

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт Энергетики и Машиностроение

УДК 665.622.43.046.6-52 (043)

На правах рукописи

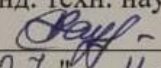
Базаров Махсутдин Еркинович


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

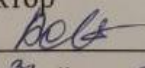
на соискание академической степени магистра технических наук

Название диссертации «Обустройство нефтяных месторождений
оборудованием для насосной добычи с
применением штанговых скважинных насосных
установок»

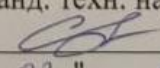
Направление подготовки 7M07111 - Цифровая инженерия машин и
оборудования

Научный руководитель,
канд. техн. наук, профессор
 Заурбеков С.А.
" 27 " Мая 2022 г.

Рецензент
 Нigmatov А.А.
" 31 " Мая 2022 г.

Нормоконтроль
магистр техн. наук,
лектор
 Д.Балгаев
« 31 » 05 2022 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТМиТ,
канд. техн. наук, ассоц. проф.
 С.А.Бортебаев
" 02 " 05 2022 г.

Алматы 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

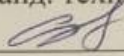
Институт Энергетики и Машиностроение

Кафедра "Технологические машины и транспорт"

7M07111 - Цифровая инженерия машин и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТМиТ
канд. техн. наук, асс.проф.

 С.А.Бортебаев

"11" Ноября 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Базарову Махсутдину Еркиновичу

Тема: «Обустройство нефтяных месторождений оборудованием для насосной добычи с применением штанговых скважинных насосных установок»

Утверждена приказом руководителя университета № 2026-М от "03" Ноября 2020 г.

Срок сдачи законченной диссертации "06" Июня 2022 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: данные ТОО «Управление Автомобильных Дорог»

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:
а. анализ существующей технологии изготовления бетонных изделия для основания нефтяных вышек.

б. анализ применяемого в настоящее время оборудование для работы с элементами бетонных смесей.

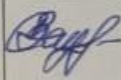

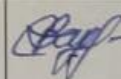
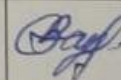
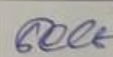
с. анализ методов приготовления бетона с использованием добавок, наполнителей и полимерных компонентов

Рекомендуемая литература: 68 наименования.

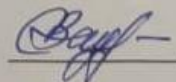
ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Анализ существующей технологии изготовления бетонных изделий для основания нефтяных вышек.	12.11.2021	
Проведение патентного поиска	15.02.2022	
Анализ применяемого в настоящее время оборудование для работы с элементами бетонных смесей	15.03.2022	
Анализ методов приготовления бетона с использованием добавок, наполнителей и полимерных компонентов	15.04.2022	

Подписи
консультантов и нормконтролеров на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов работы

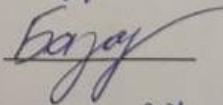
Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ существующей технологии изготовления бетонных изделий для основания нефтяных вышек.	Заурбеков С.А. профессор, канд. техн. наук	01.02.2022	
Проведение патентного поиска	Заурбеков С.А. профессор, канд. техн. наук	01.03.2022	
Анализ применяемого в настоящее время оборудование для работы с элементами бетонных смесей	Заурбеков С.А. профессор, канд. техн. наук	01.04.2022	
Анализ методов приготовления бетона с использованием добавок, наполнителей и полимерных компонентов	Заурбеков С.А. профессор, канд. техн. наук	20.04.2022	
Нормоконтролер	Магистр техн. наук, лектор Балгаев Д.Е.	01.05.22	

Научный руководитель



Заурбеков С.А.

Задание принял к исполнению магистрант



Базаров М.Е.

Дата

«27» Мая 2022 г.

АНДАТПА

Мұнай кен орнын игеру кен орнын игеру жобасының, ағынды, газлифттік және айдау өндірісінің кезеңдерінің ұзақтығы негізінде салынады.

Мұнай кен орындарын игеруді мердігер құрылыс ұйымдары тапсырыс беруші бекіткен жоба және жасалған шарт бойынша оны іске асыру мерзімі негізінде жүзеге асырады.

Сорғы өндірісін ұйымдастыру сорғы қондырғысының іргетасын құрудан басталады, ол электрмен қамтамасыз етілген сулы-батпақты жерлерде кадалардағы бетон іргетастар, металл қаңқалар, іргетастар түрінде болуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, тараулар бойынша қорытындылардан және қорытындыдан тұрады. Диссертацияның көлемі 67 бетін құрайды, 26 кесте және 20 сурет, 68 атаудан әдебиеттер тізімі бар.

АННОТАЦИЯ

Обустройство нефтяного месторождения строится на основе проекта разработки месторождения, длительности этапов фонтанной, газлифтной и насосной добычи.

Обустройство нефтяных месторождений осуществляется подрядными строительными организациями на основе утвержденных заказчиком проекта и сроков его реализации по заключенному контракту.

Обустройство под насосную добычу ШСНУ начинается с создания фундамента под станок-качалку, которые могут быть в виде бетонных фундаментов, металлических рам, фундаментов на сваях в заболоченных местностях с обеспечением подвода электроэнергии.

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, выводов по главам и заключения. Объем диссертации составляет 67 страниц машинописного текста, содержит 26 таблиц и 20 рисунков, список использованных источников из 68 наименований.

ANNOTATION

The development of an oil field is built on the basis of a field development project, the duration of the stages of flowing, gas lift and pumping production.

The development of oil fields is carried out by contractor construction organizations on the basis of the project approved by the customer and the timing of its implementation under the concluded contract.

Arrangement for pumping production begins with the creation of a foundation for a pumping unit, which can be in the form of concrete foundations, metal frames, foundations on piles in wetlands with electricity supply.

The dissertation work consists of an introduction, three sections, conclusions by chapters and a conclusion. The volume of the dissertation is 67 pages, contains 26 tables and 20 figures, a list of references from 68 titles.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

РК – Республика Казахстан
СТ РК – Стандарт Республики Казахстан
СТ ТОО – Стандарт организации
СНиП – Строительные нормы и правила
СН РК – Строительные нормы Республики Казахстан
ГОСТ – Государственный стандарт
ТУ – Техническое условие
С-3 – Суперпластификатор
МК – Микрокремнезём
КН – Коррозионностойкий наполнитель
РФА – Рентгенофазовый анализ
ДТА – Дифференциально-термический анализ
В/Ц – Водоцементное отношение
ПАВ – Поверхностно-активные вещества
ТВО – Тепловлажностная обработка
ОГ – Отсев гранита
ПФМ – Полифункциональные модификаторы

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	6
1	Состояние вопроса	10
1.1	Высокопрочные модифицированные бетоны, работающих в агрессивных средах	10
1.2	Условия эксплуатации фундамента, работающих в агрессивных условия	14
1.3	Способ изготовления высокопрочного бетона, работающих в тяжелых условиях	21
1.3.1	Формирование структуры и свойств цементного камня в бетоне с помощью пластифицирующих присадок	23
	Выводы по разделу 1	29
2	Используемые материалы и методы исследования	31
2.1	Используемые сырьевые материалы	31
2.2	Используемые присадки, наполнители и полимерный элемент	34
2.3	Методы исследования	36
2.4	Оптимизация состава высокопрочного бетона	39
	Выводы по разделу 2	43
3	Влияние дисперсии из цементного вяжущего, поливинилхлорид, МК и С-3 на структуру и свойства цементного камня	44
3.1	Особенности цементного камня, модифицированного полимерным элементом поливинилхлорида, пластифицирующими присадками С-3, МК и коррозионностойким наполнителем	44
3.2	Способ приготовления дисперсии из цементного вяжущего, пластифицирующей присадки С-3, МК, поливинилхлорида	46
3.2.1	Способ приготовления коррозионностойкого наполнителя	48
3.3	Влияние дисперсии на свойства цементного камня	49
3.4	Эффективность применения деспергирования при производстве железобетонных конструкции в заводских условиях	55
3.5	Исследование влияния полимерного элемента на свойства бетона	57
	Выводы по разделу 3	62
	Заключение	63
	Список используемых источников	65

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Республика Казахстан имеет значительными сырьевыми ресурсами для удовлетворения потребности строительного рынка современными высокоэффективными ресурсами широкого спектра применения. Особенно из радикальных направлений улучшения эффективности и качества главного строительного материала – состав раствора и бетона – является широкое, а также научно обоснованное применение высокоэффективных оригинальных и многоэлементных комплексных химических присадок – модификаторов. Анализ состояния материальной базы Республики Казахстана и отраслевой науки показывает, что широкий спектр современных эффективных модификаторов для получения эффективных строительных материалов заданных параметров можно производить собственно в республике из вторичного материала и отходов промышленности. Это стимулирует реализацию государственной политики импортозамещения.

За счет Государственной программы индустриально-инновационного развития страны, целью которой является рост сельского хозяйства, недропользования, строительной, инфокоммуникационной, космической, транспортной и других инфраструктуры, услуг, включая образование и науку, были обеспечены меры макроэкономического роста. Для достижения цели основным курсом является конкурентоспособная производственная среда. Создание высокопрочного бетона обеспечивает эффективную бетонную продукцию в разных направлениях промышленности, создавая конкурентоспособность и импортозамещение [1].

Перспективы создания эффективной строительной промышленности Республики Казахстана обуславливают целесообразность разработкой модифицированных строительных растворов и бетонов. Использование высокопрочных бетонных изделий достигает огромные темпы роста. Вопросы использования высокопрочного бетона, безусловно, являются главным приоритетом, так как охватывают самые необходимые строительнотехнические характеристики.

В современных реалиях развития строительства в Республике Казахстан на фоне развивающихся в короткие сроки технологий ставится вопрос о использовании новых эффективных средств, адаптированных к условиям резко субконтинентального климата. Главной задачей при суровых условиях и резко континентальном климате является стабильность материалов к периодическому замораживанию и оттаиванию и максимальная прочность при динамических нагрузках, что в свою очередь обеспечивает долговечность материала. Для этого улучшения средств энергоэффективности и экологичности модифицируют процессы производства строительных материалов, в которые необходимо сосредоточить усилия ученых на изобретение высокоэффективных ресурсных и энергосберегающих материалов. Разработка

конкурентоспособных технологий и оборудования строительных материалов требует решений в направлениях: по химизации отрасли, по использованию приемов управляемой модификации строительных средств и изделий с необходимыми строительно-техническими характеристиками.

Основным из возможных решений данной проблемы создание композиционных материалов на базе сочетания минеральных и полимерных вяжущих средств. Использование водонерастворимых полимеров в составе с цементным вяжущим вызвано рядом проблем, в особенности плохим совмещением составных частей, из-за чего снижаются качественные показатели бетона.

В диссертационной работе рассмотрен комплекс задач, способствующий обеспечить пиковые показатели качества материалов путем сочетания свойств полимерных, минеральных элементов и присадок, получая при этом эффекта синергизма, при этом позволяющий управлять всеми процессами качественных показателей бетонного изделия, что на данном этапе является актуальным.

Главной целью работы является проработка составов и способа производства долговечного и надежного модифицированного бетона на основе отработанных материалов промышленности для фундаментов, эксплуатирующихся в агрессивных условиях.

Согласно с поставленной целью установлены следующие задачи исследований:

1. Исследовать влияние полимерного элемента поливинилхлорид, пластифицирующей присадки С-3 и микрокремнезёма на создание структуры цементного камня и их стабильность в условиях различных циклических воздействий в агрессивных средах.

2. Создать состав и обосновать эффективность данного способа получения дисперсии из цементного вяжущего, полимерного элемента, пластификатора и микрокремнезёма для производства бетона с применением тепло-влажностной обработки (ТВО).

3. Определить наиболее эффективную консистенцию и применения коррозионностойкого элемента (гранитного отсева) на устойчивость к агрессивным условиям в составе модифицированного бетона.

4. Определить особенности физико-механических свойств модифицированного бетона, установить влияние циклического нагружения, резкого замораживания и быстрого оттаивания на стабильность изначальной микроструктуры цементного камня модифицированного состава бетона для фундамента, работающих в агрессивных условиях.

5. Определить характерные особенности производства модифицированного состава бетона для фундамента, использующихся в агрессивной среде на базе комплексной дисперсии и фракционного элемента с проведением технико-экономического анализа, и оценки созданного состава.

Методы достижения поставленных задач:

Исследования отечественных и зарубежных источников, используя современные статьи, патенты на изобретения и полезные модели. Анализируя мировой опыт, основанного на исследованиях высокопрочных составов бетонов и полимерцементных элементов в производстве строительных материалов. Оценка стандартных методов испытаний физико-механических характеристик высокопрочного бетона согласно условиям нормативно-технической документации – СТ РК, ГОСТ, СН РК и т.д.

Для определения выщелачивания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в составе цементного камня использованы методы дифференциально-термического анализа и оценки, рентгено-фазовый анализ.

Научная новизна диссертационной работы:

- определен механизм влияния дисперсии цементного вяжущего и микрокремнезёма в составе с суперпластификатором С-3, полимерным элементом поливинилхлорида на стабильность структуры бетона к периодическим воздействиям (замораживание и оттаивание), а также на выщелачивание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в составе цементного камня, что создает высокие физико-механические свойства бетона;

- выявлена и обоснована эффективность по этапные введения коррозионнотойкого элемента, а также крупных и мелких наполнителей при создании высокопрочного состава бетона;

- экспериментально доказана эффективность совместного применения данных элементов. Определено, что совместное применение в составе бетона вяжущего цемента, микрокремнезёма, суперпластификатора С-3, полимерного элемента поливинилхлорида, коррозионнотойкого элемента увеличивают его стабильность к агрессивным условиям, морозостойкость, прочность на сжатие и изгиб;

- определено, что использование суперпластификатора С-3 и вторичного материала (микрокремнезём, отсев гранита), улучшают бетон, образуя плотную композицию и полимерное высоко защитное покрытие, тем самым уменьшая водопоглощение и увеличивая стабильность бетона к циклическому замораживанию и оттаиванию при динамических нагрузках.

Практическая значимость диссертации:

- создан способ получения высокопрочного состава бетона из композитной дисперсии, в разработке фундамента в заводских требованиях при ТВО по способу специального совмещения коррозионнотойкого элемента с крупным и мелким материалами;

- разработана дисперсия из полимерного элемента поливинилхлорида, микрокремнезёма и суперпластификатора С-3;

Объектом исследования является высокопрочный состав бетон на базе цементного вяжущего, полимерного элемента поливинилхлорида, суперпластификатора С-3, микрокремнезёма и коррозионнотойкого элемента для фундамента, работающих агрессивных условиях.

Предмет исследования: основные процессы, образующие гидрофобные свойства высокопрочного состава бетона путем использования полимерного элемента в виде дисперсии, в том числе устойчивость к агрессивным условиям за счет применения коррозионностойких элементов, увеличение долговечности и прочности за счет использования комплекса наполнителей, добавок и суперпластификатора.

Методы исследований: в данной работе рассмотрены современные методы исследования, согласно требованиям основных нормативно-технической документации. Лабораторные исследования проводились на современном сертифицированном оборудовании.

Опыт внедрения результатов работы в производство.

Произведен выпуск опытной партии железобетонных фундамента из высокопрочного бетона на заводе ТОО «УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ»

Экспериментальные исследования проводились испытательной лабораторией. Опытно-промышленные испытания производились на производственном предприятии в ТОО «Управление Автомобильных Дорог».

1 Состояние вопроса

1.1 Высокопрочные модифицированные бетоны для фундамента, работающих в агрессивной среде

Высокопрочные фундамент в частности предназначены для работы в суровых условиях и в высоко агрессивных средах. Индивидуальность среды эксплуатации требуют обеспечения им высоких физико-механических и строительно-технических характеристик качества, которые определяются стойкостью материала в особенности к двум наиболее агрессивным воздействиям – циклическому и механическим нагрузкам.

Определяющее назначение фундамента – это прорезка залегающих с поверхности в большей степени слабых слоев грунта и передача рабочей нагрузки на нижележащие уровень грунта, обладающие более пиковыми механическими показателями. Фундаменты необходимо проектировать с учетом:

- результатов инженерно-технических изысканий для строительства;
- сведений о достоверной сейсмичности района строительства;
- показатели, характеризующих назначение, конструктивные и технологические возможности сооружения и условия эксплуатации;
- направленные на фундаменты нагрузок;
- экологических условия.

Процесс изготовления армированных бетонных фундаментов представляет собой комплекс отдельных процессов, состоящих из различных процедур, начиная от приема исходного сырья и заканчивая контролем качества, приемкой и отправкой готовых изделий потребителю согласно необходимым характеристикам и среде эксплуатации на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Завод по производству железобетонных изделия

Данная последовательность выполнения всех этапов практически не зависит от принятой системы производства и присуща всем используемым способам: станковому варианту, конвейерному способу, агрегатно-поточному и сочетающему технологическому процессу. Определенность выполнения элементных циклов и комплекс их технологических операций, армирования или формования обуславливает от принятого способа производства. Одни и те же действия, напряжение арматуры или посадка и уплотнение бетона могут осуществляться с использованием разного оборудования, вариантов и приемов реализации, производства и эксплуатации соответствующего оснащения технологических направлений. В связи с чем, главным показателем, влияющим на качественные показатели, является консистенция бетона.

На рисунке 1.2 показана общая принципиальная схема производственных этапов изготовления армированных фундаментов.

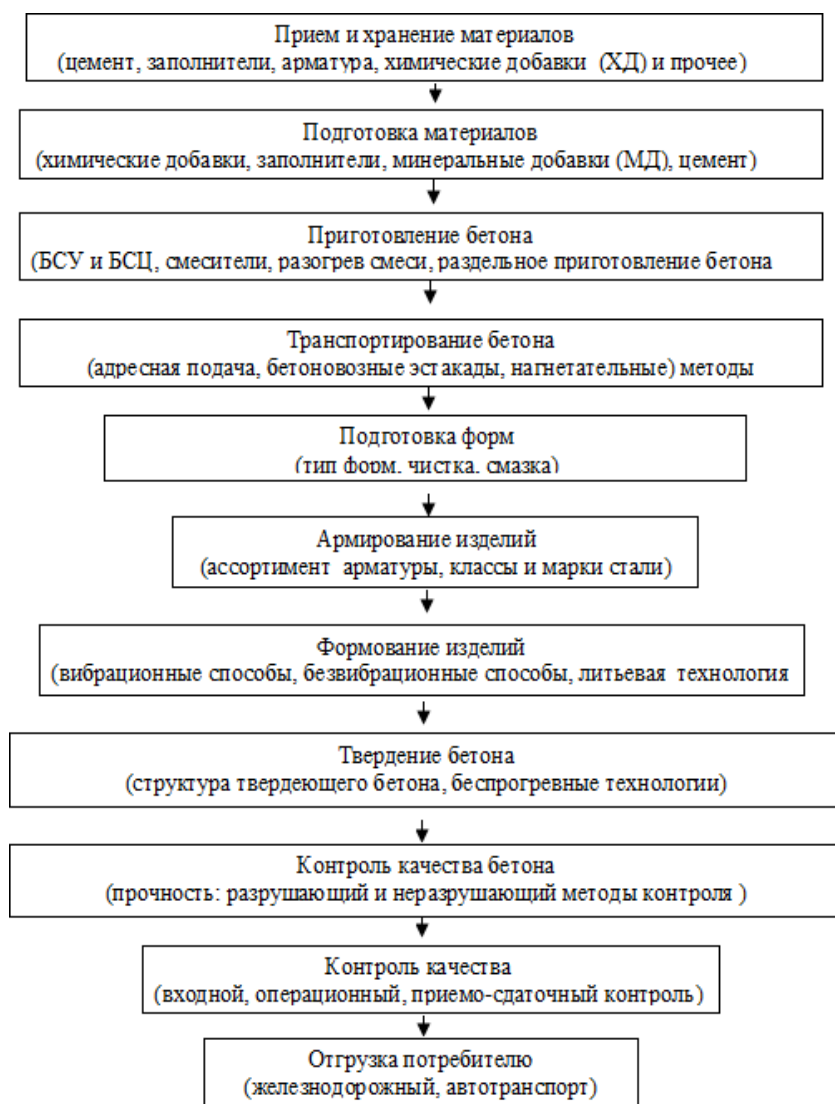


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема производства железобетонных изделия

Выше приведенные элементные циклы выполняются в определенной последовательности, составляя общий необходимый технологический цикл. Отдельный элементный цикл принципиальной схемы содержит подразделы, которые отражают либо центральные способы и приемы его осуществления (подвиды транспортных средств при отгрузке материалов), либо главные вопросы, касающиеся данного субъектного цикла и подлежащие подробному анализу и изучению. Объединение элементных циклов и относящихся к ним пунктов, отраженных в принципиальной схеме, формируют основное содержание в работах [3, 4].

