УДК 691.32

На правах рукописи

АБДРАХМАНОВА КАЛАМКАС АМАНБЕКОВНА

Исследование и разработка модифицированных бетонов для свай, работающих в водонасыщенных грунтах

6D073000 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)

Научные консультанты: Доктор технических наук, профессор Байджанов Д.О.

PhD, профессор Е.Ч. Шин (Инчхонский национальный Университет)

Республика Казахстан Караганда, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	
ВВЕДЕНИЕ	
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	
1.1 Высокопрочные модифицированные бетоны для свай, работа	
водонасыщенных грунтах водонасыщенных гр 1.2 Условия эксплуатации свай, работающих в водонасыщенных гр	
1.2 Условия эксплуатации сваи, работающих в водонасыщенных тр 1.3 Способ производства высокопрочного бетона для свай, работа:	•
1.5 спосоо производства высокопрочного остона для свай, расота. водонасыщенных грунтах	
1.3.1 Формирование структуры и свойств цементного камня в б	
помощью пластифицирующих добавок	
Выводы по разделу 1	
2 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕ	толы:
исследования	, ,
2.1 Используемые сырьевые материалы	
2.2 Используемые добавки, наполнители и полимерный компонент	
2.3 Методы исследования	
2.4 Оптимизация состава высокопрочного бетона	
Выводы по разделу 2	
3 ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСИИ ИЗ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО). ПВХ.
МК И С-3 НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КА	АМНЯ.
3.1 Особенности цементного камня, модифицированного полиг	
компонентом ПВХ, пластифицирующими добавками С-3,	
коррозионностойким наполнителем	
3.2 Способ приготовления дисперсии из цементного вях	
пластифицирующей добавки С-3, МК, ПВХ	•
3.2.1 Способ приготовления коррозионностойкого наполнителя	
3.3 Влияние дисперсии на свойства цементного камня	
3.4 Эффективность применения деспергирования при произ	
железобетонных свай в заводских условиях	
3.5 Исследование влияния полимерного компонента на свойства бе	
Выводы по разделу 3	
4 СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА	
МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ	
4.1 Состав и свойства бетонных смесей	
4.2 Физико-механические и деформативные свойства высокопр	
бетона	
4.3 Морозостойкость высокопрочных бетонов	
4.4 Устойчивость высокопрочного бетона при циклических нагрузи	
4.5 Коррозионная стойкость исследуемого высокопрочного бетона	
Выводы по разделу 4	

ДЛЯ СВАЙ, РАБОТАЮЩИХ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ, И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	
5.1 Оптимизация режимов твердения при ТВО	
· · · · · ·	,
5.2 Рекоментации и произролству высокопронного бетона или свай	1
3.2 Гекомендации к производетву высокопрочного остона для сваи	
приготовленных в заводских условиях	,
5.3 Способ производства свай, работающих в водонасыщенных грунтах 91	
5.4 Технико-экономическая эффективность	
Выводы по разделу 5)
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	1
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ)
ПРИЛОЖЕНИЯ	9

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 24545-81. Бетоны. Методы испытаний на выносливость. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 19804-2012. Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 310.1-76. Цементы. Методы испытаний. Общие положения. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 30744-2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 22266-2013. Цементы сульфатостойкие. Технические условия. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физикомеханических испытаний. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. Межгосударственный стандарт.

ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Межгосударственный стандарт: «Стандартинформ».

ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Межгосударственный стандарт: «Стандартинформ».

ГОСТ 19906-74. Нитрит натрия технический. Технические условия. Межгосударственный стандарт: «Стандартинформ».,1976. -18c.;

ГОСТ 23732-2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. Межгосударственный стандарт: ФГУП «Стандартинформ».

СН РК 5.03-02-2013 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Строительные нормы и правила РК.

СНиП РК5.01-03-2002. Свайные фундаменты. Строительные нормы и правила РК.

СТ ТОО 626-1930-01-156-002-2012. Микрокремнезем конденсированный (микросилика) МКУ-95.

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

ПВХ – Поливинилхлорид

РФА – Рентгенофазовый анализ

ДТА – Дифференциально-термический анализ

В/Ц – Водоцементное отношение

КарГТУ – Карагандинский государственный технический университет

МГСУ – Национальный исследовательский «Московский

государственный строительный университет» (Российская Федерация; прежнее название - МИСИ им. В.В. Куйбышева)

НИИЖБ – научно-исследовательский институт Бетона и Железобетона

(Российская Федерация)

ПАВ — Поверхностно-активные вещества ТВО — Тепловлажностная обработка

ОГ – Отсев гранита

ПФМ – Полифункциональные модификаторы

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Казахстан обладает значительными сырьевыми рынка ресурсами ДЛЯ насыщения строительного современными высокоэффективными материалами широкого спектра применения. Одним из радикальных направлений повышения эффективности и качества основного строительного материала – раствора и бетона – является широкое и научно высокоэффективных обоснованное применение индивидуальных многокомпонентных комплексных химических добавок – модификаторов. Анализ состояния сырьевой базы Казахстана и отраслевой науки показывает, что весь спектр современных эффективных модификаторов для получения материалов свойств строительных заданных онжом производить республике непосредственно В ИЗ вторичного сырья отходов промышленности. Это способствует реализации государственной политики импортозамещения.

Благодаря Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы (ГПИИР-2), целью которой развитие хозяйства, недропользования, является сельского инфокоммуникационной, космической, транспортной и иной инфраструктуры, услуг, включая образование, были обеспечены меры макроэкономической стабильности. Для достижения цели одним из приоритетных направлений конкурентоспособная ГПИИР-2 является производственная Производство высокопрочного бетона обеспечивает качественную бетонную продукцию разных отраслях промышленности, создавая В конкурентоспособность и импортозамещение [1].

развития строительной Перспективы промышленности Казахстана обуславливают целесообразность производства высокоэффективных строительных растворов и бетонов. Применение высокопрочных бетонных набирает темпы изделий огромные роста. Вопросы применения высокопрочного бетона, безусловно, являются приоритетными, так охватывают самые важные строительно-технические характеристики.

В современных условиях развития строительства в Казахстане на фоне быстро развивающихся технологий ставится вопрос о внедрении новых эффективных материалов, адаптированных к условиям резко континентального климата. Основной задачей при резко континентальном климате является устойчивость материалов к попеременному замораживанию и оттаиванию и высокая прочность при динамических нагрузках, обеспечивает долговечность материала. Для улучшения энергоэффективности экологичности процессов производства строительных материалов необходимо сосредоточить усилия ученых на создание новых высокоэффективных ресурсоэнергосберегающих технологий. Разработка конкурентоспособных технологий строительных материалов требует решений: по химизации отрасли, управляемой модифицикации применению приемов строительных материалов и изделий с необходимыми строительно-техническими свойствами.

Одно из возможных решений этой актуальной проблемы — создание композиционных материалов на основе сочетания минеральных и полимерных вяжущих. Применение водонерастворимых полимеров в комплексе с цементным вяжущим обусловлено рядом проблем, в частности - плохим совмещением компонентов, за счет чего понижаются качественные показатели бетона.

Работа была выполнена согласно Государственной программе инфраструктурного развития «Нұрлы жол» на 2015-2019 годы. Укрепление жилищной инфраструктуры, качество строительных материалов является одним из приоритетных направлений, так как качество определяет эффективность исполнения Государственной программы «Нұрлы жол» [2].

В работе рассмотрен комплекс задач, позволяющий обеспечить высокие показатели качества материалов путем совмещения свойств полимерных, минеральных компонентов и модификаторов, достигая при этом эффекта синергизма, позволяющего управлять процессом качественных показателей бетона, что на данный момент является актуальным.

Целью диссертационной работы является разработка составов и способа производства высокопрочного модифицированного бетона на основе отходов промышленности для свай, работающих в водонасыщенных грунтах.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи исследований:

- 1. Исследовать влияние полимерного компонента ПВХ, микрокремнезёма и пластифицирующей добавки С-3 на формирования структуры цементного камня и их стабильность в условиях различных циклических воздействий в агрессивных средах.
- 2. Разработать состав и обосновать эффективность способа получения дисперсии из цементного вяжущего, полимерного компонента, пластификатора и микрокремнезёма для производства свай с применением тепло-влажностной обработки (ТВО).
- 3. Определить эффективность применения коррозионностойкого наполнителя (гранитного отсева) на устойчивость к агрессивным средам в составе модифицированного бетона.
- 4. Выявить особенности физико-механических свойств высокопрочного бетона, определить влияние циклического нагружения, замораживания и оттаивания на стабильность первоначальной микроструктуры цементного камня модифицированного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах.
- 5. Установить особенности производства модифицированного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах на основе комплексной дисперсии и фракционного заполнителя с проведением технико-экономической оценки разработанного состава.

Методы достижения поставленных задач:

Анализ исследований отечественных и зарубежных источников, включающий изучение статей, патентов на изобретения и полезные модели,

авторские свидетельства. Изучение мирового опыта, основанного на исследованиях высокопрочных бетонов и полимерцементных композиций в производстве строительных материалов. Проведение стандартных методов испытаний физико-механических свойств высокопрочного бетона согласно требованиям нормативно-технической документации — СТ РК, ГОСТ, СН РК и т.д.

