясно, исследовали чистые сульфоферритный, сульфоалюмоферритный и сульфоалюминатный клинкера, как указано в таблице, или же композиционные цементы с добавками данных клинкеров.

4. На стр. 102 представлены графики изменения прочности при изгибе цементно-песчаных растворов с добавками. Изменение прочности при изгибе в пределах 1 МПа нельзя считать падением прочности, как это указано в автореферате диссертации на стр. 14.

5. По тексту диссертации не корректно представлены некоторые результаты: сроки схватывания цементов, например, таблица 3.2 (стр. 56), таблица 4.1 (стр. 78); графическое изображение результатов – рис. 4.2 (стр. 79); не верное название таблицы – табл. 4.6 (стр. 95). На стр. 102 приведены значения прочности цементно-песчаного раствора с точностью до третьего знака после запятой.

Сделанные замечания нисколько не умаляют достоинства работы. Она выполнена на высоком научном уровне. Содержание автореферата полностью отвечает содержанию диссертационной работы. Основное содержание работы отражено в 16 публикациях, в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК и 1 статья в журнале, входящим в международную базу данных (Scopus).

Диссертация полностью соответствует формуле паспорта специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких металлических материалов.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Тхета Наинга Мьинта на тему «Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной.

В работе на основе выполненных автором экспериментов изложены научно обоснованные технологические решения и разработки в области коррозионностойких цементов и бетонов, имеющие существенное значения для развития отрасли строительных материалов в РФ и Республике Мьянма. Работа отвечает критериям, установленным Положениям о присуждении учёных степеней (Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), с учетом соответствия паспорта специальности) для диссертаций, представленных на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Тхет Наинг Мьинт заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких металлических материалов.

Официальный оппонент:
Доктор технических наук, профессор,
кафедры физики, химии и
теоретической механики
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Томский государственный
архитектурно-строительный
университет» (ФГБОУ ВО «ТГАСУ»)

Адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2
E-mail: sarkiso v@.t suab.ru
Тел.: раб. Тел. (3822)65-09-07
Моб. Тел. 8-962-776-25-51

Даю согласие на обработку моих персональных данных



Саркисов Юрий Сергеевич

Подпись профессора Саркисова Ю.С. подтверждаю:

Ученый секретарь ученого совета ТГАСУ



Какушкин Ю.А.

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора, доктора технических наук Саркисова Юрия Сергеевича на диссертационную работу автор **Тхет Наинг Мьинт** «Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Структура и содержание работы

Работа посвящена исследованию композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью в условиях сульфатной и хлоридной агрессии (морская вода) на основе портландцементного клинкера ненормированного состава и сульфатированных клинкеров. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, приложения, списка литературы, включающего 171 источник. Работа изложена на 137 страницах машинописного текста, включает 26 таблиц и 77 рисунков.

Актуальность темы исследования

Сегодня крайне необходимо строить быстро, качественно и надёжно. Многие конструкции работают в условиях различного коррозионного воздействия окружающей среды. Поэтому требуются новые строительные материалы, которые бы характеризовались высокими физико-механическими свойствами, повышенными эксплуатационными показателями и долговечностью. При этом производство новых материалов должно быть материалоемко и энергоэффективно и не приводило к дополнительной нагрузке на окружающую среду.

Для создания коррозионностойких материалов следует использовать эффективные композиционные вяжущие материалы. В основном используют сульфатостойкие цементы нормированного состава, которые применяют при строительстве объектов, подверженных коррозионному воздействию минерализованных вод. Однако объёмы их выпуска ограничены сырьевой базой. И это справедливо не только по отношению к России, но и к другим странам.

В Республике Союз Мьянма сульфатостойкие цементы не выпускаются и для строительства морских сооружений эти материалы приходится импортировать. Поэтому разработка составов композиционных цементов на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава, обладающих повышенной коррозионной стойкостью, является весьма актуальным.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Для обоснования цели и задач исследования соискатель провёл анализ 171 источника (отечественных и зарубежных) по теме работы. Соискатель приводит анализ видов коррозионного воздействия окружающей среды на цементный камень и показывает, что в процессе эксплуатации изделия на основе портландцемента подвергаются воздействию различных физических и химических факторов, приводящих к коррозии цементного камня и сопровождающихся полной потерей или значительным снижением его прочностных свойств.

Скорость процесса коррозии цемента зависит как от вида коррозионного воздействия, так и от химико-минералогического состава и микроструктуры цемента. Скорость процесса коррозии замедляется, если цементный камень обладает плотной, малопористой структурой, замедляющей транспортные процессы, а также не содержащей в своем составе гидроалюминатов кальция и портландита, обладающих невысокой коррозионной стойкостью.