Для разработки высокопрочного бетона, эксплуатируемого под жесточайшими нагрузками в агрессивных средах, необходимо использовать качественные ресурсы и эффективные присадки, подходящие всем требованиям соответствующих стандартов. А также важное значение имеют процессы проектирования и корректировки структура высокопрочного бетона с учетом агрессивной среды эксплуатации, особенности производства работ (производство качественного уплотнения, особый контроль режима работы оборудования, наблюдение за твердеющим бетоном и др.).

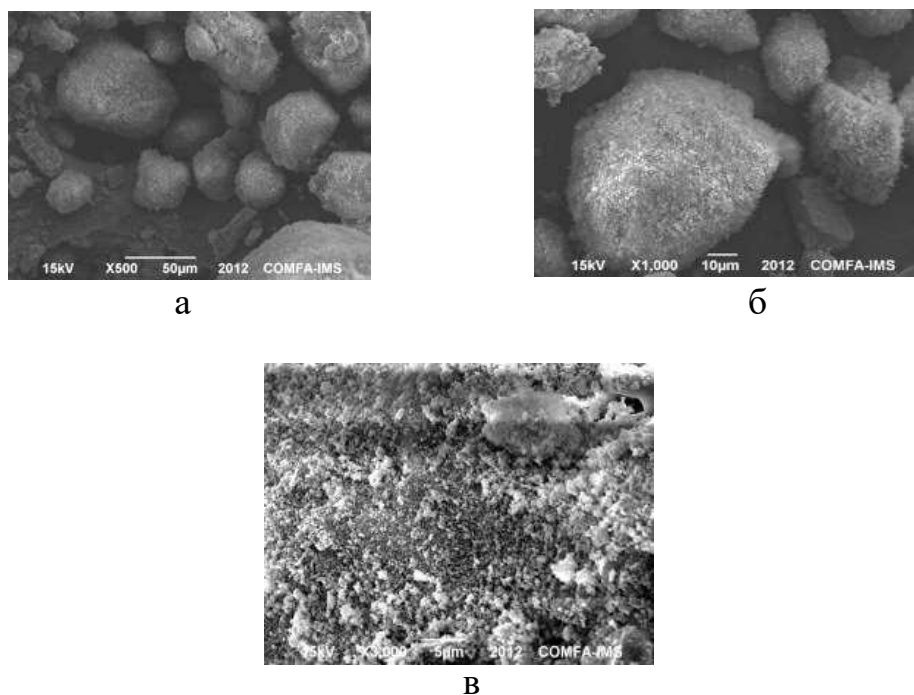
С целью получения высокопрочного бетона в научных работах Крамара Л.Я., Кудякова А.И., Шулдякова К.В., Трофимова Б.Я., использовались кремнийсодержащие (микрокремнезём (МК)) и пластифицирующие присадки, определение которых – высоко функциональные бетоны для поверхностей скоростных автомобильных дорог. Изучены результаты структуры отражают продуктивность МК. Известно, что микрокремнезём является рентабельной присадкой в высокопрочных бетонах, особенно в виде органоминеральной присадки [54-58]. Данную присадку получают при высокотемпературной обработке материалов, входящих кремнезём. Обработка обусловлена с процессом возгонки оксидов кремния. При этом конденсации продуктов возгонки в системе охлаждения образуется мелкодисперсный коллоидоподобный элемент, большей частью аморфное сырьё. Основной размер частиц микрокремнезёма – от 2,5...3,5 до 0,02 мкм. Рентгенофазовым анализом определено наличие в микрокремнезёме оксида кремния в форме коэсита, или коусита. Что придает ему высокую химическую активность в гидравлической среде [59- 61]. Это – высокобарическая преобразование кремнезёма, химическая формула SiO_2 . У которой средняя плотность 2,9...3,5 г/см³, твёрдость 7...8,5 по шкале Мооса. При понижении давления переходит в кварц [62, 63]. Из-за этого, нахождение коэсита в микрокремнезёме маловероятно.

Микрокремнезём является собой побочный элемент металлургического производства при процессе выплавки ферросилиция и его других сплавов, образующийся в результате реконструкцией углеродом кварца высокой чистоты производственных печах. На этапе выплавки кремниевых сплавов основная часть монооксида кремния (SiO)

преобразуется в газообразное состояние и, испытывая окисление и конденсацию, создает чрезвычайно мелкий продукт в форме шарообразных частиц с высокой консистенцией аморфного кремнезема.

Микроструктурный анализ по микрокремнезёма показан на рисунке 1.3, а РФА – на рисунке 1.4.

При производстве 1 тонны ферросилициевых сплавов образуется около 300 кг микрокремнезёма. По степени увеличения содержания кремния в сплаве повышается объем двуокиси кремния SiO_2 .



а – 500 кратное; б – 1000 кратное; в – 3000 кратное

Рисунок 1.3 – Микроструктура микрокремнезёма

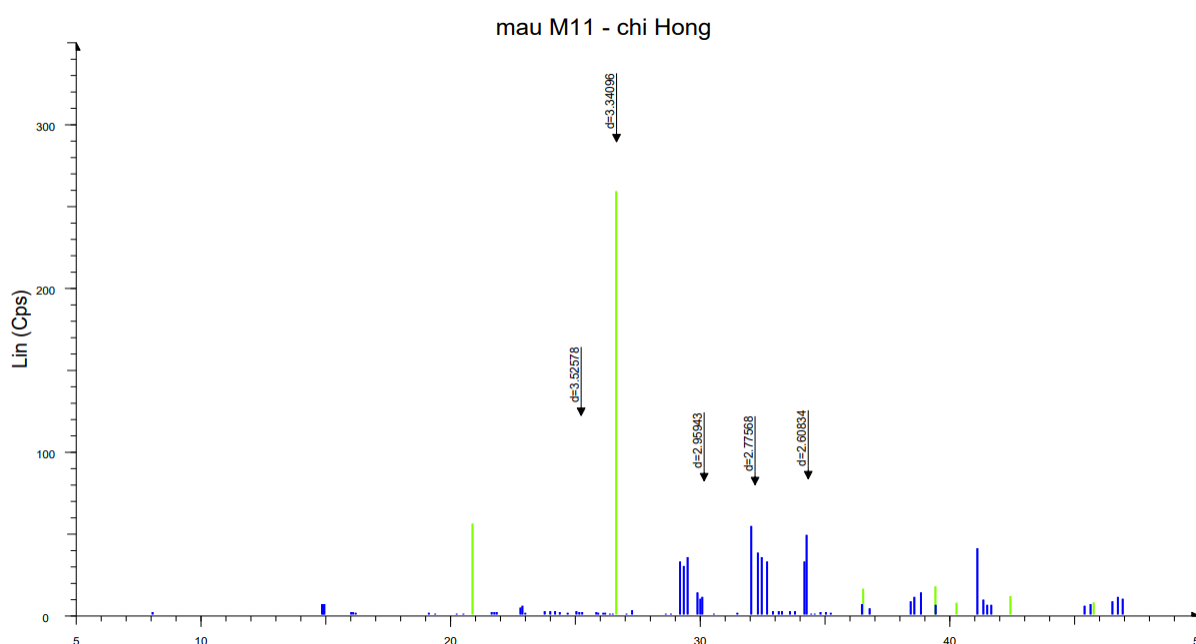


Рисунок 1.4 – Рентгенограмма микрокремнезёма

В составе микрокремнезёма отмечается высокое содержание SiO_2 – более 90%, а также – более 3% суммарное количество щелочных оксидов.

Широкий спектр положительных качеств МК был известен довольно давно, но из-за высокой водопотребности его применение было недостаточно распространено. Однако, с появлением суперпластификаторов разного вида микрокремнезём приобрёл высокую актуальность при получении высокопрочных цементных вяжущих [64, 65].

1.2 Условия эксплуатации фундамента, работающих в агрессивной среде

Техническое состояние фундамента, работающих в различных условиях грунта, напрямую отражается на техническом состоянии здания в целом, являясь функцией работоспособности отдельных конструктивных элементов и связей между ними. Процесс изменения технического состояния зданий, состоящих из большого числа конструктивных элементов, по причине деформаций основания и фундаментов представляет угрозу безопасности для находящихся в них людей и оборудования. Основным фактором ухудшения технического состояния зданий являются негативные изменения физических свойств материалов конструкции оснований.

Для производства фундамента, работающих в агрессивной среде, необходимо обеспечить их соответствие требованиям ГОСТ 19804-2012 «Сваи железобетонные заводского изготовления».

Фундамент следует изготавливать согласно требованиям указанного стандарта, нормативных документов на конкретные виды изделий, технической и технологической документации утвержденной предприятием-изготовителем. Бетон должен соответствовать установленным при проектировании требованиям по трещиностойкости и выдерживать контрольные испытания, указанные в технической документации и рабочих чертежах на данные фундамента:

- по показателям фактической прочности бетона в проектном возрасте, передаточной и отпускной;
- по морозостойкости и водонепроницаемости бетона;
- к маркам сталей для арматурных и закладных изделий, в том числе для монтажных петель;
- по защите от коррозии.

Фундамент, работающие в агрессивной среде, следует изготавливать из тяжелого бетона по -2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые», класса по прочности на сжатие, указанного в технической документации и рабочих чертежах, но не ниже В35.

При опирании фундамента на скальные и крупнообломочные грунты класс бетона по прочности на сжатие следует принимать не ниже В25 независимо от длины фундамента.

Минимальные марки бетона, работающих в агрессивной среде, по морозостойкости и водонепроницаемости следует назначать в рабочих чертежах конкретного здания или сооружения в соответствии с таблицей 1.1 в зависимости от уровня ответственности здания или сооружения, режима эксплуатации бетона и значений расчетных температур наружного воздуха и окружающего грунта в районе строительства.

В качестве крупного наполнителя для бетона должен применяться фракционированный щебень из естественного камня или гравия, при этом размер фракции должен быть не более 40 мм, а для пустотных фундаментов не более 20 мм. Прочность щебня – по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ».

Передачу усилий обжатия на бетон с напрягаемой арматурой следует производить после достижения фундаментом требуемой передаточной прочности.

Нормируемая передаточная прочность бетона должна быть не менее 70% прочности, соответствующей классу бетона по прочности на сжатие.

Для армирования фундамента следует применять арматурную сталь следующих видов и классов:

- в качестве ненапрягаемой продольной арматуры – стержневую горячекатаную арматуру периодического профиля классов А300 (А-II) и А400 (А-III) по ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций», термомеханически упрочненную классов А400 (А-III) и А600 (А-IV) – по ГОСТ 10884-94 «Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций»;

- в качестве напрягаемой продольной арматуры – горячекатаную и термомеханически упрочненную стержневую классов А600 и А800 по -82 и , стальные арматурные канаты 1×7 по , а так же высокопрочную проволоку периодического профиля класса от Вр1200 до Вр1500 (Вр-II) по ГОСТ 7348-81 «Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций»;

- в качестве конструктивной арматуры (спирали, сетки, хомуты) – холоднотянутую проволоку из низкоуглеродистой стали класса В500 (В-I; Вр-I) по ГОСТУ 6727-80 «Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций», стержневую горячекатаную гладкую класса А240 (А-I) – по ГОСТУ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций».

К активным минеральным присадкам относят следующие тонкодисперсные вещества: микрокремнезём, шлак, зола унос, метакаолин, горелые породы, природные пуццоланы, цеолиты и другие [66]. В

большинстве случаев для получения высокофункциональных бетонов обязательно используется микрокремнезём [67, 68].

Микрокремнезём (МК) получают специально, или в качестве отхода при высокотемпературной обработке, более 1700 С, кремнезёмсодержащих исходных материалов, а также при возгонке кремния с последующим окислением, например, в производстве металлического кремния или ферросилиция. В результате образуется мелкодисперсный, пылеобразный, аморфный материал. В микрокремнезёме преобладают сферические частицы с размером от 1 до 0,01 мкм, со средней удельной поверхностью не менее 12000 м²/кг.

Для устойчивости к агрессивным средам применяют коррозионностойкий отсев камнедробления гранита.

Получают гранитный отсев при изготовлении, как дополнительный продукт производства. При этом количество получаемого сырья может достигать до 16% от основного продукта. В гранитный отсев входят все элементы, где фракция равна или меньше 5 мм. В производстве обычно встречаются фракции 0 до 5 мм.

Основные характеристики отсева гранита (ОГ): прочность (1200), морозостойкость (F 300).

В настоящей работе использовали стандартные методы исследований цементного камня и бетона, а также специальные приёмы исследований, которые приведены в ходе изложения материала. Использовали различные физико-химические методы исследований бетона.

Основные свойства бетона, такие как прочность при сжатии и растяжении, деформативные свойства, морозостойкость, определяли по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение» и ГОСТ 109060.1-95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости».

Подбор составов бетона производился с помощью методов оптимизации и математической статистики с учетом рекомендаций и опыта, освещённых в работах В.Г. Батракова, Ю.М. Баженова, Г.И. Горчакова, А.А. Кулибаева, М.И. Хигеревича и др.

Кроме стандартных испытаний, определялись специфические свойства бетона при введении присадок.

Подбор состава производился по стандартной методике согласно ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава». Результаты подбора состава представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Подбор состава

Наполнители	Цемент, грамм	МК, кг	ОГ, кг	Вода, лт.	Щебень, грамм	Песок, грамм	В/Ц	ρраст, кг/м ³
Без присадок	6000	-	-	20	10200	7600	0,345	25840
ОГ	5000	-	1,5	17	11000	7900		26100
ОГ+МК	5000	3,5	5	17	11000	7500		26050

Применение присадок позволяет получать качественные бетонные смеси, приготовление которых должно производиться в смесителях принудительного действия при фиксированной продолжительности перемешивания, так как это существенно влияет на реологические свойства бетонной смеси.

Лабораторные исследования проводились согласно стандартной методике, на основе подобранного состава представленного в таблице 1.2.

Для приготовления бетонной смеси и эффективного анализа полученной смеси на расслаиваемость использовали смеситель принудительного действия, а время перемешивания определили – 5 мин. Однородность бетонной смеси определяли по коэффициентам вариации расслоения и прочности бетона. Результаты исследования расслаиваемости бетона представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Свойства бетонной смеси

Присадки	ρфакт кг/м ³	ОК, см	Купл	Расслаиваемость, %		Сохраняемость смеси, мин	Однородность, %
				Водоотделение	Растворотделение		
Без присадок	2640	4,2	0,898	0,4	3	35	4±1,5
ОГ	2700	3,1	0,870	0,4	1,2	45	2±0,5
ОГ+МК	2700	3	0,892	0,15	0,5	45	1±0,5

Полученные результаты представленные в таблицы 1.2 соответствуют нормативно-техническим требованиям.

Для выявления влияния исследуемых минеральных присадок на прочностные свойства бетонов проводились сравнительные испытания образцов без присадок, с присадками и при совместном введении микрокремнезёма и отсева гранита.

Результаты испытаний представлены на рисунке 1.5, в качестве испытуемых образцов были взяты стандартные кубы размерами 100×100×100 мм.

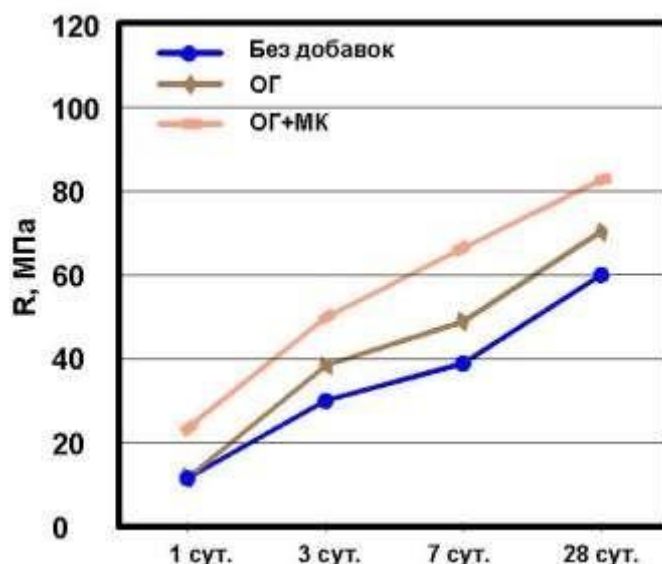


Рисунок 1.5 – Прочность исследуемых образцов бетона с минеральными присадками и наполнителем при сжатии

Установлено, что введение минеральной присадки микрокремнезема и наполнителя ОГ в комплексе значительно увеличивают прочность бетона в отличие от образцов без присадок и только с наполнителем ОГ.

Совместное применение микрокремнезёма и наполнителя ОГ в первые сутки твердения в нормальных условиях повышают прочность бетона в два раза от образца без присадок. Результаты испытаний в возрасте 28 суток образца без присадок составила 60 МПа, у образца с присадкой ОГ – 72 МПа. Наибольший показатель прочности получен у образца с присадкой МК и ОГ – 85 МПа. В дальнейшие сутки значительного роста прочности образцов не наблюдалось.

Во все сроки твердения наибольшая прочность достигается при совместном действии наполнителя (ОГ) и микрокремнезёма.

Таким образом, повышение количества наполнителей улучшает структуру цементного камня с модифицированными присадками, способствует увеличению его прочности, таблица 1.3.

Таблица 1.3 – Относительная прочность бетона, в кг/см²

Образцы	Прочность при сжатии, в кг/см ²			
	первые сут.	третий сут.	седьмые сут.	Двадцать восьмые сут.
ОГ	91,7	124,9	124,9	115,9
ОГ совместно с МК	199,1	163,8	169,1	138

Важнейшей характеристикой бетона является прочность на растяжение при изгибе. Результаты испытаний образцов – балок 10×10×40 см приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Прочность получаемых бетонов на растяжение при изгибе, МПа

Образцы	Прочность при изгибе, МПа			
	первые сут.	третий сут.	седьмые сут.	Двадцать восьмые сут.
Без присадок	1,2	2,9	3,8	5,8
ОГ	1,1	3,8	4,4	6,9
ОГ совместно с МК	2,6	4,8	6,7	8,2

В возрасте 28 суток твердения можно отметить модифицирующую роль минеральных присадок ОГ+МК, которая способствует формированию структуры цементного камня, за счет чего повышается прочность на растяжение и при изгибе. Прочность бетона при изгибе без присадок составляет 5,7 МПа, с ОГ – 6,8 МПа. Совместное введение минеральных присадок и наполнителя ОГ+МК повышает прочность $R_{изг}$ до 8,1 МПа. Дальнейшее увеличение прочности бетона замедляется, и в конечном этапе набирает прочность 8,5 МПа. Такие высокие значения по прочности на растяжение при изгибе бетонов позволяют рассчитывать на их высокую надёжность.