Для определения выщелачивания $Ca(OH)_2$ в структуре цементного камня применены методы дифференциально-термического анализа (ДТА), рентгенофазового анализа (РФА) и электронно-микроскопических исследований.

Научная новизна диссертации:

- выявлен механизм влияния дисперсии цементного вяжущего и микрокремнезёма в комплексе с суперпластификатором С-3, полимерным компонентом ПВХ на устойчивость структуры бетона к циклическим воздействиям (замораживание и оттаивание), а также на выщелачивание Са(ОН)₂ в структуре цементного камня, что обеспечивает высокие физикомеханические свойства бетона;
- определена и обоснована эффективность последовательного введения коррозионностойкого наполнителя, а также крупных и мелких заполнителей при производстве высокопрочного бетона;
- экспериментально подтверждена эффективность совместного применения всех компонентов. Установлено, что совместное применение в бетоне вяжущего цемента, микрокременезёма, суперпластификатора С-3, полимерного компонента ПВХ, коррозионностойкого наполнителя увеличивают его устойчивость к агрессивным средам, морозостойкость, прочность на сжатие и изгиб;
- доказано, что применение суперпластификатора С-3 и вторичного сырья (микрокремнезём, отсев гранита), модифицирует бетон, образуя плотную защитное структуру полимерное покрытие, тем самым снижая И увеличивая водопоглощение И устойчивость бетона К попеременному замораживанию и оттаиванию и динамическим нагрузкам.

Практическая значимость диссертации:

- разработан способ получения высокопрочного бетона из композитной дисперсии для производства свай в заводских условиях при ТВО по способу отдельного совмещения коррозионностойкого наполнителя с крупным и мелким заполнителем;
- изготовлена дисперсия из полимерного компонента ПВХ, микрокремнезёма и суперпластификатора С-3;
- разработан стандарт организации СТ ТОО 141240018822-01-2019 от 22.03.2019 г. «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов», выполнено технико-экономическое обоснование.

Объектом исследования является высокопрочный бетон на основе цементного вяжущего, полимерного компонента ПВХ, суперпластификатора С-3, микрокремнезёма и коррозионностойкого наполнителя для свай, работающих в водонасыщенных грунтах.

Предмет исследования: процессы, обеспечивающие гидрофобные свойства высокопрочного бетона путем применения полимерного компонента в виде дисперсии, а также устойчивость к агрессивным средам за счет применения коррозионностойких наполнителей, увеличение прочности за счет применения комплекса наполнителей и суперпластификатора.

исследований: диссертационной В использованы современные исследования, соответствующие требованиям методы нормативно-технической документации. Исследования проводились современном оборудовании аккредитованной испытательной лаборатории инженерного профиля «Компания комплексной экспертизы» при КарГТУ (Приложение А).

Научные положения, выносимые на защиту:

- состав высокопрочного бетона на основе полимерного компонента и добавок модификаторов;
- способ производства дисперсии на основе цементного вяжущего и полимерного компонента;
- процессы, формирующие структурные особенности изделия, которые влияют на эксплуатационные свойства высокопрочного бетона;
 - физико-механические свойства высокопрочного бетона;
- рекомендации по производству высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, в заводских условиях при ТВО.

Опыт внедрения результатов работы в производство. Произведен выпуск опытной партии железобетонных свай из высокопрочного бетона на заводе ТОО «ЖБИ-Логистика», а также разработан стандарт организации СТ ТОО 141240018822-01-2019 от 22.03.2019 г. «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов» (Приложение Б, В).

Обоснованность и достоверность научных положений, заключений и рекомендаций.

Экспериментальные исследования проводились в аккредитованной испытательной лаборатории инженерного профиля «Компания комплексной экспертизы» на базе КарГТУ, все протоколы испытаний отражены в приложениях к диссертационной работе. Опытно-промышленные испытания производились на производственном предприятии в ТОО «ЖБИ-Логистика» г. Караганда.

Личный вклад автора в науку

Заключается в постановке цели и задач исследования, разработке состава производства высокопрочного бетона на основе полимерного компонента, коррозионностойкого микрокремнезёма, суперпластификатора C-3 И наполнителя, разработке способа получения дисперсии из цементного вяжущего, полимерного компонента, микрокремнезёма и суперпластификатора С-3. Экспериментально подтверждена эффективность способа при ТВО. Разработан организации CT TOO 141240018822-01-2019 стандарт «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов». Получен патент РК на изобретение и 2 свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права (Приложение Г, Д).

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на международных научно-практических конференциях: XLVI-я Международная научная конференция «Актуальные научные исследования в современном мире» (Переяслав-Хмельницкий, Украина: февраль, 2019) — 1 статья; Polish science journal. Warsaw, Poland: Wydawnictwo Naukowe "iScience", 2019. Issue 12 (21) — 2-е статьи; International Conference "Process Management and Scientific Developments". (December 19. Birmingham, United Kingdom, 2019); Polish science journal (Issue 12 (21). Warsaw, Poland, 2019) — 2-е статьи.

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе: 1 статья опубликована в изданиях индексируемых в базах цитирования Scopus, 4 статьи в научных изданиях КОКСОН MOH публикаций рекомендуемых PK, 5 международных конференций из них 5 доклада в материалах зарубежных конференций, получен 1 патент РК на изобретение и 2 свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, выводов по главам, заключения и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц машинописного текста, содержит 45 таблиц и 41 рисунок, список использованных источников из 145 наименований.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Высокопрочные модифицированные бетоны для свай, работающих в водонасыщенных грунтах

Высокопрочные сваи предназначены для работы в условиях водонасыщенных грунтов и в агрессивных средах. Особенности среды эксплуатации требуют обеспечения им высоких физико-механических и строительно-технических показателей качества, которые характеризуются стойкостью материала к двум наиболее агрессивным воздействиям — циклическому и механическим нагрузкам.

Основное назначение свай — это прорезка залегающих с поверхности слабых слоев грунта и передача действующей нагрузки на нижележащие слои грунта, обладающие более высокими механическими показателями. Свайные фундаменты должны проектироваться с учетом:

- результатов инженерных изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия эксплуатации;
 - действующих на фундаменты нагрузок;
 - экологических требований.

Процесс изготовления железобетонных свай представляет собой совокупность отдельных процессов, состоящих из различных операций, начиная от приема исходных материалов и заканчивая контролем качества, приемкой и отгрузкой готовых изделий потребителю согласно заданным характеристикам и среде эксплуатации. На рисунок 1.1 представлен завод по производству железобетонных свай.



Рисунок 1.1 – Завод по производству железобетонных свай

Эта общая последовательность выполнения всех операций практически не зависит от принятого способа производства и присуща всем практикуемым

способам: стендовому, конвейерному, агрегатно-поточному и смешанному технологическому процессу. Конкретика выполнения элементных циклов и составляющих их технологических операций, армирования или формования зависит от принятого способа производства. Одни и те же операции, напряжение арматуры или укладка и уплотнение бетона могут выполняться с использованием разного оборудования, способов и приемов реализации, производства и соответствующего оснащения технологических линий. В связи с чем, основным показателем, влияющим на качественные характеристики, является состав бетона.

На рисунке 1.2 представлена общая принципиальная схема производственного процесса изготовления железобетонных свай.

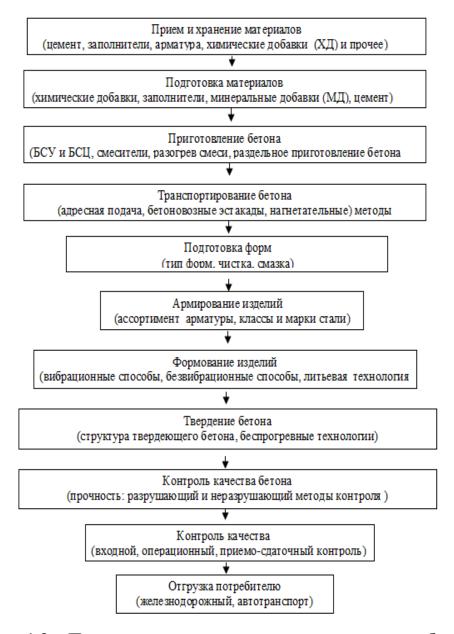


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема производства железобетонных свай

Указанные элементные циклы выполняются в приведенной последовательности, составляя общий технологический цикл. Каждый

элементный цикл принципиальной схемы включает подразделы, которые отражают либо основные способы и приемы его осуществления (виды транспортных средств при доставке материалов), либо основные вопросы, касающиеся данного элементного цикла и подлежащие подробному рассмотрению и изучению. Совокупность элементных циклов и относящихся к ним подразделов, отраженных в принципиальной схеме, составляют основное содержание в работах [3, 4].