Введение в состав рядового портландцемента добавок позволяет не только повысить его прочность и скорость твердения, но и получить цементный камень с плотной, малопористой структурой за счет снижения содержания портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в затвердевшем цементе.

Автор делает вывод, что сульфатостойкость портландцемента можно повысить путем ввода в его состав добавок сульфатированных клинкеров. При гидратации этих клинкеров происходит образование этtringита и связывание портландита. Такие изменения позволяют повысить коррозионную стойкость цементного камня и получить коррозионностойкие цементы на основе цементов с добавками сульфоалюмоферритного цемента или клинкера. На основании этого автор формулирует основные направления исследований, обосновывает цель и задачи исследования.

Достоверность результатов обеспечена большим объёмом экспериментального материала с применением современных физико-химических методов анализа с использованием сертифицированных лабораторных приборов и установок. Для определения строительно-технических свойств вяжущих композиций, деформационных и структурных характеристик цементного камня использовано большое число юстированных методов.

Научная новизна диссертационной работы 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 м²/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 ($l = 5-10$ мкм) происходит формирование плотного, малопористого цементного камня ($\Pi = 15-17\%$) с повышенной прочностью ($R_{сж} > 40$ 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).

Теоретическая и практическая значимость

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.

- проведено опытно-производственное апробирование результатов исследования, разработаны рекомендации по оптимальному вещественному составу и дисперсности композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью и выпущены опытно-промышленные партии цементов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Приводимые результаты описаны с учётом имеющихся достижений в рассматриваемой области, проверены в промышленных условиях, а основные результаты доложены на конференциях различного уровня.

Выводы и заключения по работе сделаны на основании данных, полученных различными физическими, химическими, физико-химическими и технологическими методами, не противоречат общепризнанным положениям и дополняют опубликованные экспериментальные данные других авторов.

Проверка результатов исследования

Автором 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.

Апробация работы. Основные положения и результаты выполненных исследований доложены на различных Российских и Международных конференциях: международной научно-практической конференции «Инновационные материалы и технологии» – Минск, 2020; 2021; «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе» – Саратов, 2020; «Химия и химическая технология в XXI веке» – Томск, 2020; 2021; 2022; Международном Конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии – Москва, 2021; Science on Technology Development, Мьянма, 2022.

Достоинства работы

Автором комплексом физико-химических методов доказана возможность получения композиционных цементов с повышенной коррозионной стойкостью на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава. При высокой степени гидратации композиционного цемента образуется большое количество

мелкокристаллических кристаллогидратов, устойчивых при длительном твердении в воде и при воздействии агрессивной среды.

Проведенный гранулометрический анализ дисперсного состава композиционного цемента, полученного совместным помолом портландцементного клинкера ненормированного состава и сульфатированных клинкеров, показал бимодальное распределение частиц, фракции с размером 5-25 мкм и 35-65 мкм. Методом рентгенофазового анализа фракций композиционного цемента автором было установлено, что в тонкой фракции (5-25 мкм) в основном присутствуют минералы сульфатированных клинкеров, такие как сульфоалюминат и сульфоалюмоферрит кальция, алюминаты и алюмоферриты кальция из портландцементного клинкера и двуводный гипс. В грубой фракции (35-65 мкм) в основном сосредоточены силикаты кальция (алит и белит) из портландцементного клинкера. Такое распределение минералов сульфоалюмината и сульфоалюмоферрита кальция в тонкой фракции композиционного цемента обуславливает повышение их гидравлической активности и в совокупности с портландцементом ускоряют процессы гидратации и твердения разработанного цемента. Установлено, что композиционный цемент характеризуется высокой степенью гидратации: 56-72% через 3 сут и 82-89% через 28 сут, что на 25-35% выше, чем у портландского цемента в те же сроки.

Автором показано, что оптимальные составы композиционного цемента, характеризующегося повышенными эксплуатационными характеристиками, содержат портландцементный клинкер ненормированного состава в количестве 80-90 %, сульфатированные клинкера – 5 - 10 % и гипса – 5 - 10 %.

Методами физико-химического анализа подтверждено формирование более плотной структуры цементного камня из композиционного цемента в сравнении с портландским. Установлено, что в композиционных составах образуется большое количество мелкокристаллических кристаллогидратов этtringита с размером $l = 5-10$ мкм, которые сохраняются при длительном твердении в воде и при воздействии агрессивной среды. При этом формирование мелкокристаллических кристаллогидратов этtringита обуславливает формирование плотного, цементного камня с пониженной пористостью. Пористость композиционного цементного камня составляет через 28 сут 15-17%, в сравнении с портландцементным камнем с пористостью 25-30%, что в 1,5-2 раза ниже, а это, в свою очередь, ведет к росту прочности – прочность на сжатие составляет $R_{сж} = 52-55$ МПа, что на 10-15% выше портландского ($R_{сж} = 43-45$ МПа).