Данные по водопоглощению образцов бетона по массе с использованием минеральных присадок после 28 суток нормального твердения приведены на рисунке 1.6.

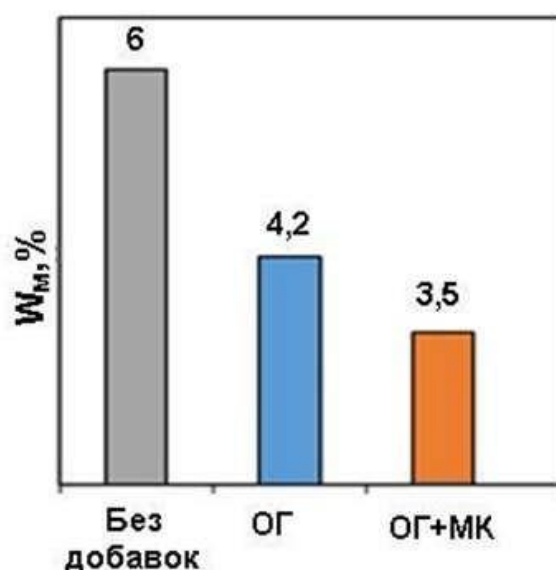


Рисунок 1.6 – Водопоглощение образцов бетона по массе

Из полученных данных следует, что при введении в бетонную смесь отсева гранита происходит снижение водопоглощения с 6 до 4,2% в возрасте 28 суток, согласно полученному результату мы видим снижение водопоглощения. Это говорит об уплотнении структуры бетона и уменьшении открытых пор. Наименьшее водопоглощение показал образец с

комплексным применением ОГ и МК в возрасте 28 суток – 3,5%, что говорит об эффективности частиц кремнийсодержащих наполнителей, которые наполняют внутренние микро- и макро- поры.

Полученные результаты позволяют использовать такой бетон для производства фундамента, работающих в агрессивной среде.

Морозостойкость бетона определялась по ускоренному методу, который проводился согласно ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости». Образцы помещались в морозильную камеру в закрытых сверху ёмкостях, наполненных 5%-м водным раствором хлорида натрия, так, чтобы расстояние между стенками ёмкостей и камеры было не менее 50 мм. Температуру в закрытой камере понижали до минус $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ и поддерживали в течение 2,5 ч. Затем температуру в камере повышали до температуры минус 10°C в течение $(1,5\pm 0,5)$ ч, после чего образцы размерами $100\times 100\times 100$ мм оттаивали в 5%-м водном растворе хлорида натрия при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 2,5 ч. Водный раствор хлорида натрия меняли в ёмкостях через каждые 20 циклов. Образцы обтирали влажной тканью, взвешивали и испытывали на сжатие. Морозостойкость определяли на 9 образцах, в качестве контрольного был взят образец без присадок. Результаты испытаний представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Морозостойкость бетона

Образцы R, МПа	Циклы и марка					
	7 и F-100	12 и F-150	24 и F-200	36 и F-300	48 и F-400	96 и F-500
Без присадок	64	52	-	-	-	-
ОГ	76	74	68	-	-	-
ОГ совместно с МК	92	90	92	94	94	84

Все испытанные на морозостойкость образцы бетона формовали из смеси с одинаковым значением $V/C = 0,35$. Наименьшие значения морозостойкости показали образцы бетона без присадок – F 100, которые были изготовлены с повышенным расходом цемента и воды, без изменения V/C в целях обеспечения равноподвижности бетонной смеси. Введение ОГ позволило повысить морозостойкость бетона до F 150. Можно отметить, что прочность основных образцов бетона до 10 циклов возрастала, что позволяет предположить недостаточную стабильность структуры гидратных фаз цементного камня. На некоторых образцах бетона с ОГ отмечалось шелушение поверхности с обнажением зёрен наполнителя после 20 циклов замораживания и оттаивания. Введение микрокремнезёма совместно с ОГ повышает морозостойкость бетона до F 500. Следовательно, пуццоланизация является эффективным способом повышения морозостойкости бетона при постоянном V/C за счет формирования аморфизированных гидратных фаз повышенной стабильности. Таким

образом, по результатам испытания морозостойкости и прочности образцов бетона можно сделать заключение, что наиболее стойкая структура цементного камня формируется в присутствии минеральных присадок МК в комплексе с наполнителем ОГ, за счет увеличения количества низкоосновных аморфизированных гидросиликатных фаз и уменьшения содержания свободного портландита в структуре цементного камня [68].

Анализ нормативно-технической документации и опыта производства высокопрочного бетона показал высокую эффективность железобетона на основе минеральных присадок и наполнителей, позволяют получать изделия отвечающие строительно-техническим и физико-механическим показателям, согласно требованиям ГОСТ к железобетонным, работающим в агрессивных условиях.

1.3 Способ производства высокопрочного бетона для фундамента, работающих в агрессивной среде

Способ производства железобетонных фундаментов на заводе требует тщательной обработки всех элементов. Технология изготовления бетона на заводе учитывает все факторы, которые могут влиять на качественные показатели. Точность дозирования элементов позволяет получить бетон с проектируемыми качественными показателями.

Одним из важных аспектов заводов по производству высокопрочных бетонов является качественный подбор присадок. Для производства бетона разного назначения требуется индивидуальный подход, в зависимости от эксплуатационных требований к материалу. На рисунке 1.7 представлен железобетонный завод.



Рисунок 1.7 – Железобетонный завод

Нами рассмотрен бетон для фундамента, работающих в агрессивной среде. Основными критериями, влияющими на свойства такого бетона,

являются: прочность, коррозионная стойкость, морозостойкость. В работе Ткач Е.В. представлены теоретические положения высокоэффективных модифицированных гидрофобизированных бетонов, согласно которой в цементных материалах микроструктура формируется в результате реакций гидратации цемента. Свойства цементных материалов на этом уровне зависят от химического и минералогического состава портландцементного клинкера, дисперсности (тонкости помола) цемента, условий твердения, вида и строения ПАВ и концентраций химических присадок в материале.

Процессы структурообразования на микроуровне, способствующие улучшению основных характеристик материала – прочности, деформативности, долговечности увязываются с современными теоретическими представлениями о твердении цемента, которые, как правило, развивают теории гидратации цемента по Ле-Шателье.

По А.А. Байкову, формирование структуры разделяется условно на три стадии: растворение, коллоидация и кристаллизация.

По М.И. Хигеровичу и В.И. Соловьеву, коррозионная стойкость цементных материалов зависит также от наличия гидрофобизирующих «вкрапленников», которые регулируют не только процессы массопереноса, но и модифицируют продукты гидратации вяжущего, обеспечивая тем самым снижение дефектов в структуре цементного камня от действия процессов коррозии и корразии. При этом, модифицированные продукты гидратации цемента обеспечивают длительное сохранение клинкерного фонда, который участвует в процессах «самозалечивания» микротрещин, вызванных различными видами воздействия (коррозия и корразия, механические и другие воздействия). В процессе «самозалечивания» образуются плотные, прочные сростки гидросиликатов кальция низкой основности, что придает бетону высокую долговечность.

Применение гидрофобизирующих веществ на основе кремнийорганических соединений не обеспечивает протекание процессов «самозалечивания». В случае, если даже образуются гидратные соединения, которые наполняют микротрещины цементного камня, то они не образуют плотных кристаллических гидрофобизированных сростков. Причиной тому является разрушение кремнийорганических соединений при действии на них щелочей цемента [62]. В данном случае можно говорить о совместимости кремнийорганических соединений с продуктами гидратации цемента только по истечении длительного периода эксплуатации (пять лет и более) [63].

Практика показывает, что именно совместимость с цементом гидрофобизирующих присадок, разработанных школой профессора М.И. Хигеровича, явилась залогом их успешного применения в технологии бетона.

Учитывая вышеизложенное, нами были разработаны комплексные гидрофобизирующие модификаторы и гидрофобные трегеры и развиты

научно-практические положения рациональной объёмной гидрофобизации цементных систем.

Модификаторы являются основным элементом, позволяющим улучшать строительно-технические свойства бетона, придавая материалу в процессе его получения необходимые свойства. Определение применения модификаторов зависит от заданных свойств бетона и его назначения.

На практике, модифицирование таких строительных материалов как вяжущие, растворы и бетоны осуществляют путём применения различных видов химических присадок-модификаторов, физических воздействий (помол, вибрация, термообработка), механо-химических процессов (магнитная обработка, агломерация) и других.

Применительно к цементным системам под модификаторами подразумеваются вещества, улучшающие свойства бетонных (растворных) смесей и строительно-технические свойства бетонов (растворов).

1.3.1 Формирование структуры и свойств цементного камня в бетоне с помощью пластифицирующих присадок

Одним из наиболее перспективных и эффективных направлений повышения качества материалов, в современном строительстве, является широкое использование различных органических и неорганических веществ в качестве присадок. Вводимые в бетон в десятых и сотых долях процента от массы цемента, присадки существенно влияют на физико-химические процессы твердения и создание благоприятной с точки зрения стойкости структуры бетона. Такие вещества называют модификаторами бетонной смеси и бетона [43].

Ещё за много столетий до нашего времени древними мастерами практиковалось применение различных присадок, в том числе гидрофобных органических веществ, для повышения водостойкости [45].

И только с начала тридцатых годов XX века использование модифицирующих присадок в бетонах и растворах вновь входит в практику строителей, но уже на новом научно-техническом уровне. С появлением присадок-модификаторов, улучшающих качественные показатели бетона, возникли новые возможности в строительной отрасли. Одним из немаловажных факторов эффективности присадок стала возможность проведения исследований структуры цементного камня, его поведения в процессе твердения и схватывания, а также изучение макро- и микропор, позволяющие определить пластифицирующие свойства бетона.

В современном строительстве широко используют различные органические и неорганические вещества.

Модифицирующие присадки для цемента и бетона классифицируют по качеству, назначению, технологическим эффектам [46]. По функциональности модификаторы различаются как регуляторы скорости твердения цемента, гидрофобизаторы и пластификаторы [47].

Существует ряд классификаций модификаторов цемента и бетона. Так, Комитет по присадкам Американского института бетона классифицирует присадки по химическому составу и достигаемому технологическому эффекту. В работе [51] авторы классифицируют модификаторы по функциональному назначению: регуляторы скорости твердения цемента, повышающие физико-механические свойства и стойкость к воздействию агрессивных сред.

Наибольший интерес представляет классификационная схема по стандарту NBN №805-01 (Бельгия), согласно которой модификаторы разделяются на три класса: регуляторы реологических свойств, кинетики твердения цемента, раствора и бетона и регуляторы их физико-механических характеристик [52].

Государственной комиссией по присадкам Франции предлагается различать модификаторы как ускорители схватывания и твердения, воздухововлекающие, противокоррозионные, повышающие морозостойкость, гидрофобизаторы, пластификаторы [53].

П.А. Ребиндер предложил классифицировать присадки поверхностно-активных веществ (ПАВ) по механизму действия. Все ПАВ разделяются на ионогенные и неионогенные соединения по способности образования ионов в вязкой среде. Такой подход, по В.И. Соловьеву, представляет интерес при подборе композиционных составов дисперсий различного назначения.

М.И. Хигерович, Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман и В.Е. Байер классифицируют модификаторы по функциональному воздействию на цементные системы: пластифицирующие, гидрофобизирующие с эффектом пластификации, воздухововлекающие, регулирующие скорость схватывания и твердения, интенсифицирующие помол цемента.

Заслуживает особого внимания классификация В.Б. Ратинова по механизму действия модификаторов на процессы твердения цемента с учетом возможного их взаимодействия с продуктами гидролиза и гидратации минералов цементного клинкера [54], позволяющая учитывать структурные изменения при формовании бетона и прогнозировать физико-механические свойства бетонных и железобетонных изделий. В России в настоящее время придерживаются классификации присадок по ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов. Общие технические требования» (таблица 1.7).

Таблица 1.6 – Классификация присадок по ГОСТ 24211

Регулирующие реологические свойства бетонных смесей (увеличивающие подвижность или снижающие жесткость)	Суперпластификаторы (I группа)
	Сильнопластифицирующие (II группа)
	Среднепластифицирующие (III группа)
	Водоудерживающие (IV группа)
	Стабилизирующие (предупреждающие расслоение)

Продолжение таблицы 1.6

	Замедляющие схватывание
--	-------------------------

Регулирующие схватывание бетонных смесей и твердение бетона	Ускоряющие схватывание
	Ускоряющие твердение
	Обеспечивающие твердение при отрицательных температурах (противоморозные)
Придающие бетону специальные свойства	Уменьшающие смачивание (гидрофобизирующие)
	Изменяющие электропроводность
	Повышающие противорадиационную защиту
	Повышающие бактерицидные и инсектицидные свойства
	Красящие
	Повышающие стойкость в агрессивных средах
	Повышающие жаростойкость
	Повышающие защитные свойства бетона к стали (ингибиторы коррозии стали)
Минеральные порошки – заменители цемента	

Как показывает практика, при разработке новых составов полифункциональных модификаторов удобнее пользоваться классификацией, предложенной В.Г. Батраковым и др. [45-62], в которой все комплексные присадки условно делятся на три большие группы: смеси электролитов (I), смеси поверхностно-активных веществ (II), смеси электролитов и ПАВ (III).

В Казахстане технологи также руководствуются этими рекомендациями.

В технологии вяжущих, растворов и бетонов различного назначения присадки стали неотъемлемой частью всех видов бетонов [47]. В развитых странах мира практически весь применяемый в строительстве бетон содержит химические присадки различного рода. В Казахстане не более 40% бетона изготавливается с применением различных присадок. Вводятся они в целях направленного регулирования свойств как бетонной смеси на стадии её приготовления, транспортировки и укладки, так и затвердевшего бетона. Зарубежный опыт использования суперпластификаторов различного происхождения показывает схожесть решения задач, связанных с получением эффективного бетона заданных свойств.

Доказано влияние индивидуальных ПАВ и комплексных присадок на их основе на размолоспособность сырья, структурно-механические и упруго-пластические свойства сырьевого цементного шлама различной структуры. Изучены пути снижения влажности с целью интенсификации процессов клинкерообразования. Цемент, полученный из клинкера и содержащего присадку, имеет прочность на 5,0-6,0 МПа выше по сравнению с прочностью цемента, полученного на клинкере из без присадочного шлама.

В основе существенного улучшения свойств бетонов лежат происходящие в цементной системе сложные коллоидно-химические и физические явления, которые поддаются воздействию модификаторов. Модификаторы вводят в цементные вяжущие:

- для снижения вязкости цементно-водных суспензий и улучшения

свойств бетонных смесей, вследствие чего достигается увеличение подвижности бетонных смесей, вплоть до достижения «литой» консистенции самоуплотняющихся смесей при нормальных расходах исходных материалов;

- для сокращения расхода воды затворения более чем на 20% и получения высокопрочного бетона (М600 и выше) из удобоукладываемых бетонных смесей на основе рядовых портландцементов;

- для изменения структуры цементного камня и бетона с увеличением их прочности и стойкости к многократным попеременным физическим воздействиям;

- для регулирования скорости процессов гидратации цемента и твердения бетона; снижения расхода цемента до 25% при обеспечении заданной удобоукладываемости бетонной смеси и прочности бетона.

Комбинирование приведенных эффектов обеспечивает получение бетонной смеси и бетона заданных свойств. Одновременно модификаторы позволяют получить существенный экономический эффект за счет снижения энерго- и трудозатрат на формование, тепловую обработку, что приводит к повышению производительности труда, снизить материалоемкость конструкций за счет изготовления из высокопрочных бетонов.

В Казахстане, а также в дальнем зарубежье (ФРГ, Франция, Япония, Великобритания, Бельгия) пошли по пути создания комплексных полифункциональных модификаторов (ПФМ). При разработке ПФМ взят подход М.И. Хигеровича, Г.М. Горчакова, который позднее был развит в работах казахстанских ученых, предложивших введение в любой комплекс ПФМ гидрофобизирующего ингредиента. Научные исследования и практический опыт показали эффективность и перспективность приготовления присадок с применением способа эмульгирования гидрофобизирующих ингредиентов, присадок в прямые эмульсии в присутствии гидрофилизатора. Это связано с тем, что эффективность действия в цементных системах отдельных гидрофилизатора и гидрофобизатора намного ниже, чем когда они применяются в комплексе.

В Казахстане разработаны эффективные технологии приготовления гидробизирующих присадок в виде водоразбавляемых (прямых) эмульсий типа «масло в воде». Комплексные присадки, содержащие гидрофобизирующие ингредиенты, называют гидрофобизирующими комплексными модификаторами. Отмечено, что функциональные возможности как гидрофобизирующей присадки, так и суперпластификатора значительно увеличиваются при их совместном применении. Положительное действие комплексных гидрофобизирующих присадок достигается за счет проявления синергического эффекта в сторону роста удобоукладываемости, прочности, водонепроницаемости, морозостойкости и долговечности, что позволяет существенно

интенсифицировать производство бетонных работ, сократить тепло- и энергозатраты и снизить материалоемкость конструкций.

Кратко остановимся на конкретных решениях, которые можно условно считать вехами в технологии высокоэффективных модифицированных бетонов. Одним из первых шагов в развитии применения химических присадок в бетон являются разработки М.И. Хигеровича. Дальнейшее применение и разработка химических присадок–модификаторов различных назначений, от пластифицирующих до гидрофобизирующих, отражены в работах В.И. Соловьева, Г.И. Горчакова. Они представляют собой поверхностно- активные вещества более высокой качественной категории, чем гидрофилизаторы и гидрофобизаторы, взятые в отдельности. Совместное применение таких присадок облегчает превращение гидрофобизирующего элемента в водоразбавляемую жидкость, которую удобно вводить с водой затворения при изготовлении строительных смесей [48].

Базовым модификатором гидрофобно-пластифицирующего действия является полифункциональная комплексная гидрофобно-пластифицирующая присадка (ГПП), представляющая собой прямую эмульсию кубовых остатков синтетических жирных кислот (КОСЖК) в 50%-м водном растворе сульфитно- дрожжевой бражки (СДБ) в соотношении 1:1 по сухому веществу.

В работах учеников школы М.И. Хигеровича показано, что наибольший эффект в цементных системах достигается от применения комплексных гидрофобизирующих модификаторов типа ОМД и КОМД-С.

Модификаторы гидрофобизирующего действия, разработанные научными коллективами МИСИ им. В.В. Куйбышева, Казахской головной академии строительства и архитектуры (КазГАСА), изготавливаются из недефицитного сырья, побочных продуктов нефтехимии, масло-жировой, целлюлозно-бумажной и химической промышленности. Они недороги и не вызывают интоксикации организма человека. Гидрофобизирующие присадки положительно влияют на физико-технические свойства бетона и железобетона не только в ранние сроки, но и в течение всего периода эксплуатации строительных объектов.