Научно-теоретический анализ был проведен на основании Баженова Ю.М., Кулибаева А.А., Байболова С.М., Ресина В.И., Батракова В.Г., Соловьева Хигерович М.И., Ратинова В.Б., В.И., Михайлова Каприелова С.С., Сорокера В.И., Карибаева К.К., Долгополова H.H., Юдович Б.Э., Башлыкова Н.Ф., Сайбулатова С.Ж., Ткач Е.В., Ергешева Р.Б., Ребиндера П.А., Миронова С.А., Михайлова К.В., Бутт Ю.М., Тринкера Б.Д., Малинина Л.А., Френкель И.М., Байджанова Д.О., Абдыкалыкова А.А., Алимова Л.А., Воронина В.В., Естемесова З.А., Ганжары В.И., Куатбаева К.К., Курдюмовой В.М., Махамбетовой У.К., Мусаева Т.С., Нурбатурова К.А., Рыбьева И.А., Скрамтаева Б.Г., Соломатова Орентлихер Л.П., Тентиева Ж.Т., Хрулева В.М., Шестоперова С.В., Шинтемирова Юнга В.Н. [5-46] и других, а также зарубежных ученых – Jaenicke J., Кпоор Н., Griffiths L.N. Floor, Stevens W.H., Geist J.M., Amagna S.V., Anon, Tyler O.Z., Sanders P.F. [47-53] и других в области теории, технологии и свойств композиционных материалов для строительства.

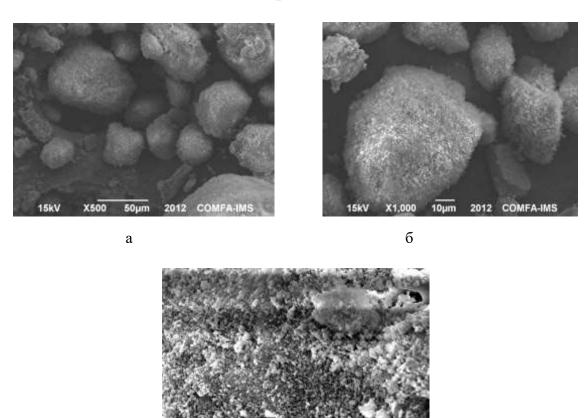
Для создания высокопрочного бетона, эксплуатируемого под высокими нагрузками в агрессивных средах, необходимо применять качественные эффективные добавки, удовлетворяющие материалы требованиям соответствующих стандартов. При этом, важное значение имеет этапы проектирования и корректировки составов высокопрочного бетона с учетом особенности производства работ среды эксплуатации, (выполнение качественного уплотнения, контроль режима работы оборудования, уход за твердеющим бетоном и др.).

получения высокопрочного бетона в работах Крамара Кудякова А.И., Трофимова Б.Я., Шулдякова применялись К.В. кремнийсодержащие (микрокремнезём (МК)) и пластифицирующие добавки, которых – высокофункциональные бетоны для скоростных автомобильных дорог. Рассмотренные результаты структуры отражают эффективность МК. Известно, что микрокремнезём является эффективной добавкой в высокопрочные бетоны, в том числе в виде органоминеральной добавки [54-58]. Его получают при высокотемпературной обработке исходных материалов, содержащих кремнезём. Обработка связана с процессом возгонки оксидов кремния. При конденсации продуктов возгонки в охлаждения образуется мелкодисперсный коллоидоподобный, большей аморфный материал. Преобладающий размер частью 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 [59-61]. Это — высокобарическая модификация кремнезёма, химическая формула SiO₂. Средняя плотность 2,95...3 г/см³, твёрдость 7,5...8 по шкале Мооса. При снижении давления переходит в кварц [62, 63]. Поэтому, нахождение коэсита в микрокремнезёме маловероятно.

Микрокремнезём представляет собой побочный продукт металлургического производства при выплавке ферросилиция и его сплавов, образующийся в результате восстановления углеродом кварца высокой чистоты в электропечах. В процессе выплавки кремниевых сплавов некоторая часть моноокиси кремния (SiO) переходит в газообразное состояние и, подвергаясь окислению и конденсации, образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезема.

Микроструктурный анализ микрокремнезёма представлен на рисунке 1.3, а $P\Phi A$ — на рисунке 1.4.

При выплавке 1 тонны ферросилициевых сплавов выделяется около 300 кг микрокремнезёма. По мере повышения содержания кремния в сплаве увеличивается количество двуокиси кремния SiO_2 .



 $a - \times 500$; $6 - \times 1000$; $B - \times 3000$

Рисунок 1.3 – Микроструктура микрокремнезёма

В

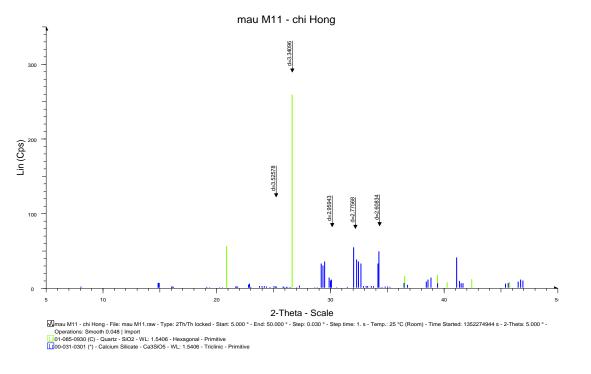


Рисунок 1.4 – Рентгенограмма микрокремнезёма

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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах

Техническое состояние свай, 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, необходимо обеспечить их соответствие требованиям ГОСТ 19804-2012 «Сваи железобетонные заводского изготовления».

Сваи следует изготавливать согласно требованиям указанного стандарта, нормативных документов на конкретные виды изделий, технической и технологической документации утвержденной предприятием-изготовителем.

Сваи должны соответствовать установленным при проектировании требованиям по трещиностойкости и выдерживать контрольные испытания, указанные в технической документации и рабочих чертежах на данные сваи:

- 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.

Сваи, работающие в водонасыщенных грунтах, следует изготовлять из тяжелого бетона по ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые», класса по прочности на сжатие, указанного в технической документации и рабочих чертежах на эти сваи, но не ниже ВЗ5.

При опирании свай на скальные и крупнообломочные грунты класс бетона по прочности на сжатие следует принимать не ниже B25 независимо от длины сваи.

Минимальные марки бетона свай, работающих в водонасыщенных грунтах, 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 свай и значений расчетных температур наружного воздуха и окружающего грунта в районе строительства.

В качестве крупного заполнителя для бетона свай должен применяться фракционированный щебень из естественного камня или гравия, при этом размер фракции должен быть не более 40 мм, а для пустотных свай и свайоболочек — 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 (отпуск натяжения арматуры) в сваях с напрягаемой арматурой следует производить после достижения бетоном сваи требуемой передаточной прочности.

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

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

- в качестве ненапрягаемой продольной арматуры стержневую горячекатаную арматуру периодического профиля классов А300 (А-ІІ) и А400 ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная ДЛЯ армирования железобетонных конструкций», термомеханически упрочненную классов A400 A600 ПО ГОСТ 10884-94 арматурная (A-IV) _ термомеханически упроченная для железобетонных конструкций»;
- в качестве напрягаемой продольной арматуры горячекатаную и термомеханически упрочненную стержневую классов A600 (A-IV) и A800 (A-V) по ГОСТ 5781-82 и ГОСТ 10884, стальные арматурные канаты 1×7 по

ГОСТ 13840, а так же высокопрочную проволоку периодического профиля класса от Bp1200 до Bp1500 (Bp-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-І; Вр-І) по ГОСТ 6727-80 «Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций», стержневую горячекатаную гладкую класса А240 (А-І) — по ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций».

Марки бетонных свай по морозостойкости и водонепроницаемости представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Марки бетона свай по морозостойкости и водонепроницаемости

Условия эксп	луатации свай	Марка бетона, не ниже						
	для зданий или сооружений по уровню							
	фундаменте					енності	X	
Характе	Расчетная	Показатель						
ристика режима	РИМИК	агрессивнос						
эксплуатации	температура	ти жидкой						
	наружного	среды по						
	воздуха	суммарному						
	(средняя	содержанию						
	температура	хлоридов,	I	II	III	I	II	III
	наиболее	сульфатов,						
	холодной	нитратов и						
	пятидневки)	других						
	в районе	солей, г/л						
	строи							
	тельства, °С.							
Сваи, находя	Ниже	От 15 до 35						
щиеся в откры	минус 20 до	и от 70 до						
тых водоемах	минус 40	150						
при переменном	включи							
уровне воды, а	тельно							
также сваи, рас			E500	E400	E200	11/0	Wie	3374
положенные в			F500	F400	F300	W8	W6	W4
сезонно оттаива								
ющем слое грун								
та в районах								
вечной								
мерзлоты								

К активным минеральным добавкам 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 C, кремнезёмсодержащих исходных материалов, а также при возгонке кремния с последующим например, производстве металлического В кремния ферросилиция. В результате образуется мелкодисперсный, пылеобразный, аморфный материал. В микрокремнезёме преобладают сферические частицы с размером от 1 до 0,01 мкм, со средней удельной поверхность не менее $12000 \text{ м}^2/\text{кг}.$

Для устойчивости к агрессивным средам применяют коррозионностойкий отсев камнедробления гранита.

Получают гранитный отсев при изготовлении щебня, как дополнительный продукт производства. При этом количество получаемого сырья может доходить 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 кгс/см²), 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. Хигеровича и др.

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

Подбор состава производился по стандартной методики согласно ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава». Результаты подбора состава представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Подбор состава

Наполнители	Цемент, кг	МК, кг	ОГ, кг	Вода, кг	Щебень, кг	Песок, кг	В/Ц	р _{раст} , кг/м ³
Без добавок	600	-	-	204	1020	760		2584
ОΓ	500	-	50	170	1100	790	0,34	2610
ОГ+МК	500	35	50	170	1100	750		2605

Применение добавок 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 1.3.

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 1.3.