Формирование плотного, низкопористого цементного камня с повышенной прочностью при твердении разработанного композиционного цемента обуславливает высокую коррозионную стойкость. Коэффициент

стойкости при хранении цементного камня в 5-ти% растворе Na_2SO_4 превышает единицу, а при твердении в морской воде более 200 сут коэффициент стойкости близок к единице, это позволяет рекомендовать разработанные композиционные цементы для строительства портовых сооружений и объектов в прибрежной морской зоне.

Проведено опытно-производственное апробирование результатов исследования, разработаны рекомендации по получению композиционных цементов оптимального вещественного состава и дисперсности компонентов с повышенной коррозионной стойкостью на основе портландцементных клинкеров ненормированного состава и сульфатированных клинкеров, таких как сульфоалюминатный и сульфоалюмоферритный клинкера, и выпущены опытно-промышленные партии цементов.

Большое число используемых физико-химических и технологических методов исследования продуктов твердения, а также эксплуатационных свойств цементного камня, завершившихся опытно-промышленной проверкой, абсолютно убеждает в надёжности и достоверности проведённых исследований, в их научной и практической значимости.

Недостатки работы

Несмотря на то, что в целом работа написана грамотно, логично, к сожалению, как в автореферате, так и в тексте диссертации встречаются ошибки, опечатки и некоторые неудачные выражения.

В работе приводится много результатов, но все приведено без указания коридора ошибок, поэтому не ясно все экспериментальные данные подвергались математико-статистической обработке.

Замечания по существу работы

1. На стр. 54 в главе 3 приведены результаты исследований строительно-технических свойств цементов на основе портландцемента с добавками сульфоалюминатного клинкера и гипса. Нет объяснения, почему среди множества сульфатированных клинкеров был выбран именно сульфоалюминатный клинкер. Также отсутствует объяснение, почему была выбрана такая коррозионная среда— 5 % Na_2SO_4 .

2. Автором на рис. 3.2-3.7 представлены графики изменения прочности при изгибе и сжатии цементов с разной дисперсностью $300-500 \text{ м}^2/\text{кг}$, но дальше по тексту нет анализа полученных результатов. Не ясно, при какой $S_{\text{уд}}$ достигаются лучшие результаты.

3. В табл. 4.7 на стр. 98-99 приведены результаты тепловыделения цементов. Не ясно, исследовали чистые сульфоферритный, сульфоалюмоферритный и сульфоалюминатный клинкера, как указано в таблице, или же композиционные цементы с добавками данных клинкеров.

4. На стр. 102 представлены графики изменения прочности при изгибе цементно-песчаных растворов с добавками. Изменение прочности при изгибе в пределах 1 МПа нельзя считать падением прочности, как это указано в автореферате диссертации на стр. 14.

5. По тексту диссертации не корректно представлены некоторые результаты: сроки схватывания цементов, например, таблица 3.2 (стр. 56), таблица 4.1 (стр. 78); графическое изображение результатов – рис. 4.2 (стр. 79); не верное название таблицы – табл. 4.6 (стр. 95). На стр. 102 приведены значения прочности цементно-песчаного раствора с точностью до третьего знака после запятой.

Сделанные замечания несколько не умаляют достоинства работы. Она выполнена на высоком научном уровне. Содержание автореферата полностью отвечает содержанию диссертационной работы. Основное содержание работы отражено в 16 публикациях, в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК и 1 статья в журнале, входящим в международную базу данных (Scopus).

Диссертация полностью соответствует формуле паспорта специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких металлических материалов.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Тхета Наинга Мьинта на тему «Композиционные цементы с повышенной коррозионной стойкостью» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной.

В работе на основе выполненных автором экспериментов изложены научно обоснованные технологические решения и разработки в области коррозионностойких цементов и бетонов, имеющие существенное значения для развития отрасли строительных материалов в РФ и Республике Мьянма. Работа отвечает критериям, установленным Положениям о присуждении учёных степеней (Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), с учетом соответствия паспорта специальности) для диссертаций, представленных на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Тхет Наинг Мьинт заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких металлических материалов.

Официальный оппонент:
Доктор технических наук, профессор,
кафедры физики, химии и
теоретической механики
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Томский государственный
архитектурно-строительный
университет» (ФГБОУ ВО «ТГАСУ»)

Адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2
E-mail: sarkiso v@.t suab.ru
Тел.: раб. Тел. (3822)65-09-07
Моб. Тел. 8-962-776-25-51

Даю согласие на обработку моих персональных данных



Саркисов Юрий Сергеевич

30.11.2023

Подпись профессора Саркисова Ю.С. подтверждаю:

Ученый секретарь ученого совета ТГАСУ



Какушкин Ю.А.