Основными элементами модификаторов предлагаются: гидрофилизаторы (суперпластификаторы С-3, СП «40-03», или технические лигносульфонаты – ЛСТ); гидрофобизаторы (соапстоки растительных масел, кубовые остатки синтетических жирных кислот, низкоарочные битумы); соли неорганических и органических кислот (нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК), тиосульфат натрия, триэтаноламин).

Составы эффективных гидрофобизирующих модификаторов пролонгированного действия конструируются таким образом, чтобы достичь взаимного усиления действий ингредиентов в цементных системах. Функциональные возможности гидрофобизирующих присадок увеличиваются при их совместном применении с суперпластификатором.

Наибольшая эффективность выявлена у комплексных присадок С-3 плюс КОД-С, С-3 плюс КОМД-С. Эти присадки позволяют получать бетоны практически с любыми заданными свойствами. При этом достигается экономия расхода суперпластификатора до 50%, что снижает стоимость бетона. В качестве гидрофобизаторов экономически выгодно применять кубовые остатки синтетических жирных кислот, синтетические жирные спирты, соапстоки, битумы низких марок и др.

Применение суперпластификаторов как индивидуально, так и в комплексе с другими ингредиентами, например с солями неорганических кислот, полимерами стало значимым направлением в технологии модифицированного бетона.

Многообразие и различие свойств продуктов относящихся к категории суперпластификаторов, их широкая область применения привели к необходимости их классификации, что было сделано в Великобритании. Согласно британской классификации, суперпластификаторы в зависимости от химического состава подразделяются на следующие группы:

- 1) сульфированные меламинформальдегидные смолы комплексные присадки на их основе;
- 2) продукты конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида и комплексные присадки на их основе;
- 3) модифицированные (очищенные и практически не содержащие сахаров)лигносульфонаты и комплексные присадки на их основе.

Широкое применение пластифицирующих присадок было вызвано увеличением требований к бетону, одними из которых являются увеличение прочности и морозостойкости. Для улучшения данных параметров, основной задачей, является уменьшение количество макро- и микропор в цементном вяжущем. Основной причиной образования данных пор является гидрофобная структура цемента. Часть воды, не вступившая в реакцию с цементным вяжущим, образует на поверхности его частиц скопление воды, которая не вступает в реакцию с вяжущим и не высвобождается на поверхность раствора, так как находится в окружении частиц цемента. После схватывания цементного камня вода постепенно вступает в реакцию с вяжущим, оставляя после себя микро- и макропоры.

Комплексное применение минеральных и пластифицирующих присадок обеспечивает высокие строительно-технические свойства. В работах Л.Я. Крамара, А.И. Кудякова, Б.Я. Трофимова и К.В. Шулдякова представлены исследования микрокремнезёма в комплексе различных пластифицирующих присадок MasterGleniumACE 430 (ACE), представляющем собой водный раствор поликарбоксилатного эфира и СП-1 нафталинформальдегидный суперпластификатор (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Прочность и пористость цементного камня в различном возрасте 28 суток

Состав	В/Ц	Открытая пористость, %	1 сутки	3 сутки	9 сутки	32 сутки
1% ACE 440	0,234	9,6	37,9	66	77,2	110
1% СП-1	0,242	9,92	47,2	67,1	77,1	83,1
1% ACE + 10% МК	0,266	8,72	38,9	68,2	73,9	109,8
1% СП-1 + 10% МК	0,268	9,2	25,1	43,9	60,8	86

Исследования показывают высокие показатели прочности бетона при использовании комплекса различных пластифицирующих присадок и микрокремнезёма.

Выводу по разделу 1

1. Исследование и разработка технологии изготовления бетона, работающих в тяжелых условиях и агрессивных средах является актуальной научно-технической задачей, а использование высокопрочных бетона с высокими показателями качественных характеристик позволяют значительно увеличить сроки эксплуатации конструкций и снизить риски аварийности зданий.

2. Проведен анализ требований нормативных документов к условиям производства и качественным характеристикам бетона, работающих в агрессивной среде. Существующие способы говорят о возможности и высоком потенциале дальнейшего развития качественных показателей бетона.

3. Способ производства железобетонных бетона на заводе требует тщательной обработки всех элементов. Согласно литературным данным, гидрофильно-гидрофобные присадки позволяют не только улучшать качественные показатели бетона, но и управлять ими.

4. Анализ литературных данных показывает, что в процессе применения химических присадок специалисты стремятся найти удобные и эффективные способы их приготовления и введения в цементные бетоны и растворы, а также возможность применять эффективные присадки комплексе для значительного улучшения их строительно-технических характеристик.

2 Используемые материалы и методы исследования

2.1 Используемые сырьевые материалы

Для проведения исследований и выполнения поставленной цели и задач использовали материалы, соответствующие требованиям национальных стандартов.

Сырьевые материалы были приняты согласно географическому расположению заводов производителей, а также качественным показателям материала, предъявляемым к армированным железобетонным изделиям.

В качестве вяжущего была принята продукция Новокарагандинского и Усть-Каменогорского цементных заводов, ввиду доступности данного вяжущего.

Основные характеристики принятых цементных вяжущих приведены в таблице 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Химические свойства цементов. Химический состав портландцемента

Вид цемента	Марка цемента	Условная маркировка цемента	Химический состав, в %				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Карагандинский портландцемент	ПЦ500-Д	1	22,86	6,1	3,82	62	262
Усть-Каменогорский портландцемент	ПЦ500-Д	2	21,6	5,9	3,88	64	2,04

Таблица 2.2 – Минеральный состав цементов

Условная маркировка цементов	Содержание минералов, %				Содержание гипса по SO ₃ , %	Содержание активных минеральных присадок, %
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		
I	46,88	18,21	8,74	14,48	2,10	-
II	53,48	15,02	8,34	13,92	2,15	-

Результаты испытаний цементов приведены в таблице 2.3 (по ГОСТ 310.1- 76, ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка»).

Таблица 2.3 – Результаты испытаний цементов

Условная маркировка цементов	Удельная поверхность, см ² /г	В/Ц	Сроки схватывания		Предел прочности через 28 суток, МПа	
			начало час-мин	конец час-мин	при изгибе	при сжатии
I	3200	0,39	2 – 50	7 - 40	6,2	48,5
II	3300	0,40	2 – 40	7 - 10	6,8	50,2

Применяемые цементные вяжущие соответствуют требованиям ГОСТ 10178-85* «Портландцемент, шлакопортландцемент. Технические условия», ГОСТ 22266-94 «Сульфатостойкий портландцемент» и ГОСТ 30515-97 «Цементы. Общие технические условия».

В качестве вяжущего для бетонных изделий, работающих в агрессивной среде, в основном применяют сульфатостойкий портландцемент, который, имея ограниченное содержание в клинкере С₃А, как показывает практика эксплуатации бетонных фундаментов в агрессивной среде, менее подвергается коррозии.

Крупный и мелкий наполнитель

В качестве крупного и мелкого наполнителя применялись щебень и песок карьеров Карагандинской и Акмолинской областей.

Испытание наполнителей и определение их свойств производились по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы их физико-механических испытаний» и по ГОСТ 8735-88* «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

Песок по своим свойствам соответствует требованиям ГОСТ 8736-2014 как мелкий наполнитель для бетона.

Для обеспечения постоянных качественных характеристик наполнителей они промывались до содержания илистых, пылеватых и глинистых частиц не более 0,1% по массе и высушивались до постоянной массы при температуре 100±5°С.

Результаты испытаний свойств мелкого и крупного наполнителей приведены в таблицах 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4 – Результаты испытаний песков

Месторождение песка	Характеристика песка				
	модуль крепости, бар.	насыпная плотность, кг/м ³	плотность, кг/м ³	пустотность, %	Загрязнен-ность, %
Николаевское (Алматы)	2,32	1500	2685	44,1	2,78
Токаревское (Караганда)	2,41	1512	2690	43,2	1,85
Акмолинское(Нұр- Сұлтан)	2,34	1520	2675	43,1	2,11

Таблица 2.5 – Технические характеристики щебня

Показатель	Полученное значение				Соответствие ГОСТ 8267-93
	размер сит, мм	полный остаток, %	размер сит, мм	полный остаток, %	
Влажность, %	1,0		0,8		-
Истинная плотность, кг/м ³	2730		2730		-
Насыпная плотность, кг/м ³	1550		1530		-
Гранулометрический состав	>30	0,5	>20	3,6	Соответствует
	20...30	63,9	10...20	53,8	
	10...20	94,8	5...10	98,1	
	<10	100	<5	100	
Количество глинистых и пылеватых примесей, %	1,0		0,5		Соответствует
Плотность вещества, г/см ³	2,73		2,75		-
Пустотность, %	43,9		46,2		-
Дробимость	Др12		Др12		-
Прочность на сжатие (кгс/см ²)	1400		1400		-
Морозостойкость	F300		F400		-

Таким образом, щебень соответствует требованиями ГОСТ 8267-93.

2.2 Используемые присадки, наполнители и полимерный элемент

Пластифицирующие присадки

Суперпластификатор С-3 получают на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфо кислоты и формальдегида. Суперпластификатор С-3 должен отвечать требованиям ТУ 5870-005-58042865-05.

Основные свойства получаемого суперпластификатора представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Свойства суперпластификатора С-3 (ТУ 5870-005-58042865-05 сухой и жидкой форме)

Наименование показателя	Норма	Методы испытаний
1	2	3
Внешний вид	Порошок или жидкость темно-коричневого цвета	Визуально
Массовая доля основного вещества в растворе в пересчете на сухой продукт, %, не менее	38%	Высушивание до постоянной массы
Водородный показатель рН водного раствора С-3	рН 7,0-8,0	рН-метр
Плотность 38%-го раствора при 20°С, г/см ³	1,05-1,20	ГОСТ 18995-73
Массовая доля воды, %, не более	62	Высушивание до постоянной массы
Массовая доля золы в пересчете на сухой продукт, %, не более	40	Прокаливание до постоянной массы

Поставляется С-3 в сухом и жидком виде: в жидком виде водного раствора 38-39%-ной концентрации в полимерных, и металлических ёмкостях. Водный раствор суперпластификатора С-3 не изменяет своих свойств при нагревании и замораживании до минус 40°С. В сухом виде суперпластификатор С-3 поставляется в мешках по 25 кг. Производитель – ЗАО «Владимирский ЖБК».

Полимерный элемент

В качестве полимерного модификатора использовали суспензионный, эмульсионный и массовый марок поливинилхлорид-С70, поливинилхлорид-Е70 и поливинилхлорид-М70 соответственно, свойства которых представлены в таблице 2.7.

В качестве ускорителя твердения бетона в состав комплексного модификатора вводили нитрит-нитрат кальция (ННК), который соответствовал требованиям ТУ 6-18-194-76 и нитрат натрия (НН), соответствующий требованиям ГОСТ 19906 и ТУ 38-102274.

Таблица 2.7 – Свойства пластифицированного поливинилхлорида

Показатели	Свойства		
	поливинилхлорид С - 70	поливинилхлорид Е - 70	поливинилхлорид М - 70
Плотность, кг/м ³ × 10 ³	1,4 - 1,44	1,30 - 1,35	1,20 - 1,30
Насыпная плотность, кг/м ³	565 - 610	460 - 560	440 - 510
Константа, К	74 - 78	72 - 74	69 - 71
Молекулярная масса, × 10 ³	135 - 140		
Размеры частиц, мкм	160 - 190	130 - 160	110 - 130
Термостабильность при 453К, не менее	30	20	40
Продолжительность поглощения пластификатора, мин, не более	20	30	40

Содержание нитрита кальция не менее 5,5%; нитрата кальция не более 10%. Бетонную смесь затворяли водой, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

Активная минеральная присадка

В качестве активной минеральной присадки применяли микрокремнезём АО «ТОО «Tau-Кеп Темір», г. Караганда. Микрокремнезём является эффективной присадкой в высокопрочные бетоны, в том числе в виде органоминеральной присадки. Его получают при высокотемпературной обработке исходных материалов, содержащих кремнезём. Обработка связана с процессом возгонки оксидов кремния. При конденсации продуктов возгонки в процессе охлаждения образуется мелкодисперсный коллоидоподобный, большей частью аморфный материал. Преобладающий размер частиц микрокремнезёма – от 2...3 до 0,01 мкм. Рентгенофазовым анализом установлено наличие в микрокремнезёме оксида кремния в виде коэсита или коусита. Это придает ему высокую химическую активность в водной среде. Это - высокобарическая модификация, : SiO₂. Средняя плотность 2,95...3 г/см³, твёрдость 7,5...8 по шкале Мооса. При снижении давления переходит в кварц. Поэтому, нахождение коэсита в микрокремнезёме маловероятно.

Микрокремнезём является побочным продуктом металлургического производства. Его получают в процессе выплавки ферросилиция и его сплавов, который образуется в результате восстановления кварца высокой частоты в печах металлургических заводов. Применяемый микрокремнезём соответствует требованиям стандарта организации СТ ТОО 626-1930-01-156-002-2012.

В производственном процессе выплавки ферросилиция часть монооксида кремния переходит в газообразное состояние, окисляясь и

конденсируя, образует мелкие шарикообразные частицы низкой плотности с большим содержанием аморфного кремнезёма.

При выплавке 1 тонны ферросилициевых сплавов выделяется около 300 кг микрокремнезёма. По мере повышения содержания кремния в сплаве увеличивается количество двуоксида кремния SiO_2 . Химический состав микрокремнезёма приведен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Химический состав микрокремнезёма

Оксид	Содержание оксидов, %	Оксид	Содержание оксидов, %
SiO_2	90,8	SO_3	0,17
Al_2O_3	0,76	Na_2O	1,22
Fe_2O_3	1,22	K_2O	1,86
CaO	-	TiO_2	0,02
MgO	0,03	-	2,48

В составе микрокремнезёма отмечается высокое содержание SiO_2 – более 90%, а также – более 3% суммарное количество щелочных оксидов.

Коррозионностойкий наполнитель

Гранитный отсев – материал, который получают при дроблении и сортировке гранитного щебня. Щебень обрабатывают методом грохочения – разделяют на фракции. Гранитный отсев обычно серого цвета, реже встречается красный и розовый материал. Размер фракций варьируется от 0,1 до 5 мм, но не больше. Прочность – М1200. Степень радиоактивности у гранотсева равен 158Бк/кг. В этом материале содержится не больше 0,3% глинистых и пылевых частиц. Количество зерен неправильной формы – не более 14,5%. Морозостойчивость – F400. То есть, отсев выдерживает до 300 циклов полной заморозки и оттаивания. Насыпная плотность этого материала находится в пределах от 1,32 до 1,34 т/м³. Для получения коррозионностойкого наполнителя необходимо произвести помол до фракции от 0,5 мм.

Вода затворения

При проведении экспериментов использовалась водопроводная вода в соответствии с требованиями ГОСТ 23732.

2.3 Методы исследования

В диссертационной работе применялись стандартные методы исследования согласно актуальным нормативным документам – ГОСТ, СТ РК, СН РК СНИП, для исследования цементного камня применяли рентгенофазовый анализ, электронно-микроскопия и другие физико-механические анализы.

Свойства затвердевшего бетона, такие как прочность на сжатие, растяжение и изгиб, деформативные свойства морозостойкость, водонепроницаемость определялись по межгосударственным стандартам.

Испытания прочностных характеристик проводились согласно ГОСТ 10180- 2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Водопоглощение определяли согласно ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Морозостойкость определяли по ГОСТ 10060- 2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости (с поправками)». Выносливость определялась по ГОСТ 24545-81 «Бетоны. Методы испытаний на выносливость». Подбор состава производился согласно - 86

«Бетоны. Правила подбора состава». Методы испытаний проводили по ГОСТ 10181-2014. Также применяли неразрушающие методы исследования, в частности – ударно-импульсный метод определения прочности бетона по ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля». Применяли прибор ИПС-МГ 4.03 «Измеритель прочности бетона электронный».

Перечень приборов, применявшихся в исследовании в рамках диссертационной работы, приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Перечень приборов, применявшихся в исследовании в рамках диссертационной работы

Вид оборудования, прибора, инвентаря	Назначение оборудования, прибора, инвентаря	Модель
1	2	3
Пресс автоматический, 500 кН	Пресс, позволяющий проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и/или нагрузки на образец	Пилот, 500кН,
Рама для испытания на сжатие 3000 кН	Рама на сжатие, позволяющая проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и/или нагрузки на образец	Automax 3000кН,
Поромер, 7 л.	Предназначен для определения объема вовлеченного воздуха уплотненных бетонных смесей на плотных наполнителях	Controls,
Аппарат для теплоопределения цемента в процессе гидратации	Предназначен для теплоопределения цемента в процессе гидратации	Controls,
Ультразвуковой импульсный анализатор	Для определения прочности бетона, за счет ультразвуковых импульсов	Controls, 2016 г.в.
Измеритель прочности, склерометр	Прибор предназначен для оперативного неразрушающего контроля прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690	ИС-МГ4.01, 2014 г.в.
Виброплощадка лабораторная с механическим	Предназначена для следующих видов лабораторных испытаний: определение показателя жесткости бетонной смеси, изготовление контрольных	СМЖ-539,

Продолжение таблицы 2.9

Смеситель принудительного действия лабораторный для цементобетонных смесей	Смеситель предназначен для приготовления цементобетонной смеси в количествах, необходимых для изготовления лабораторных образцов	ЛЦ-ЦБ-10,
Мельница планетарная лабораторная периодического действия	Используется для перемешивания и гомогенизации эмульсий и паст, для механического активирования и легирования при исследовании материалов	МПП-1-1,
Грохот лабораторный	Грохот лабораторный КП-109/2 предназначен для определения зернового состава щебня (гравия) нефракционного и заданной фракции по ГОСТ 8269-76	КП-109,
Дробилка щековая	Щековая дробилка – это тип дробилки, использующей для разрушения кусков материала сжатие щёк	ЩД-10,
Климатическая камера	Позволяет точно моделировать агрессивное воздействие окружающей среды	Controls
Универсальный пресс UNIFRAME	Универсальный лабораторный пресс позволяющий проводить испытания: на сжатие при постоянной скорости, Маршалл, CBR, трехосное сжатие	Controls
Шкаф сушильный	Шкаф сушильный предназначен для сушки стеклянной и металлической посуды, образцов бетона, в лабораториях	СНОЛ 420/300

Электронная микроскопия предназначена для получения изображения среза частицы исследуемого образца с необходимым увеличением. В процессе исследования бетона структурное состояние в увеличенном состоянии позволяет определить поведение отдельных минералов и модификаторов в структуре цементного камня.

Рентгенофазовый анализ проводился для определения качественной оценки фазового состава цементного камня. Анализ фазового состава производился для определения минералов, составляющих исследуемый образец.

В работе были определены основные параметры качественных показателей высокопрочного бетона для железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде, необходимых для рекомендации разработки к производству.

2.4 Оптимизация состава высокопрочного бетона

Количество элементов высокопрочного бетона оптимизировали с применением метода математического моделирования.

Для оптимизации состава высокопрочного бетона на основе полимерного элемента (поливинилхлорида), микрокремнезема (МК),

суперпластификатора С-3 были выбраны три переменных фактора, влияющие на эксплуатационные характеристики высокопрочного бетона:

X_1 - содержание суперпластификатора С-3

X_2 – содержание полимера поливинилхлорида

X_3 – содержание микрокремнезема (МК)

В качестве выходных параметров выбраны,

Y_1 – прочность на сжатие МПа, Y_2 – морозостойкость F.