_							
	П.б	рфакт	ОК,	IC	Расслаив	ваемость, %	Сохраня
	Добавки	$\kappa \Gamma / M^3$	CM	Купл	воло	растворо	емость смеси,

Таблица 1.3 – Свойства бетонной смеси

Одноро дость, % МИН отделение отделение Без 0,985 2,5 30 2420 4 0,3 5±1 добавок 0,981 ОΓ 2500 3 0,3 1,3 40 3 ± 1 0,983 0,4 ΟΓ+ΜΚ 2500 2,5 0,1 50 2 ± 1

Полученные результаты представленные в таблицы 1.3 соответствуют нормативно-техническим требованиям.

выявления влияния исследуемых добавок минеральных на проводились прочностные свойства бетонов сравнительные испытания добавок, образцов без c добавками И при совместном введении микрокремнезёма и отсева гранита.

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

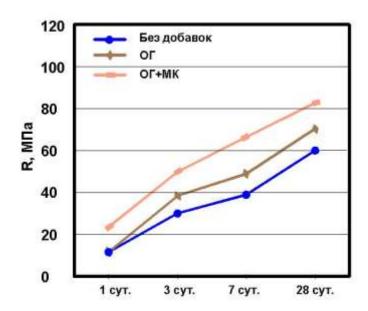


Рисунок 1.5 – Прочность исследуемых образцов бетона с минеральными добавками и наполнителем при сжатии

Установлено, что введение минеральной добавоки микрокремнезема и наполнителя $O\Gamma$ в комплексе значительно увеличивают прочность бетона в отличии от образцов без добавок и только с наполнителем $O\Gamma$.

Совместное применение микрокремнезёма и наполнителя ОГ в первые сутки твердения в нормальных условиях повышают прочность бетона в два раза от образца без добавок. Результаты испытаний в возрасте 28 суток образца без добавок составила 60 МПа, у образца с добавкой ОГ – 72 МПа. Наибольший показатель прочности получен у образца с добавкой МК и ОГ – 85МПа. 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 добавками, способствует увеличению его прочности, таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Относительная прочность бетона, в кг/см²

Ognovyv	Про	чность при сжатии	и, в кг/см ²	
Образцы	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
ОГ	92,8	125,7	125,1	116,1
ОГ+МК	198,8	164,5	168,7	137,1

Важнейшей характеристикой бетона является прочность на растяжение при изгибе. Результаты испытаний образцов — балок $10\times10\times40$ см приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Прочность получаемых бетонов на растяжение при изгибе, МПа

Opposyty	Прочность при изгибе, МПа							
Образцы	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут				
Без добавок	1,3	2,8	3,9	5,7				
ОГ	1,2	3,7	4,5	6,8				
ОГ+МК	2,5	4,9	6,5	8,1				

В возрасте 28 суток твердения можно отметить модифицирующую роль минеральных добавок ОГ+МК, которая способствует формированию структуры цементного камня, за счет чего повышается прочность на растяжение и при изгибе. Прочность бетона при изгибе без добавок составляет 5,7 МПа, с ОГ – 6,8 МПа. Совместное введение минеральных добавок и наполнителя ОГ+МК повышает прочность $R_{\rm изг}$ до 8,1МПа. Дальнейшее увеличение прочности бетона замедляется, и в конечном этапе набирает прочность 8,5МПа. 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 добавок после 28 суток нормального твердения приведены на рисунке 1.6.

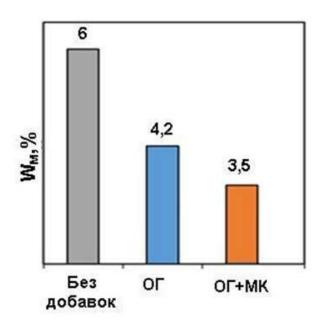


Рисунок 1.6 – Водопоглощение образцов бетона по массе

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 заполняют внутренние микро- и макро- поры.

Полученные результаты позволяют использовать такой бетон для производства свай, работающих в водонасыщенных грунтах.

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±2)°С и поддерживали в течение 2,5 ч. Затем температуру в камере повышали до температуры минус 10°С в течение (1,5±0,5) ч, после чего образцы размерами 100×100×100 мм оттаивали в 5%-м водном растворе хлорида натрия при температуре (20±2)°С 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 добавок. Результаты испытаний представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Морозостойкость бетона

Образцы	Циклы и марка									
R, МПа	5	10	20	37	55 F-400	80				
	F 100	F 150	F 200	F 300	F 400	F 500				
Без добавок	63	50	-	-	-	-				
ОГ	72	71	65	-	-	-				
ОГ+МК	90	88	93	92	92	83				

Все испытанные на морозостойкость образцы бетона формовали из смеси с одинаковым значением В/Ц = 0,35. Наименьшие значения морозостойкости показали образцы бетона без добавок – F 100, которые были изготовлены с повышенным расходом цемента и воды, без изменения В/Ц 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 стабильность недостаточную структуры гидратных цементного камня. На некоторых образцах бетона с ОГ отмечалось шелушение поверхности с обнажением зёрен заполнителя после 20 циклов замораживания оттаивания. Введение микрокремнезёма совместно с ОГ повышает морозостойкость бетона до F 500. Следовательно, пуццоланизация является эффективным способом повышения морозостойкости бетона при постоянном В/Ц 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 добавок МК в комплексе с наполнителем ОГ, за счет увеличения количества низкоосновных аморфизированных гидросиликатных фаз и уменьшения содержания свободного портландита в структуре цементного камня [69].

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

1.3 Способ производства высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах

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

Одним из важных аспектов заводов по производству высокопрочных бетонов является качественный подбор добавок. 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах. Основными критериями, влияющими на свойства такого бетона, являются: прочность, коррозионная стойкость, морозостойкость.

работе Ткач E.B. представлены теоретические положения модифицированных гидрофобизированных высокоэффективных бетонов, согласно которой в цементных материалах микроструктура формируется в результате реакций гидратации цемента. Свойства цементных материалов на зависят OT химического И минералогического портландцементного клинкера, дисперсности (тонкости помола) цемента, условий твердения, вида и строения ПАВ и концентраций химических добавок 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 «самозалечивания» участвует процессах микротрещин, 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 заполняют микротрещины цементного камня, то они не образуют плотных кристаллических гидрофобизированных стростков. Причиной тому является разрушение кремнийорганических соединений при действии на них щелочей цемента [70-72]. В данном случае можно говорить о совместимости кремнийорганических соединений с продуктами гидратации цемента только по истечении длительного периода эксплуатации (пять лет и более) [73-76].

Практика показывает, что именно совместимость с цементом гидрофобизирующих добавок, разработаных 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 научнопрактические 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 добавок-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 добавок

Одним из наиболее перспективных и эффективных направлений повышения качества материалов, в современном строительстве, является широкое использование различных органических и неорганических веществ в качестве добавок. Вводимые в бетон в десятых и сотых долях процента от массы цемента, добавки существенно влияют на физико-химические процессы твердения и создание благоприятной с точки зрения стойкости структуры бетона. Такие вещества называют модификаторами бетонной смеси и бетона [77-80].

По В.Г. Батракову, под модифицированием подразумевается такое воздействие, при котором существенно изменяются структура и свойства материала путём введения в его состав определённых веществ, практически неизменном количестве основных составляющих данного материала (бетона) [81].

Ещё за много столетий до нашего времени древними мастерами практиковалось применение различных добавок, в том числе гидрофобных органических веществ, для повышения водостойкости [82, 83].

Жиры, масла и некоторые другие органические соединения, обладающие гидрофобными свойствами, широко распространены в животном и растительном мире. Повседневно встречая такие вещества в окружающей природе, человек с давних пор применял их не только для питания, но также для различных бытовых и производственных надобностей, в том числе в строительной технике. Так, например, в Древнем Риме к извести добавляли свиное сало и свернувшуюся кровь животных, а в древней Руси — творог, льняную сечку вместе с льняным семенем, отвар еловой коры и другие вещества [84, 85].

И только с начала тридцатых годов XX века использование модифицирующих добавок в бетонах и растворах вновь входит в практику строителей, но уже на новом научно-техническом уровне.

С появлением добавок-модификаторов, улучшающих качественные показатели бетона, возникли новые возможности в строительной отрасли. Одним из немаловажных факторов эффективности добавок 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 добавки для цемента и бетона классифицируют по качеству, назначению, технологическим эффектам [86-88]. По функциональности модификаторы различаются как регуляторы скорости твердения цемента, гидрофобизаторы и пластификаторы [89, 90].

Существует ряд классификаций модификаторов цемента и бетона. Так, Комитет по добавкам Американского института бетона классифицирует добавки по химическому составу и достигаемому технологическому эффекту. В работе [91] авторы классифицируют модификаторы по функциональному назначению: регуляторы скорости твердения цемента, повышающие физикомеханические 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 [92].

Государственной комиссией по добавкам Франции предлагается различать модификаторы как ускорители схватывания и твердения, воздухововлекающие, противокоррозионные, повышающие морозостойкость, гидрофобизаторы, пластификаторы [93].

- П.А. Ребиндер предложил классифицировать добавки поверхностноактивных 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 [94], позволяющая учитывать структурные изменения при формовании бетона и прогнозировать физико-механические свойства бетонных и железобетонных изделий.