Были приняты во внимание оптимальный состав бетонной смеси подобранной по стандартной методике.

Результаты математического планирования эксперимента приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Результаты математического планирования эксперимента

X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
2,1	3,2	4,1	6	8
1,6	0,6	6	46	510
1,6	2	6	48,7	560
1,6	1,6	6	46,9	580
1,6	0,6	12	58,4	510
1,6	2	12	56	590
1,6	1,6	12	62	610
1,6	0,6	16	55	535
1,6	2	16	57,4	580
3	4	5	6	7
1,6	1,6	16	59,7	610
3	0,6	7	75,6	630
3	2	7	79	670
3	1,6	7	72	690
3	0,6	12	82	620
2	3	4	5	6
3	2	12	84	690
3	1,6	12	74	690
3	0,6	17	61,9	590
3	2	17	68,4	510
2,6	1,6	17	79,8	660
2,6	0,6	6	77,8	620
2,6	2	6	82	660
2,6	1,6	6	71,4	690
2,6	0,6	12	76	610
2,6	2	12	77,4	680
2,6	1,6	12	62,2	690
2,6	0,6	16	75,8	610
2,6	2	16	78,6	630
2,6	1,6	16	70	650

Уровень и интервалы варьирования по каждому переменному, в натуральных и кодированных обозначениях приведены в таблице 2.11

Таблица 2.11 – Уровни планирования эксперимента

Показатели	Значение переменных					
	X1		X2		X3	
	натур	код	натур	код	натур	код
Основной уровень	2	-	10	-	1	-
Нижний уровень	1,6	-	7	1	0,7	1
Верхний уровень	2,5	+	15	+	1,5	+
Интервал варьирования	0,5		5		0,5	

Исследуемые составы и план эксперимента для определения свойств приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Состав и план эксперимента

X1 натур	X1	X2 натур	X2	X3 натур	X3	Число ст. сменные своды	Число измерений
1,6	-2	0,6	-2	2	-2	4	2
1,6	-2	2	1	2	-2	3	2
1,6	-2	1,6	+2	2	-2	4	2
1,6	-2	0,6	-2	12	1	3	2
1,6	-2	2	1	12	1	2	2
1,6	-2	1,6	+2	12	1	3	2
1,6	-2	0,6	-2	16	+2	4	2
1,6	-2	2	1	16	+2	3	2
1,6	-2	1,6	+2	16	+2	4	2
2	3	4	5	6	7	8	9
3	1	0,6	-2	6	-2	3	2
3	1	2	1	6	-2	2	2
3	1	1,6	+2	6	-2	3	2
3	1	0,6	-2	12	1	2	2
3	1	2	2	12	1	1	2
3	1	1,6	+2	12	1	2	2
3	1	0,6	-2	16	+2	3	2
3	1	2	1	16	+2	2	2
2,6	+2	1,6	+2	16	+2	4	2
2,6	+2	0,6	-2	6	-2	4	2
2,6	+2	2	1	6	-2	3	2
2,6	+2	1,6	+2	6	-2	4	2
2,6	+2	0,6	-1	12	2	3	2
2,6	+2	2	1	12	1	2	2
2,6	+2	1,6	+2	12	1	3	2
2,6	+2	0,6	-1	17	+2	4	2
2,6	+2	2	0	15	+2	2	2
2,6	+2	1,6	+1	15	+2	4	2

Результаты эксперимента и статистического анализа Y_1 , Y_2 преведены втаблице 2.13

Таблица 2.13 – Результаты эксперимента и статистического анализа

X_1	X_1	X_2	X_2	X_3	X_3	$Y_{1эк}$	$Y_{1р}$	$Y_{1эк}-Y_{1р}$	$(Y_{1эк}-Y_{1р})^2$
а – прочность на сжатие Y_1									
1,6	-2	0,6	-2	2	-2	4	2	0,6	-2
1,6	-2	2	1	2	-2	3	2	2	1
1,6	-2	1,6	+2	2	-2	4	2	1,6	+2
1,6	-2	0,6	-2	12	1	3	2	0,6	-2
1,6	-2	2	1	12	1	2	2	2	1
1,6	-2	1,6	+2	12	1	3	2	1,6	+2
1,6	-2	0,6	-2	16	+2	4	2	0,6	-2
1,6	-2	2	1	16	+2	3	2	2	1
1,6	-2	1,6	+2	16	+2	4	2	1,6	+2
2	3	4	5	6	7	8	9	4	5
3	1	0,6	-2	6	-2	3	2	0,6	-2
3	1	2	1	6	-2	2	2	2	1
3	1	1,6	+2	6	-2	3	2	1,6	+2
3	1	1,6	+2	6	-2	3	2	1,6	+2
3	1	0,6	-2	12	1	2	2	0,6	-2
3	1	2	2	12	1	1	2	2	2
3	1	1,6	+2	12	1	2	2	1,6	+2
3	1	0,6	-2	16	+2	3	2	0,6	-2
3	1	2	1	16	+2	2	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	16	+2	4	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-2	6	-2	4	2	0,6	-2
2,6	+2	2	1	6	-2	3	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	6	-2	4	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-1	12	2	3	2	0,6	-1
2,6	+2	2	1	12	1	2	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	12	1	3	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-1	17	+2	4	2	0,6	-1
2,6	+2	2	0	15	+2	2	2	2	0
2,6	+2	1,6	+1	15	+2	4	2	1,6	+1
б – морозостойкость F Y_2									
X_1	X_1	X_2	X_2	X_3	X_3	$Y_{2эк}$	$Y_{2р}$	$Y_{2эк}-Y_{2р}$	$(Y_{2эк}-Y_{2р})^2$
1,6	-2	1,6	+2	2	-2	4	2	1,6	+2
1,6	-2	0,6	-2	12	1	3	2	0,6	-2
1,6	-2	2	1	12	1	2	2	2	1
1,6	-2	1,6	+2	12	1	3	2	1,6	+2
1,6	-2	0,6	-2	16	+2	4	2	0,6	-2
1,6	-2	2	1	16	+2	3	2	2	1
1,6	-2	1,6	+2	16	+2	4	2	1,6	+2
2	3	4	5	6	7	8	9	4	5
3	1	0,6	-2	6	-2	3	2	0,6	-2
3	1	2	1	6	-2	2	2	2	1
3	1	1,6	+2	6	-2	3	2	1,6	+2
3	1	1,6	+2	6	-2	3	2	1,6	+2
3	1	0,6	-2	12	1	2	2	0,6	-2

Продолжение таблицы 2.13

3	1	0,6	-2	12	1	2	2	0,6	-2
3	1	2	2	12	1	1	2	2	2
3	1	1,6	+2	12	1	2	2	1,6	+2
3	1	0,6	-2	16	+2	3	2	0,6	-2
3	1	2	1	16	+2	2	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	16	+2	4	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-2	6	-2	4	2	0,6	-2
2,6	+2	2	1	6	-2	3	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	6	-2	4	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-1	12	2	3	2	0,6	-1
2,6	+2	2	1	12	1	2	2	2	1
2,6	+2	1,6	+2	12	1	3	2	1,6	+2
2,6	+2	0,6	-1	17	+2	4	2	0,6	-1
2,6	+2	2	0	15	+2	2	2	2	0
2,6	+2	1,6	+1	15	+2	4	2	1,6	+1

По полученным уравнениям построены модели прочности и морозостойкости высокопрочного бетона, представленные на рисунках 2.1 и 2.2.

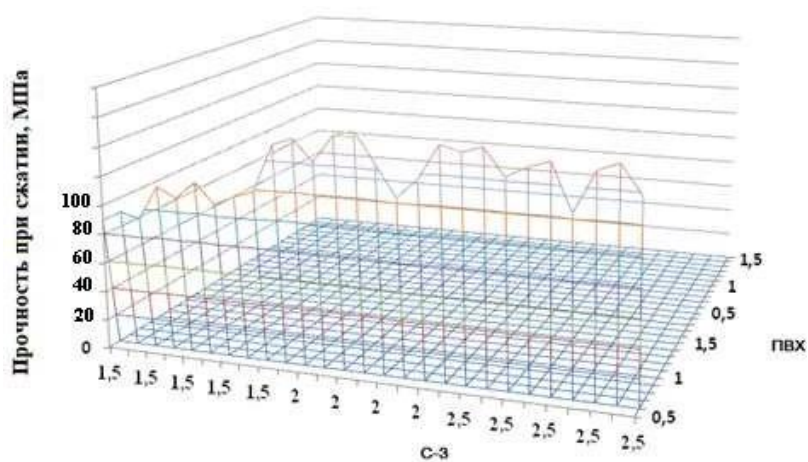


Рисунок 2.1 – Экспериментально-статистическая модель прочности высокопрочного бетона

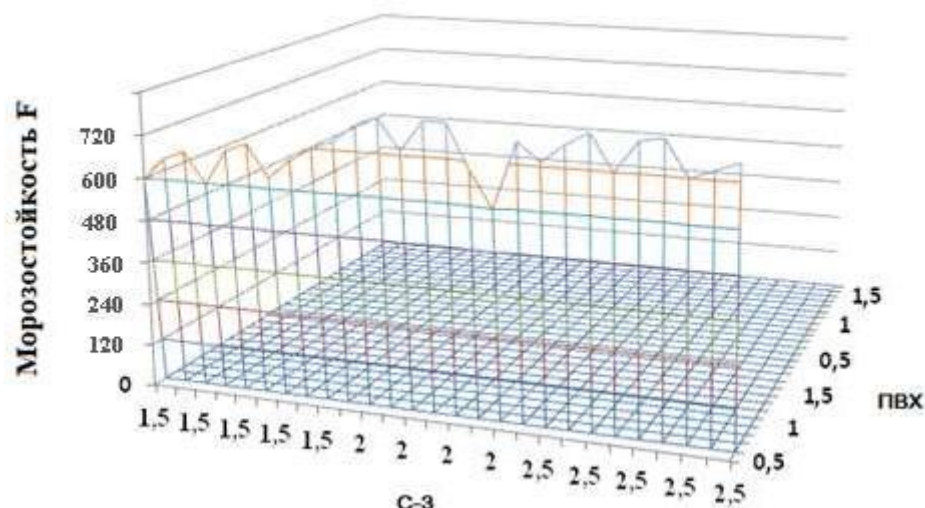


Рисунок 2.2 – Экспериментально-статистическая модель морозостойкости высокопрочного бетона

Результаты оптимизации были проверены с помощью интерполяции экспериментальных значений с применением полинома Лагранжа. После обработки данных получены оптимальные значения дозировки содержание суперпластификатора С-3 $X_1=2\%$, при содержание полимера поливинилхлорида по отношению к цементу $X_2 = 1\%$ и содержание микрокремнезема по отношению к цементу (МК) $X_3=10$, при этом прочность на сжатие в возрасте 28 суток нормального твердения $Y_1=81,185\text{МПа}$, морозостойкость $Y_2=678,849$. В результате проведенных работ с исследованием методом математического планирования эксперимента определен оптимальный состав высокопрочного бетона с заданными физико-техническими свойствами.

Выводы по разделу 2

1. В работе рассмотрены применяемые материалы, их строительно-технические, химические характеристики, определены особенности получения и наличие в РК, а также возможность применения для производства высокопрочных бетонов.

2. В результате проведенных исследований методом математического планирования эксперимента определен оптимальные составы высокопрочного бетона с прочностью на сжатие в возрасте 28 суток нормального твердения $R_{сж}=81,185\text{МПа}$ и морозостойкостью $F=678,849$.

3. Достоверность полученных результатов проведенных исследований обеспечивается действующей на территории РК нормативно-технической документацией, испытания образцов проводили в аккредитованной лаборатории «Компания комплексной экспертизы».

3 Влияние дисперсии из цементного вяжущего, поливинилхлорид, МК и С-3 на структуру и свойства цементного камня

Основным приоритетом в строительной отрасли Казахстана является импортозамещение строительных материалов. Развитие современных технологий строительных материалов с высокими показателями физико-механических свойств, прежде всего, связано с повышением требований строительных норм, экологией и конкуренцией. В связи с этим возникает необходимость в разработке отечественных строительных материалов с качественными показателями, не уступающими импортируемому.

Согласно результатам анализа технической литературы, в настоящее время существует множество способов производства высокопрочных бетонов различного назначения. Одним из немаловажных аспектов является необходимое сырье. На территории Казахстана имеются все необходимые ресурсы для производства высокопрочного бетона.

Для производства высокопрочного бетона были рассмотрены труды С.М. Шарипова, В.Г. Батракова, М.И. Хигеровича, В.И. Соловьева, А.Л. Томашпольского, Е.В. Ткач, Д.О. Байджанова, К.С. Шинтимирова, К.В. Шулдякова, Л.Я. Крамара.

3.1 Особенности цементного камня, модифицированного полимерным элементом поливинилхлорид пластифицирующими присадками С-3, МК, и коррозионностойким наполнителем

Качество бетона достигается путем введения в его состав присадок модификаторов наполнителей. Для производства высокопрочного бетона для фундаментов, работающих в агрессивной среде, нами был рассмотрен способ введения полимерного элемента поливинилхлорида, микрокремнезёма, суперпластификатора С-3 и коррозионностойкого наполнителя.

По данным литературных источников, одним из эффективных присадок для увеличения прочности являются кремнийсодержащие наполнители. В качестве кремнийсодержащего наполнителя нами был рассмотрен отход промышленности - микрокремнезём (МК). Основным недостатком данного отхода является высокая водопотребность, вследствие которого происходит образование большого количества микро- и макропор, снижающих плотность материала и, как следствие, понижающих прочность, морозостойкость, а также увеличение водопоглощения. Для решения вопроса водопотребности МК был предложен суперпластификатор С-3, который обеспечил эффективное смачивание МК, тем самым сократил В/Ц цементного теста.

Так как цель работы заключалась в получении высокопрочного бетона для фундаментов, работающих в агрессивной среде, необходимо было решить проблемы водонепроницаемости и коррозионной стойкости. Для обеспечения высокой коррозионной стойкости нами был принят

коррозионностойкий наполнитель (КН) – отход камнедробления, а для водонепроницаемости был рассмотрен полимерный элемент поливинилхлорида.

Анализ особенностей всех элементов (поливинилхлорид, С-3, МК, КН) и результатов исследований [48], выявил, что применение данного состава в комплексе обеспечивает эффективный результат, дополняя друг друга (эффект синергизма).

При совмещении полимерного элемента с цементным вяжущим образуется цементные и полимерные образования, которые, не вступая в контакт друг с другом, выполняют функции вяжущего – минерального и органического. Тем самым, образуется полимерцементная структура.

Исходя из полученных данных, нами был рассмотрен способ совмещения (поливинилхлорид, С-3, МК, КН), в комплексе учитывая все особенности состава.

Совмещение полимерного элемента поливинилхлорида в комплексе с С-3, КН и МК улучшает структуру цементного камня, наполняя микропоры, значительно улучшая физико-механические свойства бетона. Суперпластификатор С-3 обеспечивает эффективное смачивание МК и цементного вяжущего, снижая при этом В/Ц, что позволяет водонерастворимому полимеру беспрепятственно наполнить структуру цементного камня.

Таким образом, предложенный способ в (подраздел 3.4) значительно увеличивает качественные показатели материала: увеличивается плотность, прочность, морозостойкость и устойчивость к динамическим нагрузкам, что является важным для железобетонных фундаментов.

В процессе производства железобетонных фундаментов применяется тепловлажностная обработка, которая ускоряет процесс твердения цементного вяжущего и не влияет на процесс твердения полимерного элемента поливинилхлорида. Тем самым, мы получаем увеличение прочности и последующий его рост.

Данный результат позволил сделать следующий вывод: в случае, если при ТВО сроки набора прочности цементного вяжущего сократятся до 16 часов, а сроки полной кристаллизации полимера наступают в течение 168 часов, то при совмещении данных элементов в виде дисперсии возможно получение бетона с высокими качественными характеристиками.

Дисперсия из цементного вяжущего, суперпластификатора С-3, МК и поливинилхлорида позволят получить однородную массу путем диспергирования элементов [49].

Такое структурное расположение элементов достигается путем диспергирования элементов. Проведя анализ возможности производства бетона путем введения цементного вяжущего, полимерного элемента поливинилхлорида, С-3, МК в виде дисперсии, определили, что при ТВО данный метод является эффективным и позволяет получить высокопрочный бетон с равномерно полимеризованной структурой. Равномерно

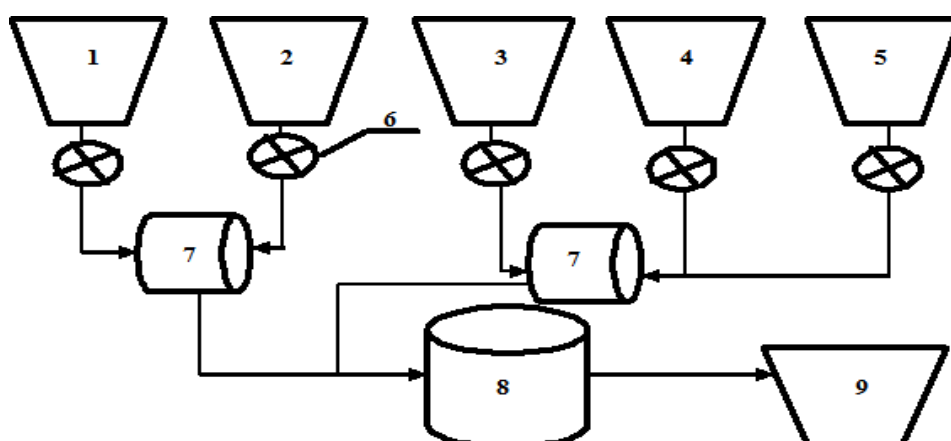
полимеризованная структура позволяет создать защитную гидрофобную оболочку минеральному вяжущему, а ускоренный набор прочности происходит до полной кристаллизации полимера.

Таким образом, представленные схемы распределения полимерного элемента в структуре цементного камня позволяют сделать вывод, что при производстве высокопрочного бетона для железобетонных фундаментов важным аспектом является процесс изготовления конструкции. Дисперсии из цементного вяжущего, полимерного элемента поливинилхлорида, С-3 и МК позволяют увеличить качественные показатели высокопрочного бетона при производстве железобетонных фундаментов в заводских условиях при ТВО.

3.2 Способ приготовления дисперсии из цементного вяжущего, пластифицирующей присадки С-3, МК, поливинилхлорид

Производство высокопрочного бетона является актуальным вопросом в строительной отрасли. Немаловажным также является назначение материала, так как оно определяет технологический процесс производства. В работе рассмотрены железобетонный фундамент работающие в агрессивной среде, получаемые из высокопрочного бетона в заводских условиях при ТВО.

Для получения высокопрочного бетона в работе были учтены аспекты, представленные в разделе 3.1, и применен эффективный процесс диспергирования цементного вяжущего, поливинилхлорид, С-3 и МК. Разработан способ приготовления дисперсии с учетом всех особенностей элементов. Способ позволяет значительно увеличить качественные характеристики изделий и конструкции. На рисунке 3.1 представлена схема получения дисперсии.