В России в настоящее время придерживаются классификации добавок по ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов. Общие технические требования» (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Классификация добавок по ГОСТ 24211

	Суперпластификаторы (І группа)
Регулирующие реологические	Сильнопластифицирующие (II группа)
свойства бетонных смесей	Среднепластифицирующие (III группа)
(увеличивающие подвижность	Водоудерживающие (IV группа)
или снижающие жесткость)	Стабилизирующие (предупреждающие расслоение)
	Водоудерживающие (уменьшающие водоотделение)
	Замедляющие схватывание
Регулирующие схватывание	Ускоряющие схватывание
бетонных смесей и твердение	Ускоряющие твердение
бетона	Обеспечивающие твердение при отрицательных
	температурах (противоморозные)
	Уменьшающие смачивание (гидрофобизирующие)
	Изменяющие электропроводность
	Повышающие противорадиационную защиту
	Повышающие бактерицидные и инсектицидные
Придающие бетону	свойства
специальные свойства	Красящие
	Повышающие стойкость в агрессивных средах
	Повышающие жаростойкость
	Повышающие защитные свойства бетона к стали
	(ингибиторы коррозии стали)
Минераль	ные порошки – заменители цемента
Регулирующие одновременно	Пластифицирующие-воздухо-вовлекающие
различные свойства бетонных	Пластифицирующие, повышающие прочность
смесей и бетонов	
(полифункционального	Газообразующие-пластифицирующие
действия)	

Как показывает практика, при разработке новых составов полифункциональных модификаторов удобней пользоваться классификацией, предложенной В.Г. Батраковым и др. [95], в которой все комплексные добавки 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 добавки стали неотъемлемой частью всех видов бетонов [96]. В развитых странах мира практически весь применяемый в строительстве бетон содержит химические добавки различного рода. В Казахстане не более 40% бетона изготавливается с применением различных добавок. 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 добавок 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 добавку, имеет прочность на 5,0-6,0 МПа выше по сравнению с прочностью цемента, полученного на клинкере из бездобавочного 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 самоуплотняющих 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 и России, 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 практический опыт показали эффективность и перспективность приготовления применением способа эмульгирования гидрофобизирующих ингредиентов, добавки в прямые эмульсии в присутствии гидрофилизатора. Это связано с тем, что эффективность действия в цементных системах отдельных гидрофилизатора гидрофобизатора намного И ниже, когда чем применяются в комплексе.

В Российской Федерации МГСУ и НИИЖБ разработаны эффективные приготовления гидробизирующих водоразбавляемых (прямых) эмульсий типа «масло в воде». Комплексные добавки, содержащие гидрофобизирующие ингредиенты, называют гидрофобизирующими комплексными модификаторами. Отмечено [97], что функциональные возможности как гидрофобизирующей добавки, так и суперпластификатора значительно увеличиваются при их совместном применении. Положительное действие комплексных гидрофобизирующих добавок достигается за счет проявления синергического эффекта в сторону удобоукладываемости, роста прочности, водонепроницаемости, морозостойкости существенно И долговечности, что позволяет интенсифицировать производство бетонных работ, сократить теплоэнергозатраты 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 добавок в бетон являются разработки М.И. Хигеровича. Дальнейшее применение и разработка модификаторов химических добавок различных пластифицирующих гидрофобизирующих, отражены работах до В.И. Соловьева, Г.И. Горчакова. Они представляют собой поверхностноболее высокой активные вещества качественной категории, гидрофилизаторы и гидрофобизаторы, взятые в отдельности. Совместное применение таких добавок облегчает превращение гидрофобизирующего компонента в водоразбавляемую жидкость, которую удобно вводить с водой затворения при изготовлении строительных смесей [98].

Базовым модификатором гидрофобно-пластифицирующего действия является полифункциональная комплексная гидрофобно-пластифицирующая добавка (ГПД), представляющая собой прямую эмульсию кубовых остатков синтетических жирных кислот (КОСЖК) в 50%-м водном растворе сульфитнодрожжевой 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 архитетуры (КазГАСА), Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ) изготавливаются из недефицитного сырья, побочных продуктов нефтехимии, масло-жировой, целлюлознобумажной и химической промышленности. Они недороги и не вызывают интоксикации организма человека. Гидрофобизирующие добавки положительно влияют на физико-технические свойства бетона и железобетона не только в ранние сроки, но и в течение всего периода эксплуатации строительных объектов.

Основными компонентами модификаторов предлагаются: гидрофилизаторы (суперпластификаторы С-3, СП «40-03», или технические лигносульфонаты — ЛСТ); гидрофобизаторы (соапстоки растительных масел, кубовые остатки синтетических жирных кислот, низкомарочные 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 ингредиентов усиления действий цементных В Функциональные возможности гидрофобизирующих добавок увеличиваются при их совместном применении с суперпластификатором. Наибольшая эффективность выявлена у комплексных добавок С-3 плюс КОД-С, С-3 плюс КОМД-С. Эти добавки позволяют получать бетоны практически с любыми свойствами. При заданными ЭТОМ достигается экономия суперпластификатора до 50%, что снижает стоимость бетона. В качестве гидрофобизаторов экономически выгодно применять кубовые 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 и комплексные добавки на их основе;
- 2) продукты конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида и комплексные добавки на их основе;
- 3) модифицированные (очищенные и практически не содержащие сахаров) лигносульфонаты и комплексные добавки на их основе.

Широкое применение пластифицирующих добавок 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 добавок 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 добавок MasterGleniumACE 430 (ACE), представляющем собой водный раствор поликарбоксилатного эфира и СП-1 нафталинформальдегидный суперпластификатор (таблица 1.8).

Таблица 1.8 – Прочность и пористость цементного камня в различном возрасте 28 суток

Состав	В/Ц	Открытая пористость, %	1 сут.	2 сут.	7 сут.	28 сут.
1% ACE 430	0,230	9,4	38,4	66,5	78,3	106
1% СП-1	0,240	9,88	46,7	66,2	76,6	82,5
1% ACE + 10% MK	0,265	8,66	39,3	67,6	74,4	110
1% СП-1 + 10% МК	0,265	9,14	24,9	44,3	61,2	85

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

Выводу по разделу 1

- 1. Исследование и разработка технологии изготовления свай, работающих в условиях водонасыщенных грунтов и агрессивных средах является актуальной научно-технической задачей, а использование высокопрочных свай 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах. Существующие способы говорят о возможности и высоком потенциале дальнейшего развития качественных показателей бетона.
- 3. Способ производства железобетонных свай на заводе требует тщательной обработки всех компонентов. Согласно литературным данным, гидрофильно-гидрофобные добавки позволяют не только улучшать качественные показатели бетона, но и управлять ими.
- 4. Анализ литературных данных показывает, что в процессе применения химических добавок специалисты стремятся найти удобные и эффективные способы их приготовления и введения в цементные бетоны и растворы, а также возможность применять эффективные добавки в 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.

Цемент

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.

Химический состав и свойства цементных вяжущих

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		Хими	ический	состав,	в %	
	цемента	цемента	SiO ₂	Al_2O_3	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO_3
Карагандинский портландцемент	500	I	22,85	6,07	3,71	61,7	2,58	3,09
Усть-Каменогорский портландцемент	500	II	21,5	5,8	3,95	63,8	2,05	2,9

Таблица 2.2 – Минеральный состав цементов

Условная	Содеј	эжание	минера	лов, %	Содерх щелоч		Содержание	Содержание активных
маркировка цементов	C ₃ S	C_2S	C ₃ A	C ₄ AF	Na ₂ O	K ₂ O	гипса по SO ₃ , %	минеральных добавок, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	47,91	19,09	8,64	13,56	-	-	2,10	-
II	52,37	14,81	8,22	14,08	-	-	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	Удельная поверхность,	Нормальная густота, %			Сроки схватывания		Предел прочности через 28 суток, МПа	
цементов	см ² /г	1 yc101a, 70		начало час- мин	конец час-мин	при изгибе	при сжатии	
I	3100	26,5	0,40	2-40	7-30	6,1	49,0	
II	3200	27,0	0,41	2-30	7-00	6,7	49,5	

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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, в основном применяют сульфатостойкий портландцемент, который, имея ограниченное содержание в клинкере C_3A , как показывает практика эксплуатации свайных фундаментов в водонасыщенных грунтах, менее подвергается коррозии.