1 - ёмкость для полимерного элемента поливинилхлорида; 2 - пластификатор С-3; 3 - микрокремнезём; 4 - цементное вяжущее; 5 - вода; 6 - дозатор; 7 - смеситель; 8 - диспергатор; 9 - готовая дисперсия

Рисунок 3.1 – Схема получения дисперсии из цементного вяжущего, поливинилхлорид, С-3 и МК

При получении дисперсии важным вопросом является правильность расчета элементов, для этих целей применяются дозаторы. Совмещение элементов производится последовательно, с применением двух подготовительных смесителей, так как учитываются особенности сырьевых материалов. В первый смеситель (7) через дозаторы (6) водится полимерный элемент (1) и пластифицирующая присадка С-3 (2), после тщательного перемешивания эта смесь направляется в диспергатор (8), туда же направляется смесь, прошедшая дозатор (6) и смеситель (7), смесь микрокремнезёма (3), цементного вяжущего (4) и воды (5). После чего, пройдя диспергатор (8), смесь становится пластичной, а излишки воды, не вступившие в контакт с цементом, остаются на поверхности дисперсии. Таким образом, в процессе диспергирования суперпластификатор С-3 увеличивает пластичность цементного теста, и за счет нахождения его в структуре полимера эффективно обволакивает, создавая защитную оболочку. Указанная оболочка, в свою очередь, создает гидрофобную структуру, улучшая водонепроницаемость, прочность и морозостойкость бетона.

Исследования показали, что традиционный способ применения коррозионностойкого наполнителя в дисперсии является нецелесообразным, так как он устойчив к агрессивным средам и сам создает защитный барьер. Введение коррозионностойкого наполнителя совместно с полимерным элементом при приготовлении дисперсии, будет менее эффективно, находясь в полимерной оболочке КН не будет проявлять свои свойства устойчивости к агрессивным средам.

Полученная схема позволяет сделать следующие выводы: последовательность введения элементов для получения дисперсии обоснована особенностями сырьевых материалов, также учтены особенности КН и введение его в бетонную смесь отдельно и совместно с крупным и мелким наполнителем. В обратном случае, если вводить пластифицирующую присадку совместно с микрокремнезёмом и цементным вяжущим, мы получим водонасыщенную смесь, и при совмещении с полимерным элементом, полимер не будет в полной мере вступать в контакт с цементным вяжущим и наполнителем МК, образуя расслоение.

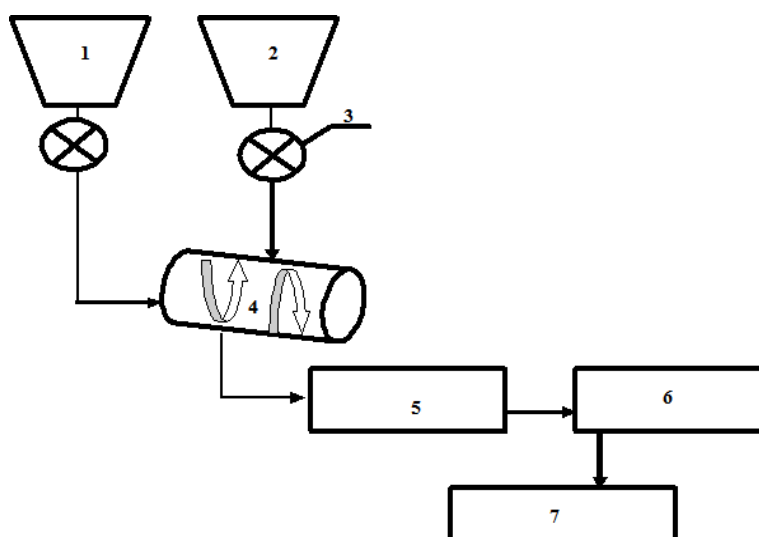
Таким образом, разработанная в диссертационной работе схема является наиболее эффективной при получении дисперсии из цементного вяжущего, поливинилхлорид, С-3 и МК для железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде из высокопрочного бетона.

3.2.1 Способ приготовления коррозионностойкого наполнителя

В работе Шарипова С.М. были рассмотрены кислотостойкие наполнители из отсева камнедробления [49]. Нами были проведены исследования по коррозионностойким свойствам отхода камнедробления отсева гранита.

В диссертационной работе были рассмотрены коррозионностойкие наполнители из отходов камнедробления гранита. Для получения готовой продукции КН необходимо определить качественные показатели отсева, содержание в его составе глиняных, пылевидных включений. Для дальнейшего исследования качественных показателей отсева нужно изучить месторождение и качество гранита, так как отсев имеет аналогичные характеристики. Для получения коррозионностойкого наполнителя была разработана схема, представленная на рисунке 3.2.

Для производства коррозионностойкого наполнителя необходимо учитывать глиняное и пылевидное содержание частиц в отсеве гранита, что позволит определить количества необходимой воды для его промывки. При приготовлении КН в бункер (1) помещается отсев и через дозатор (3) направляется в наклонное вращающееся сито (4), после чего в сито (4) через дозатор (3) поступает вода (2), которая производит первичную промывку. После первичной промывки производится окончательная промывка. Вода после промывки отстаивается для вторичного использования, затем промытый отсев направляется в сушильную камеру (5), в летнее время гранит может быть просушен в естественных условиях под навесом. После просушки сырье направляется на помол, где с помощью шаровой мельницы (6) размалывается до размеров 0,8 мм.



1 - отсев гранита; 2 - ёмкость с водой; 3 - дозатор; 4 - наклонное вращающееся сито для промывания отсева от глины; 5 - сушильная камера; 6 - шаровая мельница; 7 - склад готовой продукции

Рисунок 3.2 – Схема получения коррозионностойкого наполнителя КН

Полученный КН помещается в склад готовой продукции (7), или фасуется в мешки по 50 кг. Наполнитель может находиться во влажной среде без потери качественных показателей [50].

Качественные показатели коррозионностойкого наполнителя представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Свойства коррозионностойкого наполнителя Балхашского месторождения гранита после приготовления

Качественные показатели, %	Значения показателей
Коррозионная стойкость	97,4
Массовая доля диоксида кремния	78
Массовая доля карбонатов и свободных оксидов кальция и магния	1
Массовая доля железа	0,5
Массовая доля влаги	2

В таблице 3.1 представлены показатель коррозионной стойкости минерала 97%, что является очень высоким показателем, а также большое содержание диоксида кремния – 78% в структуре наполнителя. В связи с чем, КН имеет высокие показатели устойчивости к агрессивным следам, а структура наполнителя от 0,8 мм позволит наполнителю максимально равномерно распределиться по структуре бетона.

Таким образом, при производстве железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде, основным источником негативного воздействия которых является агрессивная среда, требуются защитные особенности материала. Высокопрочные бетоны с применением коррозионностойкого наполнителя позволяют снизить нежелательное воздействие агрессивных сред и увеличить срок эксплуатации конструкции [50].

3.3 Влияние дисперсии на свойства цементного камня

В целях определения эффективности дисперсии были проведены исследования на прочность при сжатии и на изгиб, морозостойкость – попеременное замораживание и оттаивание, а также увлажнение и высушивание. Испытания проводились на образцах из дисперсии поливинилхлорида, С-3 и МК при ТВО после 28 суток нормального твердения (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Физико-механические характеристики дисперсии в обычных условиях твердения и при ТВО

Условия твердения	В/Ц	Прочность на изгиб, МПа	Прочность на сжатие, МПа
ТВО	0,23	14,6	110
Обычные условия твердения	0,23	9,7	61

Согласно результатам проведенных исследований, представленным в таблице 3.2, можно сделать вывод, что применение дисперсии имеет высокие показатели качества только при ТВО, так как процесс ускоренного твердения цементного вяжущего позволяет значительно увеличить качественные характеристики материала.

Эффективность комплексного применения модификаторов в виде дисперсии с цементным вяжущим при ТВО обоснована, так как прочностные характеристики дисперсии выше обычного совмещения элементов, результаты исследования представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Прочность цементного камня в различных условия твердения

Состав и условия твердения	В/Ц	Контрольный замер		Увлажнение и высушивание		Замораживание и оттаивание	
		МПа	%	МПа	%	МПа	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Дисперсия при ТВО 3% С-3 + 2% поливинилхлорид +10 % МК	0,24	112	100	86	82	98	92
Дисперсия в естественных условиях 3% С-3 +2% Поливинилхлорид +10 % МК	0,24	63		46	70	56	84
Без дисперсии при ТВО 3 % С-3 +2% ВХ+14% МК	0,4	110		78	76	85,6	82
Без дисперсии в естественных условиях 3% С-3+2% поливинилхлорид + 14% МК	0,4	120		86	78	88	82

Согласно результатам, приведенным в таблице 3.3, наибольший показатель качества представлен составом дисперсии после применения ТВО. Потеря прочности при замораживании и оттаивании составила 10%, а при увлажнении и высушивании составила 20%. В данном исследовании результаты являются наивысшими. Высокие прочностные показатели контрольного замера представлены в образцах С-3, поливинилхлорид и МК, набравших прочность на 28 суток и в естественных условиях твердения, и изготовленных классическим методом. Прочность составила 112 МПа. Однако, в процессе воздействия замораживания и оттаивания потеря прочности составила 20%, а при увлажнении и высушивании – 24%. Наименьший результат контрольного замера показал состав дисперсии, твердевший в естественных условиях, что составил 61 МПа, который на 8% ниже образца состава дисперсии при ТВО [51].

Таким образом, исходя из результатов проведенных исследований наиболее оптимальным для высокопрочного бетона и изделий, выполненных в заводских условиях при ТВО, является способ диспергирования цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид и МК. Однако, применение

способа диспергирования вяжущего и модификаторов не является эффективной для бетона, твердеющего в обычных условиях.

В диссертационной работе был проведен количественный анализ цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид, МК, представленный в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты количественного анализа цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид, МК

Элемент	Атомы, %	Соединение	Масса, %	Погрешность, (±)	Норма, %
Mg	0.78	MgO	1.26	0.12	1.28
Al	2.3	Al ₂ O ₃	2.68	0.18	2.68
Si	10.51	SiO ₂	40.1	0.46	40.02
S	0.68	SO	1.28	0.17	1.27
K	0.38	K ₂ O	0.68	0.18	0.68
Ca	28.78	CaO	51.38	1.08	51.48
Fe	0.86	Fe ₂ O ₃	2.59	0.53	2.68

Из результатов количественного анализа установлено увеличение в процентном соотношении SiO₂, вступившего в реакцию МК, обеспечивающего увеличение прочности бетона.

В работе был проведен рентгенофазовый анализ дисперсии из цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид и МК высокопрочного бетона при ТВО и рентгенограмма цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона, твердевшего в естественных условиях [52]. Результаты представлены на рисунках 3.3, 3.4.

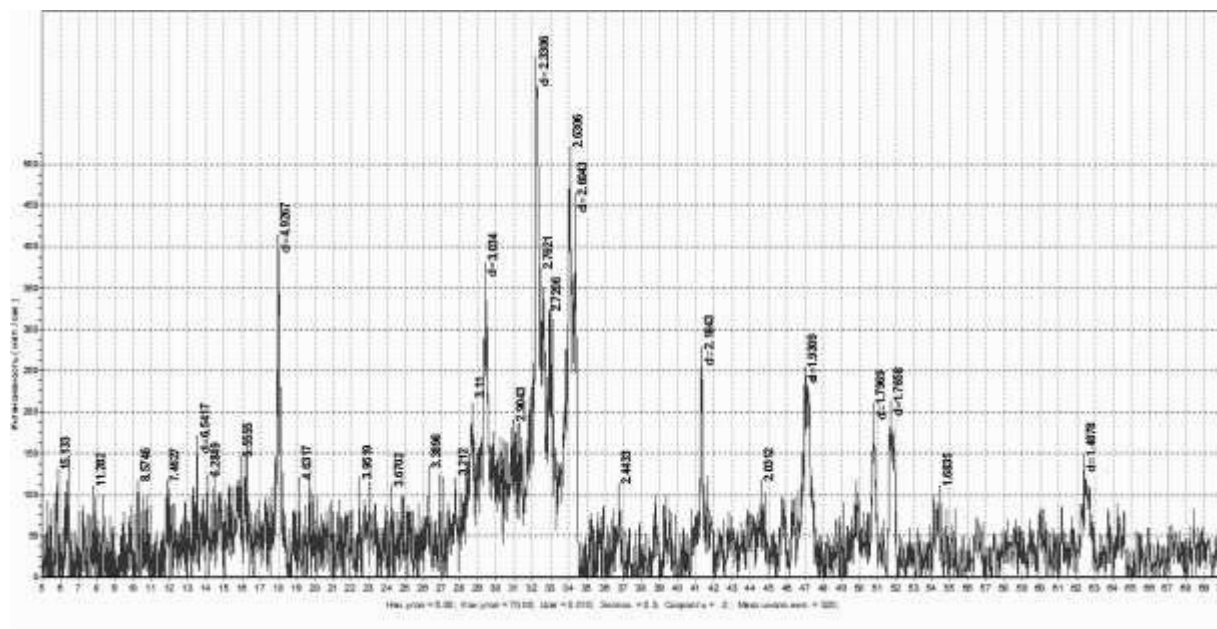


Рисунок 3.3 – Рентгенограмма цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях

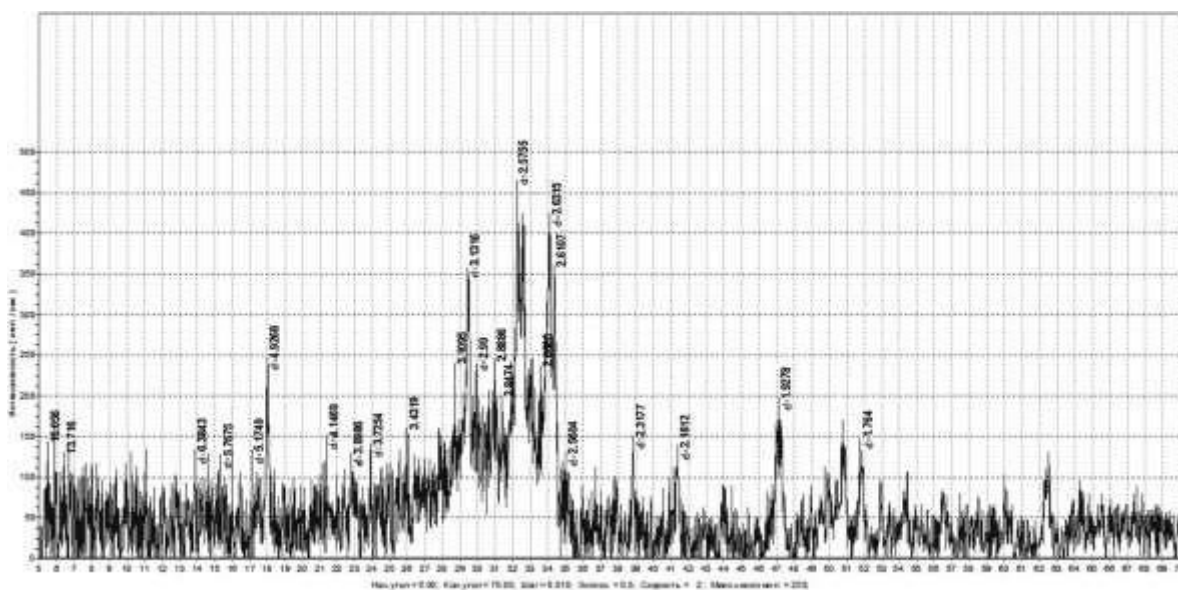


Рисунок 3.4 – Рентгенограмма дисперсии цементного вяжущего С-3, поливинилхлорид, МКвысокопрочного бетона при ТВО

Согласно результатам рентгенофазового анализа, был проведен сравнительный анализ образцов цементного камня, твердевшего в естественных условиях и образца, полученного по способу диспергирования цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорида и МК при ТВО. Результаты анализа показали содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с пиками при $d = (5.868; 5.184; 4.937; 4.152; 3.881; 3.885; 2.582) \cdot 10^{-12}$ м для дисперсии из цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид и МК высокопрочного бетона при ТВО, а в образце цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид и МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с пиками при $d = (6.601; 4.896; 3.114; 2.290; 2.714; 2.224; 1.820) \cdot 10^{-12}$.

Таким образом, результаты рентгенофазового анализа подтвердили незначительное увеличение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образце цементного камня с модификаторами С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях, в отличие от образца цементного камня, полученного диспергированием цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид и МК высокопрочного бетона при ТВО [53].

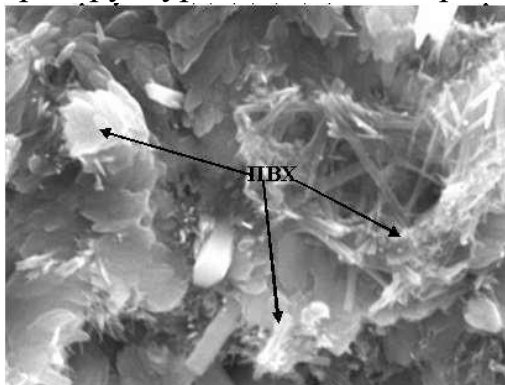
Также в работе был проведен микроструктурный анализ, в котором были представлены:

- микроструктура дисперсии из цементного вяжущего+С-3+ поливинилхлорид +МК высокопрочного бетона при ТВО;
- микроструктура дисперсии из цементного вяжущего+С-3+ поливинилхлорид +МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения;
- микроструктура цементного камня с присадками С-3,

поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения (без диспергирования);

– микроструктура цементного камня с присадками С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона при ТВО (без диспергирования) [55].

Результаты микроструктурного анализа представлены на рисунках 3.5,



3.6, 3.7, 3.8 в виде микрофотографии.

Рисунок 3.5 – Микроструктура 1 дисперсии из цементного вяжущего+С-3+ поливинилхлорид+МК высокопрочного бетона при ТВО

На рисунке 3.5 мы видим равномерное распределение полимерного элемента в структуре цементного камня, что подтверждает результаты исследований об эффективности диспергирования при ТВО.

Анализ показал, что в обычных условиях твердения после полной полимеризации поливинилхлорида процессы гидратации значительно снижались, а высокопрочный бетон не успел набрать проектируемую прочность. Этот факт доказывает необходимость применения ТВО при использовании дисперсии в производстве высокопрочного бетона.

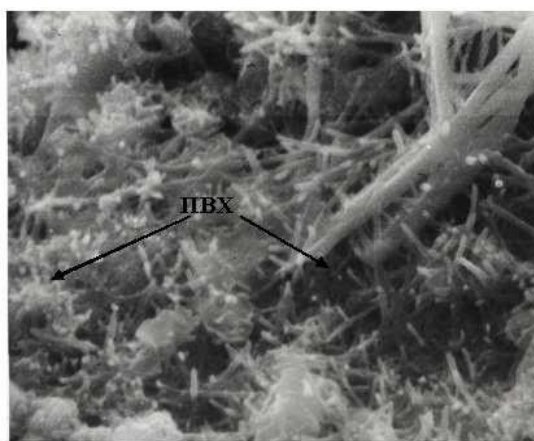


Рисунок 3.6 – Микроструктура 2 дисперсии из цементного вяжущего+С-3+ поливинилхлорид+МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения.

Микроструктура дисперсии из цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона в естественных условиях

твердения в возрасте 28 суток представлена на рисунке 3.6. Указанная микроструктура показывает изменение равномерного распределения полимерного элемента.

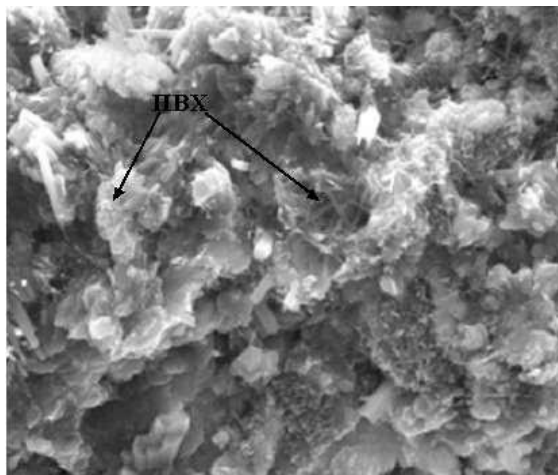


Рисунок 3.7 – Микроструктура цементного камня с присадками С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения, увеличение $\times 5000$

Микроструктура, представленная на рисунке 3.7, отражает распределение полимерного элемента по всей структуре цементного камня.

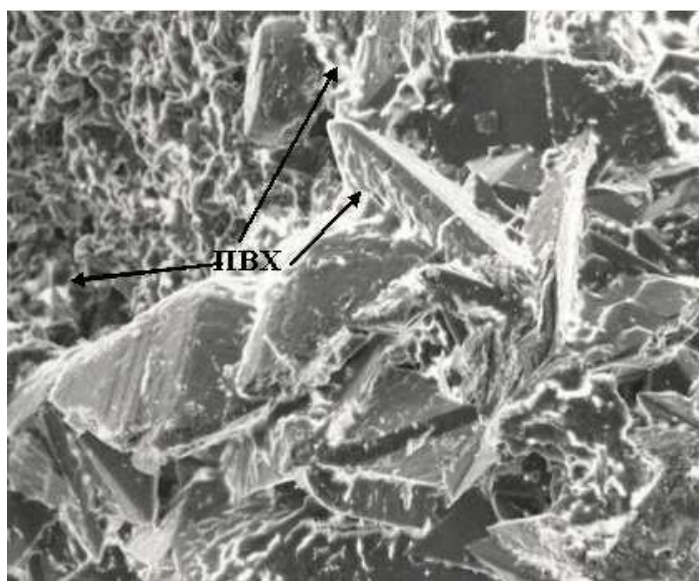


Рисунок 3.8 – Микроструктура цементного камня с присадками С-3, поливинилхлорид, МК высокопрочного бетона при ТВО, увеличение $\times 5000$

На рисунке 3.8 микроструктура цементного камня отражает монолитность цементного камня и полимерного элемента, который наполняет свободные микро поры и не мешает процессу гидратации цемента. Что обеспечивает нормальное твердение бетона в естественных условиях.

Таким образом, проведенные исследования свойств цементного камня методом диспергирования цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид, МК при ТВО и в обычных условиях твердения показали, что получение высокопрочного бетона методом диспергирования возможно только при ТВО. Это связано с тем, что после полной полимеризации поливинилхлорида процессы гидратации значительно снижаются, а высокопрочный бетон не успевает набрать проектируемую прочность. В обычных условиях твердения прочностные показатели бетона значительно ниже, что говорит о неэффективности производства высокопрочного бетона при данных условиях. Для производства железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде, в заводских условиях при ТВО применение способа диспергирования является эффективной [56].

3.4 Эффективность применения диспергирования при производстве железобетонных фундаментов в заводских условиях

Для производства в заводских условиях при ТВО путем диспергирования цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид, МК железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде, необходимо учитывать множество факторов, включая технологический процесс совмещения элементов.

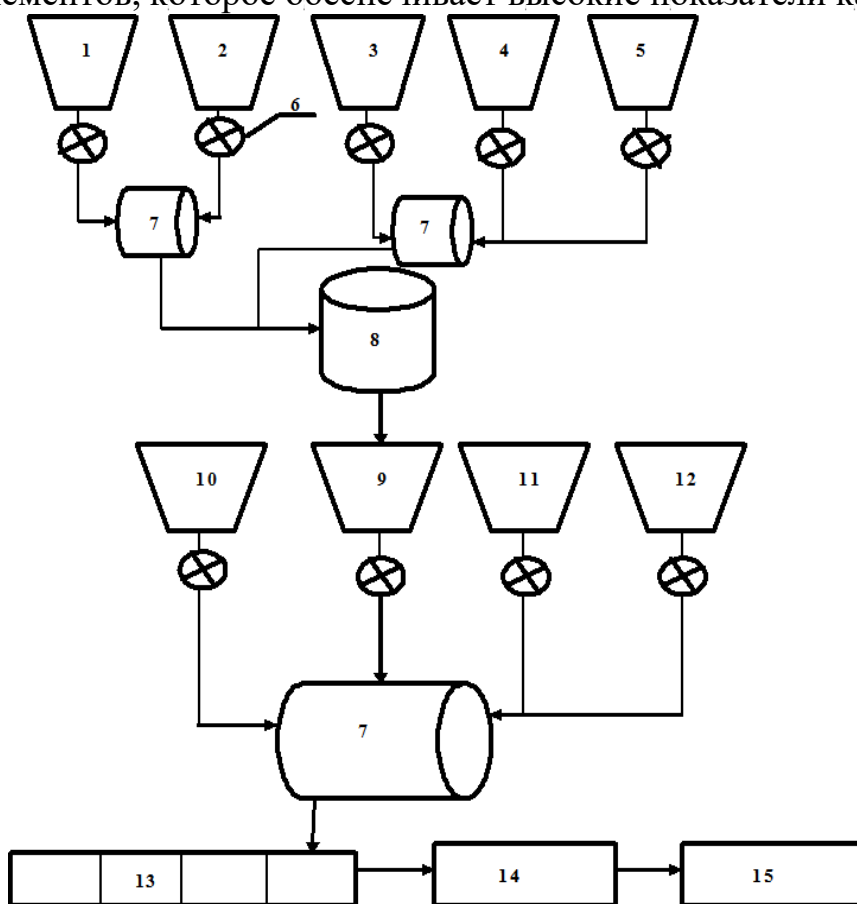
Основной особенностью получения высокопрочного бетона по способу диспергирования элементов модификаторов и вяжущего является то, что необходимо учитывать последовательность совмещения всех элементов. Также немаловажным является определение элементов высокопрочного бетона, которые обеспечат конструкции необходимые свойства для эффективной ее эксплуатации.

При производстве железобетонных фундаментов важно учитывать особенности эксплуатации конструкции и особенности воздействия на него агрессивных сред. В работе в качестве коррозийноустойчивого наполнителя КН нами был предложен отсев гранита и способ его приготовления, представленная на рисунке 3.5. Проведенные исследования показали низкую эффективность применения КН в комплексе при получении дисперсии. Коррозийноустойчивый наполнитель попадая в структуру дисперсии, равномерно обволакивается полимерным элементом, тем самым образуя защитную оболочку в структуре бетона, и при воздействии агрессивных сред начинает работать, защищая структуру бетона только после разрушения полимерной оболочки, а с разрушением полимерной оболочки ослабевает связь вяжущего элемента.

Исходя из полученных данных, в процессе приготовления высокопрочного бетона в заводских условиях при ТВО методом диспергирования, КН необходимо вводить отдельно с крупным и мелким наполнителем. Это позволит создать дополнительную защиту поверхности

изделия от воздействия агрессивных сред. На рисунке 3.9 представлена схема производства железобетонных фундаментов.

На рисунке 3.9 представлен процесс приготовления дисперсии, затем дисперсия поступает через дозатор (6) в смеситель (7), где смешивается с остальными элементами. Песок поступает через дозатор (6) с бункера (12) в смеситель (7), туда же после песка через дозатор (6) поступает щебень в бункер (11). Смеситель начинает работать после поступления первого элемента и продолжает работать до полной загрузки и отгрузки готового бетона. После чего готовую смесь подают по формам и помещают в камеру ТВО, а через 16 часов готовый материал транспортируют на склад готовой продукции. Важным моментом в процессе приготовления высокопрочного бетона для железобетонных фундаментов является последовательность введения элементов, которое обеспечивает высокие показатели качества.



1 - ёмкость для полимерного элемента поливинилхлорида; 2 - пластификатор С-3; 3 - микрокремнезём; 4 - цементное вяжущее; 5 - вода; 6 - дозатор; 7 - смеситель; 8 - диспергатор; 9 - готовая дисперсия; 10 - КН; 11 - щебень; 12 - песок; 13 - формы; 14 - ТВО; 15 - склад готовой продукции

Рисунок 3.9 – Схема производства железобетонных фундаментов при ТВО по способу диспергирования

Таким образом, обоснован способ производства железобетонных изделий в заводских условиях при ТВО методом диспергирования вяжущих элементов и модификаторов, а также последовательного введения элементов

крупных и мелких наполнителей и КН позволит увеличить сопротивляемость бетона к агрессивным средам. Обеспечивая тем самым эффективность способа.

3.5 Исследование влияния полимерного элемента на свойства бетона.

В основу механизма структурной модификации положена теория кристаллизации органических полимеров в присутствии наполнителей. При этом во внимание принимали, что кристаллизация цемента протекает по аналогичному механизму. Кристаллизация органических полимеров включает зародышеобразование, образование геля кристаллизующихся систем, рост степени кристаллизации, монолитизацию твердого тела. В отличие от кристаллизации органических полимеров, кристаллизация цемента протекает с выделением из объема цементного камня кристаллизационной воды. С образованием большого количества капилляров с диаметром 2-20 нм, которые образуют микропустоты, снижающие механическую прочность, морозостойкость и стойкость к агрессивной среде бетонов. Методом ртутной порометрии установлено, что объем микропор в реальных бетонах составляет до 30% от общего объема бетона. По данным Федосова С.В., объем микро- и макропор в бетоне может составлять до 40% [55]. Согласно утверждению Баженова Ю.М., Ребиндера П.А. и др., образование макропор с размерами от нескольких сотен мкм до нескольких мм связано с несоблюдением способа производства бетона и свойствами цемента. Оно также обусловлено наличием в составе бетона крупных наполнителей и мелких наполнителей с высокой активностью их поверхностей, участвующих в формировании структуры цементного камня и бетона.

В связи с этим регулирование макро- и микроструктуры бетона позволит получать бетоны с высокой стойкостью к агрессивным средам, а также с высокими прочностными свойствами.

Структурную модификацию бетона на основе портландцементов осуществляли введением в состав бетона структурных модификаторов на стадии приготовления бетонной массы. Федосов С.В и Базанов С.М. процесс твердения цементного камня делят на 3 стадии: 1 период – начало твердения или зародышеобразование, 2 период – коагуляции, или рост кристаллов и 3 период – образование монолитной структуры, или достижение эксплуатационной прочности. По нашему мнению, структурные модификаторы участвуют в структурообразовании на всех стадиях формирования макроструктуры бетона. На 2-й стадии формирования кристаллизационной структуры макромолекулы кремнийорганического наполнителя увлекают макромолекулы поливинилхлорида с микрочастицами цемента в дефектные зоны. Это обусловлено низким молекулярным весом кремний органического олигомера и низкой эффективной вязкостью

коагуляционной системы поливинилхлорид+КО $4\cdot 8\cdot 10^{15}$ Па·с (□ системы вода+цемент= 10^{16} - 10^{25} Па·с.). Подвижность системы кремний органического олигомера проявляется с началом внутреннего гидростатического давления ($P_{гст}$) в объеме цементного камня и возрастает с его увеличением ($P_{гст}=40$ - 60 МПа). На 3-ей стадии за счет высоких внутренних напряжений продолжается процесс вытеснения структурного модификатора через капилляры в макро- и микропоры. Процесс миграции структурного модификатора заканчивается окончательным наполнением объема дефекта растущими кристаллами цемента, которые формируются по общему механизму кристаллизации цемента.

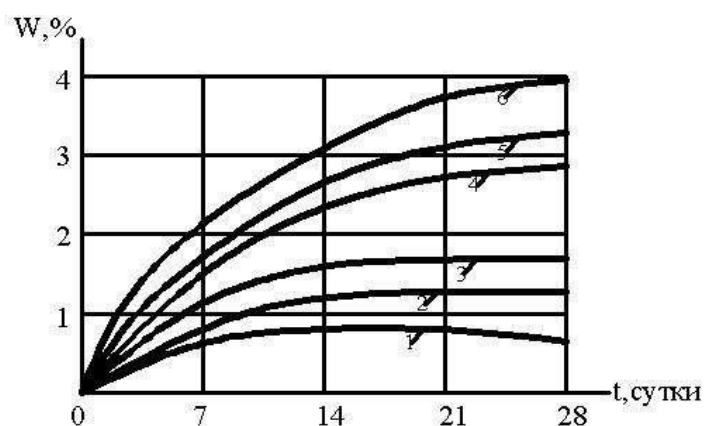
Регулирование макро- и микроструктуры в процессе формирования структуры бетона осуществляется введением в состав композиции поливинилхлорида с размерами частиц 100-150 мкм и плотностью 0.5 г/см³, а так же промышленных отходов с плотностью 1.238 - 1.254 г/см³, содержанием смолистых веществ 37.7-45.4%, нерастворимого толуола 42.3-54.6%, зольность которого варьируется в пределах 0.5-4.3%.

Образцы для исследования получали смешиванием в шаровой мельнице портландцемента марки 400 Карагандинского цементного завода с расчетным количеством кварцевого песка в течение 10-15 мин. В полученную смесь вводили 0.5-1.0 масс.% поливинилхлорида и смешивали в течение 10 мин. Одновременно готовили 60%-ный водный раствор отхода промышленности (ОКП) смешиванием в течение 30 минут при скорости вращения ротора 45-60 об/мин. Песчано-цементную смесь затворяли водой и одновременно вводили 60%-ный водный раствор в количестве 3-5 масс.% от массы твердых элементов. Композицию смешивали в течение 20-25 мин. Водоцементное отношение составляло 0.2-0.3. Рецептура композиций представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Рецептура состава бетона

Состав бетона	Количество, масс.%, В/Ц		
	1	2	3
Портландцемент М400	26	28	34
Песок	76	71	66
Поливинилхлорид	0.6	0.76	1.1
ОКП	4.6	4.35	4.2
Всего	98	101	102
В/Ц соотношение	0.21	0.26	0.32
	0.26	0.29	0.26
	0.28	0.21	0.22

Кинетика водопоглощения после выдержки образцов в виде куба $100\times 100\times 100$ мм представлена на рисунке 3.10.



1, 2, 3 - содержание поливинилхлорида 0.5; 0.75; 1.0 и ОКП 4.5; 4.25; 4.0 соответственно; 4, 5, 6 - без присадок; В/Ц – 0.2; 0.25; 0.3 соответственно

Рисунок 3.10 – Кинетика водопоглощения бетона

Как видно из представленных данных, содержание комплексной присадки приводит к снижению водопоглощения в 2.0-4.0 раза, что свидетельствует об уменьшении пористости бетона. Для определения вклада в кинетику водопоглощения макро- и микропор изучали структуру бетона на оптическом электронном микроскопе с разрешающей способностью $\times 1000$. Образцы, модифицированные олигомер полимерной присадкой по сравнению с не модифицированными не содержали макропор с размерами >200 мкм. Микропоры модифицированного бетона содержали олигомерную присадку. Макропоры с размерами 150-200 мкм, как и предположили, на стадии кристаллизации заняты макромолекулами поливинилхлорида, на которых находятся привитые частицы портландцемента, внедренные при сухом смешивании цемента с поливинилхлорида. После затворения водой частички цемента, привитые на поверхность поливинилхлорида, являются новыми центрами кристаллизации, и рост кристаллов протекает в объеме макропор. Миграция макромолекул поливинилхлорида в макропустоты в области охвата контура наполнителя (песка) протекает за счет разности плотности поливинилхлорида и твердеющего бетона с момента коагуляции до образования кристаллизационной структуры. По-видимому, кинетика кристаллизации цемента в бетонной смеси и в объеме макропор протекает с различными скоростями, чем объясняется миграция в область трещин и капилляров. Занятие макро- и микропор бетона подвижными молекулами олигомера и полимера обусловлено также развитием внутренних напряжений в процессе формирования кристаллизационной структуры бетона. В отличие от пластификаторов и гидрофобизаторов, которые обволакивают частицы наполнителя и мигрируют в менее кристаллизованные области, макромолекулы олигомера и полимера под воздействием внутренних напряжений участвуют в структурировании бетона. Процессы кристаллизации частичек цемента, привитых на поверхность макромолекул поливинилхлорида, способствуют образованию микрозернистой структуры в дефектных зонах бетона. Механизм занятия дефектных зон

низкомолекулярными продуктами при кристаллизации (эффект легирования) известен для кристаллизующихся полимеров. При этом указывается на образование мелкокристаллической структуры с оптимальной упаковкой в объеме, что обуславливает рост деформационно-прочностных характеристик материала. Структурную пластификацию – занятие олигомерами объема субмикротрещин – также наблюдают при твердении как кристаллических, так и аморфных олигомеров [62-68]. Таким образом, предполагаем, что механизм роста кристаллов, как для органических, так и для неорганических полимеров, аналогичен. Миграция в дефектные зоны (поры, трещины, капилляры) низкомолекулярных низковязких частиц в результате всестороннего сжатия при твердении цемента подтверждается показателями кинетики водопоглощения.

На рисунке 3.11 представлены результаты испытаний бетонов в возрасте 28 суток на прочность при сжатии и морозостойкость.

а – прочность бетона на сжатие; б – морозостойкость бетона

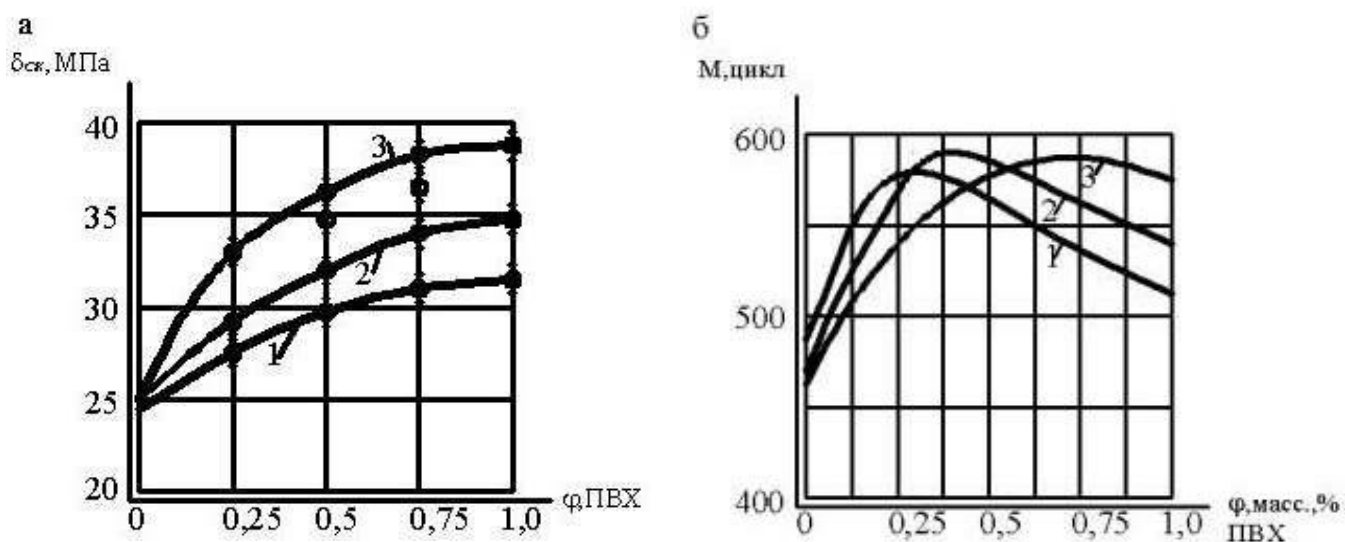


Рисунок 3.11 – Зависимость прочности на сжатие и морозостойкости бетона от содержания присадок

Содержание ОПК 1-3 масс.%; 2-4,0 масс.%; 3-5,0 масс.%; рецептура I, В/Ц = 0,25, к воздействию 5% водного раствора сульфата натрия (Na_2SO_4)
 Результаты испытаний представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты испытаний

Бетон	В/Ц	Прочность на сжатие бетонов, t месяцы		
		1 мес.	2 мес.	3 мес.
I		27/25	27/18	25/12
II	0.2	31	30	29
III		35	35	32
I		27	22	20
II	0.25	31	27	23
III		35	30	26

Продолжение таблицы 3.6

I		27	20	18
II	0.3	31	25	19
III		35	27	21
Примечание - в знаменателе - показатели бетонов, не содержащих присадки				

Полученные результаты свидетельствуют о достаточной коррозионной стойкости исследуемых бетонов.