Крупный и мелкий заполнитель

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

Испытание заполнителей 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 физикомеханических испытаний» и по ГОСТ 8735-88* «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

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

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

Результаты испытаний свойств мелкого и крупного заполнителей 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, $\kappa\Gamma/M^3$	пустот ность, %	загрязнен- ность, %	
1	2	3	4	5	6	
Николаевское (Алматы)	2,25	1490	2650	43,9	2,8	

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
Токаревское (Караганда)	2,39	1510	2665	42,6	1,9
Акмолинское (Нұр-Сұлтан)	2,23	1500	2660	42,8	2,0

Таблица 2.5 – Технические характеристики щебня

Показатель	Полученное		е значение		Соответствие ГОСТ 8267-93
Влажность, %	1,0		0,8		-
Истинная плотность, кг/м ³	2730		2730		-
Насыпная плотность, кг/м ³	1550		1530		-
	размер сит, мм	полный остаток, %	размер сит, мм	полный остаток, %	Соответствует
Гранулометрический состав	>20	0,4	>10	3,4	
	1020	64,0	510	54,2	
	510	95,2	2,55	97,6	
	<5	100	<2,5	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 добавки, наполнители и полимерный компонент Пластифицирующие добавки

Суперпластификатор С-3 получают на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфокислоты 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 в сухой и жидкой форме)

Наименование показателя	Норма	Методы испытаний	
1	2	3	
Внешний вид	Порошок или жидкость	Визуально	
	темно-коричневого цвета		

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
Массовая доля основного вещества в растворе в пересчете на сухой продукт, %, не менее	38%	Высушивание до постоянной массы
Водородный показатель pH водного раствора C-3	pH 7,0-8,0	рН-метр
Плотность 38%-го раствора при 20°C , 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 компонент

В качестве полимерного модификатора использовали суспензионный, эмульсионный и массовый поливинилхлориды марок ПВХ-С70, ПВХ-Е70 и ПВХ-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				
Показатели	ПВХ С-70	ПВХ Е-70	ПВХ М-70		
Плотность, $\kappa \Gamma/M^3 \times 10^3$	1,34-1,39	1,20-1,25	1,10-1,15		
Насыпная плотность, кг/м ³	550-600	450-550	430-500		
Константа, К	73-76	70-72	66-69		
Молекулярная масса, ×10 ³	135-140				
Размеры частиц, мкм	150-200	120-150	100-120		
Термостабильность при 453K, 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 добавка

В качестве активной минеральной добавки применяли микрокремнезём АО «ТОО «Таи-Кеп Тетіг», г. Караганда. Микрокремнезём является эффективной добавкой в высокопрочные бетоны, в том числе в виде органоминеральной добавки. 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 кремнезёма, химическая формула: 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 моноокиси 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 двуокиси кремния SiO_2 . Химический состав микрокремнезёма приведен в таблице 2.8.

Оксид	Содержание оксидов, %	Оксид	Содержание оксидов, %
SiO ₂	90,78	SO_3	0,15
Al ₂ O ₃	0,73	Na ₂ O	1,14
Fe ₂ O ₃	1,34	K ₂ O	1,98
CaO	-	TiO ₂	0,01
MgO	0,02	п.п.п	2,55

Таблица 2.8 – Химический состав микрокремнезёма

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%. Морозоустойчивость — 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

диссертационной работе применялись стандартные методы исследования согласно актуальным нормативным документам – ГОСТ, СТ РК, исследования РК СНиП, ДЛЯ цементного камня применяли рентгенофазовый анализ, электронно-микроскопия другие физикомеханические анализы.

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

Испытания прочностных характеристик поводились 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 ГОСТ 27006-86 «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,	Назначение оборудования, прибора,	Модель
прибора, инвентаря	инвентаря	
1	2	3
Пресс автоматический, 500 kH	Пресс, позволяющий проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и/или нагрузки на образец	Пилот, 500 kH,

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3
Рама для испытания на сжатие 3000 кН	Рама на сжатие, позволяющая проводить испытания в условиях контроля скорости сжатия и/или нагрузки на образец	Automax3000 кН,
Поромер, 7 л.	Предназначен для определения объема вовлеченного воздуха уплотненных бетонных смесей на плотных заполнителях	Controls,
Аппарат для теплоопре деления цемента в процессе гидратации	Предназначен для теплоопределения цемента в процессе гидратации	Controls,
_	Для определения прочности бетона, за счет ультразвуковых импульсов	Controls,
Ультразвуковой импульсный анализатор	Для определения прочности бетона, за счет ультразвуковых импульсов	Controls,2016 Γ.Β.
Измеритель прочности, склерометр	Прибор предназначен для оперативного неразрушаю щего контроля прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690	ИПС-МГ4.01, 2014 г.в.
Виброплощадка лабораторная с механическим креплением	Предназначена для следующих видов лабораторных испытаний: определение показателя жесткости бетонной смеси, изготовление контрольных бетонных образцов	СМЖ-539,
Смеситель принуди тельного действия лабо раторный для цементо бетонных смесей	Смеситель предназначен для приготовления цементобетонной смеси в количествах, необходимых для изготовления лабораторных образцов	ЛЦ-ЦБ-10,
	Используется для перемешивания и гомогенизации эмульсий и паст, для механического активирования и легирования при исследовании материалов	
Грохот лабораторный	Грохот лабораторный КП-109/2 предназначен для определения зернового состава щебня (гравия) нефракционного и заданной фракции по ГОСТ 8269-76	
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	
Шкаф сушильный	Шкаф сушильный предназначен для сушки стеклянной и металлической посуды, образцов бетона, в лабораториях	

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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, необходимых для рекомендации разработки к производству.

2.4 Оптимизация состава высокопрочного бетона

Количество компонентов высокопрочного бетона оптимизировали с применением метода математического моделирования.

Для оптимизации состава высокопрочного бетона на основе полимерного компонента (ПВХ), микрокремнезема (МК), суперпластификатора С-3 были выбраны три переменных фактора, влияющие на эксплуатационные характеристики высокопрочного бетона:

Х₁ – содержание суперпластификатора С-3

 X_2 – содержание полимера ПВХ

 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 подобранный 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
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
1,5	0,5	5	45	500
1,5	1	5	48,5	550
1,5	1,5	5	46,7	570
1,5	0,5	10	58,3	500
1,5	1	10	55	580
1,5	1,5	10	61	600
1,5	0,5	15	54	525
1,5	1	15	57,3	570
2	3	4	5	6
1,5	1,5	15	59,6	600
2	0,5	5	75,5	620
2	1	5	78	660
2	1,5	5	71	680
2	0,5	10	80	610

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3	4	5
2	1	10	82	680
2	1,5	10	72	680
2	0,5	15	61,8	580
2	1	15	68,3	500
2,5	1,5	15	79,7	650
2,5	0,5	5	77,9	610
2,5	1	5	80	650
2,5	1,5	5	71,3	680
2,5	0,5	10	75	600
2,5	1	10	77,3	670
2,5	1,5	10	62,1	680
2,5	0,5	15	75,6	600
2,5	1	15	78,4	620
2,5	1,5	15	69	640

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

Таблица 2.11 – Уровни планирования эксперимента

		Значение переменных								
Показатели	X_1		X_2		X ₃					
	натур	код	натур	код	натур	код				
Основной уровень	2	-	10	-	1	-				
Нижний уровень	1,5	0	5	0	0,5	0				
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

X_1	V.	X_2	X_2	X_3	V.	Число ст.	Число
натур	X_1	натур	Λ_2	натур	X_3	сменные своды	измерений
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	-1	0,5	-1	5	-1	3	1
1,5	-1	1	0	5	-1	2	1
1,5	-1	1,5	+1	5	-1	3	1
1,5	-1	0,5	-1	10	0	2	1
1,5	-1	1	0	10	0	1	1
1,5	-1	1,5	+1	10	0	2	1
1,5	-1	0,5	-1	15	+1	3	1
1,5	-1	1	0	15	+1	2	1
1,5	-1	1,5	+1	15	+1	3	1

Продолжение таблицы 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8
2	0	0,5	-1	5	-1	2	1
2	0	1	0	5	-1	1	1
2	0	1,5	+1	5	-1	2	1
2	0	0,5	-1	10	0	1	1
2	0	1	0	10	0	0	1
2	0	1,5	+1	10	0	1	1
2	0	0,5	-1	15	+1	2	1
2	0	1	0	15	+1	1	1
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	3	1
2,5	+1	0,5	-1	5	-1	3	1
2,5	+1	1	0	5	-1	2	1
2,5	+1	1,5	+1	5	-1	3	1
2,5	+1	0,5	-1	10	0	2	1
2,5	+1	1	0	10	0	1	1
2,5	+1	1,5	+1	10	0	2	1
2,5	+1	0,5	-1	15	+1	3	1
2,5	+1	1	0	15	+1	2	1
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	3	1

Результаты эксперимента и статистического анализа Y_1 , Y_2 преведены в таблице 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 _{1p}	Y _{1эк} -Y _{1р}	$(Y_{13K}-Y_{1p})^2$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	a – прочность на сжатие Y_1										
1,5	-1	0,5	-1	5	-1	45	44,629	0,3706	0,7412		
1,5	-1	1	0	5	-1	48,5	49,296	-0,796	-1,592		
1,5	-1	1,5	+1	5	-1	46,7	47,985	-1,2849	-2,5698		
1,5	-1	0,5	-1	10	0	58,3	59,229	-0,9293	-1,8586		
1,5	-1	1	0	10	0	55	56,896	-1,896	-3,792		
1,5	-1	1,5	+1	10	0	61	62,585	-1,5849	-3,1698		
1,5	-1	0,5	-1	15	+1	54	53,085	0,9151	1,8302		
1,5	-1	1	0	15	+1	57,3	55,752	1,5484	3,0968		
1,5	-1	1,5	+1	15	+1	59,6	58,441	1,1595	2,319		
2	0	0,5	-1	5	-1	75,5	73,918	1,5818	3,1636		
2	0	1	0	5	-1	78	79,585	-1,5849	-3,1698		
2	0	1,5	+1	5	-1	71	72,274	-1,2738	-2,5476		
2	0	0,5	-1	10	0	80	81,518	-1,5182	-3,0364		
2	0	1	0	10	0	82	81,185	0,8151	1,6302		
2	0	1,5	+1	10	0	72	71,874	0,1262	0,2524		
2	0	0,5	-1	15	+1	61,8	62,374	-0,5738	-1,1476		
2	0	1	0	15	+1	68,3	68,041	0,2595	0,519		
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	79,7	80,729	-1,0294	-2,0588		
2,5	+1	0,5	-1	5	-1	77,9	76,396	1,504	3,008		
2,5	+1	1	0	5	-1	80	79,063	0,9373	1,8746		

Продолжение таблицы 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,5	+1	1,5	+1	5	-1	71,3	70,752	0,5484	1,0968
2,5	+1	0,5	-1	10	0	75	78,996	-3,996	-7,992
2,5	+1	1	0	10	0	77,3	78,663	-1,3627	-2,7254
2,5	+1	1,5	+1	10	0	62,1	61,352	0,7484	1,4968
2,5	+1	0,5	-1	15	+1	75,6	76,852	-1,2516	-2,5032
2,5	+1	1	0	15	+1	78,4	80,518	-2,1182	-4,2364
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	69	70,207	-1,2071	-2,4142
	•				б – м	иорозостойк	ость Г Ү2		
X_1	X_1	X_2	X_2	X_3	X_3	$Y_{2 \ni \kappa}$	Y_{2p}	Y _{2эк} - Y _{2р}	$(Y_{29K}-Y_{2p})^2$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,5	-1	0,5	-1	5	-1	500	599,629	-99,629	-199,258
1,5	-1	1	0	5	-1	550	555,296	-5,296	-10,592
1,5	-1	1,5	+1	5	-1	570	555,984	14,016	28,032
1,5	-1	0,5	-1	10	0	500	503,223	-3,223	-6,446
1,5	-1	1	0	10	0	580	585,86	-5,86	-11,72
1,5	-1	1,5	+1	10	0	600	608,849	-8,849	-17,698
1,5	-1	0,5	-1	15	+1	525	520,849	4,151	8,302
1,5	-1	1	0	15	+1	570	568,516	1,484	2,968
1,5	-1	1,5	+1	15	+1	600	598,405	1,595	3,19
2	0	0,5	-1	5	-1	620	618,182	1,818	3,636
2	0	1	0	5	-1	660	665,849	-5,849	-11,698
2	0	1,5	+1	5	-1	680	683,738	-3,738	-7,476
2	0	0,5	-1	10	0	610	615,82	-5,82	-11,64
2	0	1	0	10	0	680	678,849	1,151	2,302
2	0	1,5	+1	10	0	680	678,874	1,1262	2,2524
2	0	0,5	-1	15	+1	580	581,374	-1,3738	-2,7476
2	0	1	0	15	+1	500	500,041	-0,0405	-0,081
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	650	655,729	-5,7294	-11,4588
2,5	+1	0,5	-1	5	-1	610	608,396	1,604	3,208
2,5	+1	1	0	5	-1	650	645,063	4,9373	9,8746
2,5	+1	1,5	+1	5	-1	680	677,752	2,2484	4,4968
2,5	+1	0,5	-1	10	0	600	605,996	-5,996	-11,992
2,5	+1	1	0	10	0	670	672,663	-2,6627	-5,3254
2,5	+1	1,5	+1	10	0	680	678,352	1,6484	3,2968
2,5	+1	0,5	-1	15	+1	600	605,852	-5,8516	-11,7032
2,5	+1	1	0	15	+1	620	628,518	-8,5182	-17,0364
2,5	+1	1,5	+1	15	+1	640	643,207	-3,2071	-6,4142

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

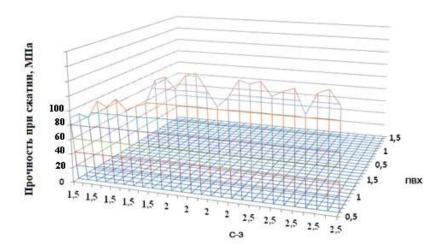


Рисунок 2.1 — Экспериментально-статистическая модель прочности высокопрочного бетона

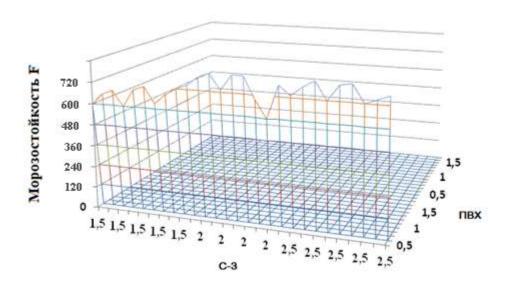


Рисунок 2.2 — Экспериментально-статистическая модель морозостойкости высокопрочного бетона

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 ПВХ 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 =81,185МПа, 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 строительнотехнические, 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 $R_{\text{сж}}$ =81,185МПа 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» на базе КарГТУ.

З ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСИИ ИЗ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО, ПВХ, 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 физикомеханических 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 импортируемым.

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 компонентом ПВХ пластифицирующими добавками С-3, МК, и коррозионностойким наполнителем

Качество бетона достигается путем введения в его состав добавок модификаторов наполнителей. Для производства высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, нами был рассмотрен способ введения полимерного компонента ПВХ, микрокремнезёма, суперпластификатора С-3 и коррозионностойкого наполнителя.

По данным литературных источников, одним из эффективных добавок для увеличения прочности являются кремнийсодержащие наполнители. В качестве кремнийсодержащего наполнителя нами был рассмотрен 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 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, 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 компонент ПВХ.

Анализ особенностей всех компонентов (ПВХ, С-3, МК, КН) и результатов исследований [99], выявил, что применение данного состава в комплексе обеспечивает эффективный результат, дополняя друг друга (эффект синергизма).

При совмещении полимерного компонента 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 (ПВХ, С-3, МК, КН), в комплексе учитывая все особенности состава.

Совмещение полимерного компонента ПВХ в комплексе с С-3, КН и МК улучшает структуру цементного камня, заполняя 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 заполнить 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 свай.

В процессе производства железобетонных свай применяется тепловлажностная обработка, которая ускоряет процесс твердения цементного вяжущего и не влияет на процесс твердения полимерного компонента ПВХ. 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 компонентов в виде дисперсии возможно получение бетона с высокими качественными характеристиками.

Дисперсия из цементного вяжущего, суперпластификатора C-3, МК и ПВХ позволят получить однородную массу путем диспергирования компонентов [100].

Такое структурное расположение компонентов достигается путем диспергирования компонентов. Проведя анализ возможности производства бетона путем введения цементного вяжущего, полимерного компонента ПВХ, 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.

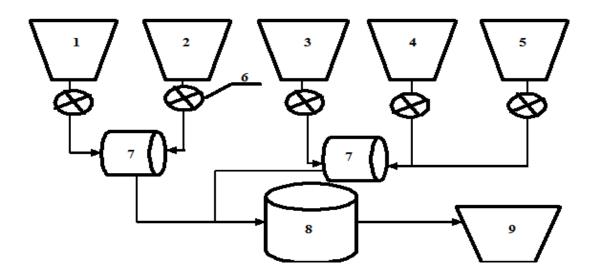
Таким образом, представленные схемы распределения полимерного компонента в структуре цементного камня позволяют сделать вывод, что при производстве высокопрочного бетона для железобетонных свай важным

аспектом является процесс изготовления конструкции. Дисперсии из цементного вяжущего, полимерного компонента ПВХ, С-3 и МК позволяют увеличить качественные показатели высокопрочного бетона при производстве железобетонных свай в заводских условиях при ТВО.

3.2 Способ приготовления дисперсии из цементного вяжущего, пластифицирующей добавки С-3, МК, ПВХ

Производство высокопрочного бетона является актуальным вопросом в строительной отрасли. Немаловажным также является назначение материала, так как оно определяет технологический процесс производства. В работе рассмотрены железобетонные сваи работающие в водонасыщенных грунтах, 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, ПВХ, С-3 и МК. Разработан способ приготовления дисперсии с учетом всех особенностей компонентов. Способ позволяет значительно увеличить качественные характеристики изделий и конструкции. На рисунке 3.1 представлена схема получения дисперсии.



1 - ёмкость для полимерного компонента ПВХ; 2 - пластификатор C-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, ПВХ, С-3 и МК

При получении дисперсии важным вопросом является правильность расчета компонентов, для этих целей применяются дозаторы. Совмещение компонентов производится последовательно, с применением двух подготовительных смесителей, так как учитываются особенности сырьевых материалов. В первый смеситель (7) через дозаторы (6) водится полимерный

компонент (1) и пластифицирующая добавка 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, поверхности Таким остаются дисперсии. образом, диспергирования суперпластификатор C-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 компонентом при приготовлении дисперсии, будет менее эффективно, находясь в полимерной оболочке КН не будет проявлять свои свойства устойчивости к агрессивным средам.