Таким образом, по комплексу физико-механических свойств, стойкости к сульфатной коррозии и морозостойкости, исследуемые бетоны на основе структурно-модифицированного бетона могут быть использованы для производства высокопрочных бетонов и фундаментов из них.

Выводы по разделу 3

1. В работе представлены схемы распределения полимерного элемента в структуре цементного камня, позволяющие сделать следующие выводы:

- при производстве высокопрочного бетона для железобетонных фундаментов важным аспектом является процесс изготовления конструкции;
- дисперсии цементного вяжущего и полимерного элемента поливинилхлорида, С-3 и МК позволяют увеличить качественные показатели высокопрочного бетона при производстве железобетонных фундаментов в заводских условиях при ТВО.

2. Представлены показатели коррозионной стойкости минерала 97%, что является очень высоким показателем, а также большое содержание диоксида кремния 78% в структуре наполнителя.

3. Разработан способ производства коррозионностойкого наполнителя методом промывки и помола. Установлено, что выбранная тонкость помола от 0,8 мм позволит наполнителю максимально равномерно распределиться по структуре бетона.

4. Проведены исследования свойств цементного камня методом диспергирования цементного вяжущего, С-3, поливинилхлорид, МК при ТВО в обычных условиях твердения. Результаты показали, что получение высокопрочного бетона методом диспергирования возможно только при ТВО. В обычных условиях твердения прочностные показатели бетона значительно ниже, что говорит о неэффективности производства высокопрочного бетона при данных условиях. Для производства железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде, в заводских условиях при ТВО применение способа диспергирования является эффективной.

5. Разработан и обоснован способ производства железобетонных изделий в заводских условиях при ТВО методом диспергирования вяжущих элементов и модификаторов с учетом свойств КН, крупных и мелких наполнителей при котором эффективно увеличивается устойчивость бетона к

агрессивным средам.

Установлено, что в процессе приготовления высокопрочного бетона в заводских условиях при ТВО методом диспергирования, КН необходимо вводить отдельно с крупным и мелким наполнителем.

6. Предложена схема производства железобетонных фундаментов методом диспергирования модификаторов и цементного вяжущего.

7. Были изучены особенности физико-механических свойств полимерного элемента поливинилхлорида в комплексе с цементным вяжущим, его стойкость к сульфатной коррозии и морозостойкость.

8. Исследуемый структурно-модифицированный бетон может быть использован для производства фундаментов, устраиваемых в условиях сильно засоленных грунтов.

Заключение

Разработка способа производства высокопрочного модифицированного бетона на основе полимерного элемента в комплексе с микрокремнеземом и коррозионностойкими наполнителем для фундаментов, работающих в агрессивной среде обеспечивает высокие показатели качественных характеристик:

1. Доказан, механизм влияния дисперсии цементного вяжущего микрокремнезема в комплексе с пластификатором С-3, полимерным элементом поливинилхлорида на устойчивость структуры бетона к циклическим воздействиям (замораживание и оттаивание).

2. Подобраны составы и способ приготовления высокопрочного бетона для фундаментов, работающих в агрессивной среде.

3. Доказана эффективность способа последовательного введения коррозионностойкого наполнителя, крупного и мелкого наполнителя при производстве высокопрочного бетона.

4. По результатам проведенных испытаний установлено, что совместное применение микрокремнезема, пластификатора С-3, полимерного элемента поливинилхлорида, коррозионностойкого наполнителя в бетон увеличивает устойчивость к агрессивным средам на 25%, морозостойкость в два раза, прочность на сжатие увеличилась на 56%, а на растяжение при изгибе увеличилась на 70%.

5. Доказана возможность применения пластификатора С-3 и вторичного сырья (микрокремнезем, отсев гранита), которые модифицируют бетон, образуя плотную структуру и полимерное защитное покрытие, тем самым снижает водопоглощение, и увеличивает при этом устойчивость к попеременному замораживанию и оттаиванию, прочность на сжатие и изгиб.

6. Разработан способ получения высокопрочного бетона из дисперсии цементного вяжущего, полимерного элемента поливинилхлорида, микрокремнезема, пластификатора С-3 с отдельным совмещением коррозионностойкого наполнителя и крупного и мелкого наполнителя.

7. Доказана возможность приготовления дисперсии из полимерного элемента поливинилхлорида, микрокремнезема (металлургический отход) и пластифицирующей присадки С-3.

8. В диссертационной работе разработан стандарт организации СТ ТОО 141240018822-01-2019 от 22.03.2019 г. «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов».

9. Для производства фундаментов из высокопрочного модифицированного бетона работающих в агрессивной среде, выполнено технико-экономическое обоснование.

10. Произведен подбор режимов твердения в условиях ТВО бетонных фундаментов, приготовленных методом совмещения дисперсии при проектируемой прочности 78 МПа. 90%-ная прочность достигается при

температуре 60°C за 16 часов обработки, а обычное совмещение при ТВО достигается при 70°C за 16 часов обработки. Ввиду полученных результатов достигается не только качественный эффект, но и экономический, за счет экономии тепловой энергии.

11. Разработаны рекомендации к производству высокопрочного бетона для железобетонных фундаментов, работающих в агрессивной среде

Список используемых источников

- 1 Указ Президента Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития: утв. 1 августа 2014 года, №874 // <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1400000874>. 17.01.2014.
- 2 Постановление Правительства Республики Казахстан. Государственная программа инфраструктурного развития «Нұрлы жол» на 2015-2019 годы: утв. 30 июля 2018 года, №470 // <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000470>. 11.11.2014.
- 3 Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
- 4 Кулибаев А.А. Состояние и перспективы развития промышленности строительных материалов // Инженерная наука на рубеже XXI века: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2001. – С. 3-10.
- 5 Байболов С.М., Касымбеков П.К. Научно-техническая политика в строительном комплексе Республики Казахстан // Вестник Инженерной академии Республики Казахстан. – 2000. – №1(5). – С. 55-61.
- 6 Ресин В.И. Железобетон в Московском строительстве // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: матер. 1-й всеросс. конф. по проблемам бетона и железобетона. – М., 2001. – Кн. 1. – С. 39-43.
- 7 Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.
- 8 Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. – М., 1979. – 124 с.
- 9 Ратинов В.Б. Классификация добавок по механизму их действия на цемент // Матер. 6-го междунар. конгресса по химии цемента в Москве. – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 2. – С. 18-21.
- 10 Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. – Алма-Ата.: Наука, 1990. – 112 с.
- 11 Михайлов К.В., Хайдигов Г.К., Волков Ю.С. К 150-летию изобретения железобетона // Бетон и железобетон. – 2000. – №3. – С. 2-5.
- 12 Каприелов С.С., Батраков В.Г., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. – 1999. – №6(501). – С. 6-10.
- 13 Сорокер В.И. Пластифицированные бетоны и растворы. – М., 1953. – 198 с.
- 14 Карибаев К.К. Поверхностно-активные вещества в производстве вяжущих материалов. – Алма-Ата.: Наука, 1980. – 336 с.
- 15 Долгополов Н.Н., Суханов М.А., Федоров С.В., Шестоперов В.С. и др. Бетоны и растворы на высокоосновном вяжущем с низкой водопотребностью // Цемент. – 1990. – №1. – С. 16-18.
- 16 Юдович Б.Э., Дмитриев А.М. и др. Цементы низкой водопотребности – вяжущие нового поколения // Цемент и его

применение. – 1999. – №4. – С. 15-18.

17 Башлыков Н.Ф. Физико-химические основы получения ВНВ и особенности бетонов, приготовленных на его основе // В кн.: Технология производства и применения вяжущих низкой водопотребности. – М.: ТУ КС МО, 1980. – 48 с.

18 Сайбулатов С.Ж., Шинтемиров К.С., Ткач Е.В. Технология и свойства безобжигового стенового материала на основе гидрофобного ВНВ // Совершенствование технологии строительных материалов, изделий и конструкций: межвуз. сб. науч. тр. – Алматы, 1996. – С. 39-43.

19 Ткач Е.В., Дронов В.М. Реологические исследования цементных систем с модификаторами типа ГКМ // Вестник национальной инженерной академии РК. – 2004. – №4(14). – С. 94-97.

20 Ергешев Р.Б., Соловьев В.И., Байджанов Д.О. Цемент низкой водопотребности: инфор. листок. – Караганда: Карагандинской ЦНТИ, 1998. – 4 с.

21 Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсионных системах: избр. тр. – М.: Наука, 1978. – Кн. 1. – 368 с.

22 Миронов С.А. Температурные факторы твердения бетона. – М.: Стройиздат, 1949. – 53 с.

23 Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В.

Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.

24 Сорокер В.И. Уменьшение расхода цемента в производстве сборного железобетона путем использования добавок–пластификаторов и ускорителей твердения. – М., 1970. – 40 с.

25 Тринкер Б.Д. Жиц Г.Н. Тринкер А.Б. Эффективность применения комплексных добавок ПАВ и электролитов // Бетон и железобетон. – 1977. – №10. – С. 12-13.

26 Малинина Л.А., Батраков В.Г. Бетонведение: настоящее и будущее // Бетон и железобетон. – 2003. – №1. – С. 2-6.

27 Френкель И.М. Процент пустот или кривая просеивания // Строительная промышленность. – 1951. – №4. – С. 42-46.

28 Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 501 с.

29 Абдыкалыков А.А., Соловьев В.И., Шинтемиров К.С., Ткач Е.В. Анализ оптимизация водонерастворимых гидрофобных трегеров в бетоне // Состояние и перспективы развития оценочной деятельности и строительства: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2005. – С. 150-152.

30 Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов. – М.: НИУ МГСУ. – 2013. – 204 с.

31 Махамбетова У.К., Естемесов З.А., Солтамбеков Т.К. Особенности процессов гидратации легких материалов с пенообразователями // Цемент. – 1998. – №1. – С. 35-37.

32 Ганжара В.И., Степахин А.С. Специфика использования техногенных отходов теплоэнергетического производства // Вестник наук. – 2001. – №1. – С. 194-198.

33 Ройзман Н.А., Куатбаев К.К., Сердюк В.Р. Способ определения эффективных гидрофобных термопластичных добавок в автоклавных силикатных материалах // Сб. научн. тр. ВНИИстром. – М., 1978. – №15. –С. 27-32.

34 Хрулев В.М., Тентиев Ж.Т., Курдюмова В.М. Состав и структура композиционных материалов. – Бишкек: Полиглот, 1997. – 124 с.

35 Махамбетова У.К., Жалалов Р.К., Копылова Е.А. Влияние порядка введения суперпластификатора С-3 на структурообразование и прочность мелкозернистого бетона // Химия: наука, образование, промышленность. Возможности и перспективы развития: матер. междунар. конф. – Павлодар, 2003. - Т. 1. – С. 226-230.

36 Мусаев Т.С. Повышение долговечности железобетонных шпал: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. – Алматы, 2003. – 42 с.

37 Разработка монолитного бетона на тонкомолотом цементно-зольном вяжущем для ограждающих конструкций с улучшенными теплофизическими свойствами: отчет о НИР / РГП «КАЗНИИССА»: рук. Нурбатуров К.А., испол. Родионова А.А. и др. – Алматы, 2011. –34 с.

38 Орентлихер Л.П., Логанина В.И. Некоторые технологические и реологические свойства поливинилацетатцементных покрытий // Работоспособность композиционных строительных материалов: межвуз. сб. – Казань, 1985. – С. 17-22

39 Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1989. – 218 с.

40 Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение. – М.: Высш. шк., 2002.– 701 с.

41 Горчаков Г.И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 267 с.

42 Соломатов В.И. Новый подход к проблеме утилизации отходов в стройиндустрии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2000. – №1. – С. 28-29.

43 Хрулев В.М., Тентиев Ж.Т., Курдюмова В.М. Состав и структура композиционных материалов. – Бишкек: Полиглот, 1997. – 124 с.

44 Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. –М.: Транспорт, 1966. – 365 с.

45 Пат. 27152 РК. Добавка в бетонную смесь / Шинтемиров К.С. и др.;опубл. 15.07.2013, Бюл. №7. – 3 с.

46 Юнг В.Н. Основы технологии вяжущих веществ. – М.:Пр

47 Pat. 2,311,233. Molding synthetic resins / Jaenicke J., Knoor H., Miedel H.et al; опубл. 06.02.43, Бюл. №251,834. – 3 p.

- 48 Griffiths L.N. Floor Surfacing for Food Processing Plants // Food Manufacture. – 1951. – Vol. 26 (9). – P. 369-372.
- 49 Stevens W.H. Latex Processes and Potentialities // Rubber Developments. 1942. – Vol. 1(3). – P. 10-13.
- 50 Geist J.M., Amagna S.V., Mellor B.B. Improved Portland Cement Mortars with Polyvinyl Acetate Emulsions // Industrial and Engineering Chemistry. – 1943. – Vol. 45(4). – P. 759-767.
- 51 Тейлор Х. Химия цемента. – М.: Изд-во Мир, 1996. – 560 с.
- 52 Tyler O. Z. and Drake R. S. Superior Strength Properties with Polymer-Modified Portland Cements // Adhesives Age. – 1961. – Vol. 4(9). – P. 30-39.
- 53 Pat. 3,043,790. Butadiene-styrene copolymer-cement composition and method of preparation / Sanders P.F. et al; опубл. 10.07.62, Бюл. №685,078. – 8 р.
- 54 Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Талисман Л.С., Иванов Ф.М. Влияние добавки микрокремнезёма на гидратацию алита и сульфатостойкость цементного камня // Цемент и его применение. – 1989. – №6. – С. 14-15.
- 55 Крамар Л.Я., Кудяков А.И., Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В. Цементные тяжелые бетоны для строительства скоростных автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – №4. – С. 147-157.
- 56 Микульский В.Г., Сахаров Г.П., Козлов В.В. и др. Строительные материалы. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 520 с.
- 57 Ильичев В.А., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. и др. Монолитно-прессованная обделка из высокопрочного бетона // Подземное пространство мира. – 1999. – №2-3. – С. 37-41.
- 58 Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Дондуков В.Г. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформационными характеристиками // Бетон и железобетон. – 2006. – №2. – С. 2-6.
- 59 Никифоров С.А., Гилевич К.И., Обрезков А.В. Высокремнеземные силикатные связующие для единых и комбинированных оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям / Матер. 5-го съезда Литейщиков России. – М.: РАЛ-Инфо, 2001. – С. 41-42.
- 60 Tarun R.N., Bruce W.R., Rudolph N.K., Rafat S. Long Term Performance of High - Volume Fly Ash Concrete Pavement // ACI Materials Journal. – 2003. – Vol. 100, №2. – P. 150-155.
- 61 Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.
- 62 Соболев Н.В. Коэзит как индикатор сверхвысоких давлений в континентальной литосфере // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, №1. – С. 95-105.

63 Tarun R.N., Rudolph N.K., Rafat S. Controlled Low Strength Materials Containing Mixtures of Coal Ash and New Pozzolanic Material // ACI Materials Journal. – 2003. – Vol. 100, №3. – P. 208-215.

64 Tarun R.N., Shiw S., Bruce R. Mechanical Properties and Durability of Concrete Made with Blended Fly Ash // ACI Materials Journal. – 1998. – Vol. 95, №4. – P. 454-462.

65 Байджанов Д.О., Абдрахманова К.А. Особенности микрокремнезема как минеральной добавки в цементное вяжущие // Матер. 46-й междунар. науч. конф. «Актуальные научные исследования в современном мире». – Переяслав-Хмельницкий, 2019. – Вып. 2(46), ч. 1. – С. 70-73.

66 Карнаухов Ю. П., Шарова В. В., Подвольская Е. Н.: Вяжущие на основе отвалной золошлаковой смеси и жидкого стекла из микрокремнезёма // Строительные материалы. – 1998. – №5. – С. 12-13.

67 Шинтемиров К.С. Коррозия и защита арматуры в бетонах различных видов: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. – Алматы, 1999. – 42 с.

68 Иванов Ф.М. Добавки в бетоны и перспективы применения суперпластификаторов // Бетоны с эффективными суперпластификаторами: сб. науч. тр. – М.: НИИЖБ, 1979. – С. 6-20.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Базаров Махсутдин Еркинович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Обустройство нефтяных месторождений оборудованием для насосной добычи с применением штанговых скважинных насосных установок»

Научный руководитель: Сейтжан Заурбеков

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 235

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 270

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:


Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 30.05.2022
Мухамедова А.С.

 проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Базаров Махсутдин Еркинович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Обустройство нефтяных месторождений оборудованием для насосной добычи с применением штанговых скважинных насосных установок»

Научный руководитель: Сейтжан Заурбеков

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 235

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 270

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

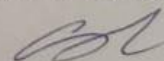
Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата

02.05.22

Заведующий кафедрой



РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)

Базаров Махсутдин Еркинович
(Ф.И.О. обучающегося)

7M07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Обустройство нефтяных месторождений оборудованием для насосной добычи с применением штанговых скважинных насосных установок»

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ 20 _____ слайдах
б) пояснительная записка магистерской диссертации на _____ 70 _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Диссертационная работа в полном объеме соответствует специальности магистратуры и является актуальной и современной темой для научной и производственной отраслей.

Магистрант разработал состав и способ производство высокопрочного модифицированного бетона на основе отходов промышленности.

В представленной на рецензию магистерской диссертации описаны исследования влияние полимерных компонентов, микрокремнезёма и пластифицирующей добавки.

В процессе исследования выявлены особенности физико-механических свойств высокопрочного бетона. Определена эффективность применения на устойчивость к агрессивной среде.

Поставленные задачи в диссертации экспериментально подтверждены эффективностью совместного применения всех компонентов. Установлено увеличение устойчивости к агрессивным средам, морозостойкости, прочности на сжатие и изгиб

Особых замечаний к диссертационной работе нет.

Оценка работы

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, Поставленные цели получили свое решение, содержание и оформление соответствует нормативным требованиям.

Магистрант Базаров Махсутдин заслуживает присвоения академической степени «магистр техники и технологий», диссертации магистранта можно поставить оценку – «90%» процентов.

Рецензент

Декан факультета

Энергетики и Нефтегазовой Индустрии

КБТУ, канд. тех.наук, доцент



Исмаилов А.А.

Подпись

2022 г.