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

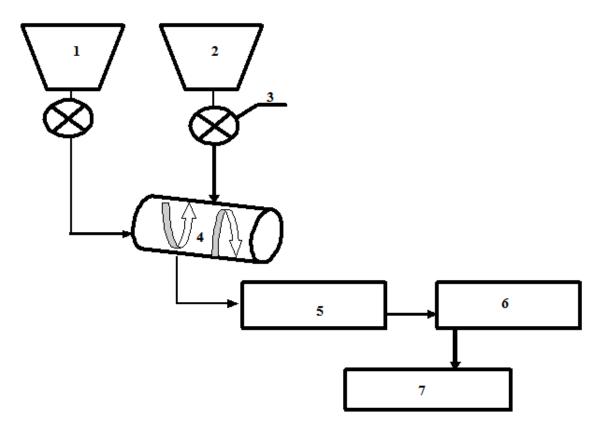
Таким образом, разработанная в диссертационной работе схема является наиболее эффективной при получении дисперсии из цементного вяжущего, ПВХ, С-3 и МК для железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах из высокопрочного бетона.

3.2.1 Способ приготовления коррозионностойкого наполнителя

В работе Шарипова С.М. были рассмотрены кислотостойкие наполнители из отсева камнедробления [101]. 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 вращающаяся 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 [102].

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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, основным источником негативного воздействия которых является агрессивная среда, требует защитных особенностей материала. Высокопрочные бетоны с применением коррозионностойкого наполнителя позволяют снизить нежелательное воздействие агрессивных сред и увеличить срок эксплуатации конструкции [102, р. 198].

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 ПВХ, 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	
TBO	0,23	14.6	110	
Обычные условия твердения	0,23	9,7	61	

Согласно результатам проведенных исследований, предствавленным в таблице 3.2, можно сделать вывод, что применение дисперсии имеет высокие покозатели 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 компонентов. 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	
тэөрдөлг		МПа	%	МПа	%	МПа	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Дисперсия при ТВО 2% C-3 + 1% ПВХ +10 % МК	0,23	110		88	80	99	90
Дисперсия в естественных условиях 2% C-3 +1% ПВХ+10 % МК	0,23	61	100	44	72	50	82
Без дисперсии при ТВО 2 % С-3 +1% ВХ+10% МК	0,3	107	100	79	74	85,8	80
Без дисперсии в естествен ных условиях 2% C-3+1% ПВХ + 10% МК	0,3	112		85	76	89	80

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 представлены в образцах С-3, ПВХ 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 [103-105].

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, ПВХ 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, ПВХ, МК, представленный в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты количественного анализа цементного камня с модификаторами C-3, ПВХ, МК

Элемент	Атомы, %	Соединение	Macca, %	Погрешность, (±)	Норма, %
Mg	0.79	MgO	1.27	0.11	1.27
Al	2.20	Al ₂ O ₃	2.69	0.19	2.69
Si	10.42	SiO ₂	40.01	0.45	40.01
S	0.66	SO	1.26	0.16	1.26
K	0.36	K ₂ O	0.67	0.19	0.67
Ca	28.85	CaO	51.41	1.07	51.41
Fe	0.84	Fe ₂ O ₃	2.69	0.52	2.69

Из результатов количественного анализа установлено увеличение в процентном соотношении SiO_2 , вступившего в реакцию МК, обеспечивающего увеличение прочности бетона.

В работе был проведен рентгенофазовый анализ дисперсии из цементного вяжущего, С-3, ПВХ и МК высокопрочного бетона при ТВО и рентгенограмма цементного камня с модификаторами С-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона, твердевшего в естественных условиях [105, р. 13]. Результаты представлены на рисунках 3.3, 3.4.

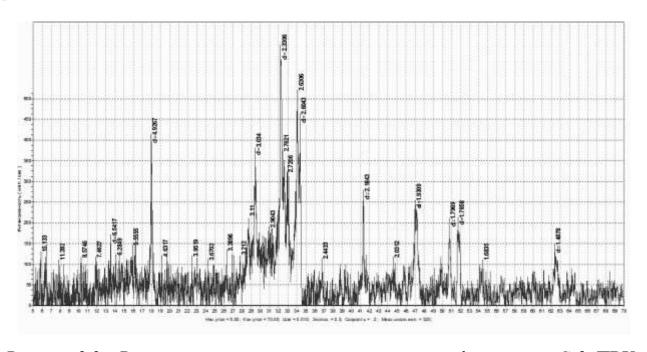


Рисунок 3.3 — Рентгенограмма цементного камня с модификаторами C-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях

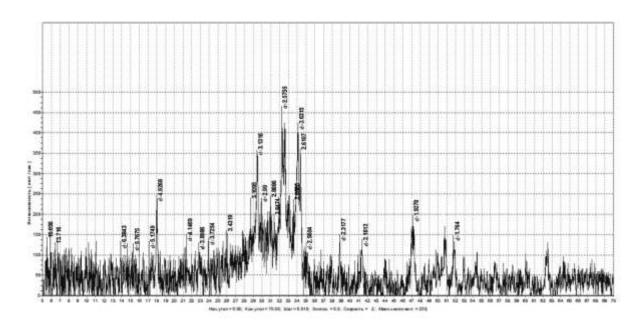


Рисунок 3.4 — Рентгенограмма дисперсии цементного вяжущего C-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона при ТВО

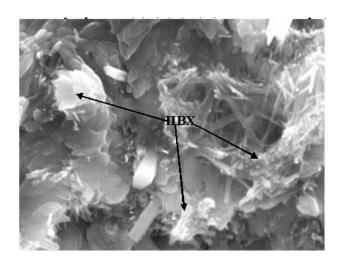
Согласно рентгенофазового был результатам анализа, проведен сравнительный анализ образцов цементного камня, твердевшего естественных условиях и образца, полученного по способу диспергирования цементного вяжущего, С-3, ПВХ и МК при ТВО. Результаты анализа показали содержание $Ca(OH)_2$ с пиками при d = (5.767; 5.174; 4.926; 4.146; 3.892; 3.775;2.575)· 10^{-10} м для дисперсии из цементного вяжущего, С-3, ПВХ и МК высокопрочного бетона при ТВО, а в образце цементного камня с модификаторами С-3, ПВХ и МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях содержание Ca(OH)2, с пиками при d = $(6.541; 4.926; 3.034; 2.330; 2.604; 2.184; 1.930) \cdot 10^{-10}$.

Таким образом, результаты рентгенофазового анализа подтвердили незначительное увеличение $Ca(OH)_2$ в образце цементного камня с модификаторами C-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона в возрасте 28 суток, твердевшего в естественных условиях, в отличие от образца цементного камня, полученного диспергированием цементного вяжущего, C-3, ПВХ и МК высокопрочного бетона при ТВО [105, p. 214].

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

- микроструктура дисперсии из цементного вяжущего+C-3+ПВХ+МК высокопрочного бетона при ТВО;
- микроструктура дисперсии из цементного вяжущего+C-3+ПВХ+МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения;
- микроструктура цементного камня с добавками С-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения (без диспергирования);
- микроструктура цементного камня с добавками С-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона при ТВО (без диспергирования) [106].

Результаты микроструктурного анализа представлены на рисунках 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 в виде микрофотографии.

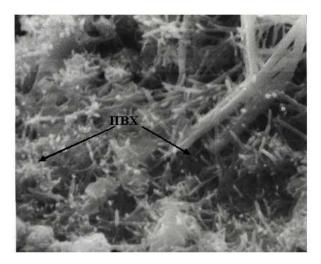


С-3+ПВХ+МК высокопрочного бетона при ТВО, увеличение ×5000

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

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

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



С-3+ПВХ+МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения, увеличение $\times 5000$

Рисунок 3.6 – Микроструктура 2 дисперсии из цементного вяжущего+C-3+ПВХ+МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения

Микроструктура дисперсии из цементного вяжущего, С-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения в возрасте 28 суток представлена на рисунке 3.6. Указанная микроструктура показывает изменение равномерного распределения полимерного компонента.

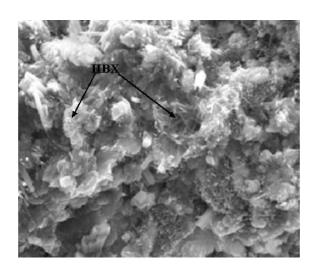


Рисунок 3.7 – Микроструктура цементного камня с добавками С-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона в естественных условиях твердения, увеличение ×5000

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

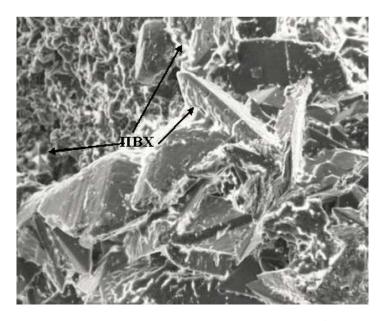


Рисунок 3.8 – Микроструктура цементного камня с добавками C-3, ПВХ, МК высокопрочного бетона при ТВО, увеличение ×5000

На рисунке 3.8 микроструктура цементного камня отражает монолитность цементного камня и полимерного компонента, который заполняет 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, ПВХ, 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 ПВХ процессы гидратации значительно снижаются, а высокопрочный бетон не успевает набрать проектируемую прочность. В обычных условиях твердения прочностные показатели бетона говорит неэффективности значительно ниже, что 0 производства высокопрочного бетона при данных условиях. Для производства железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах, в заводских TBO применение способа диспергирования условиях эффективной [106, р. 205].

3.4 Эффктивность применения деспергирования при производстве железобетонных свай в заводских условиях

Для производства в заводских условиях при ТВО путем диспергирования цементного вяжущего, С-3, ПВХ, МК железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах, необходимо учитывать множество факторов, включая технологический процес совмещения компонентов.

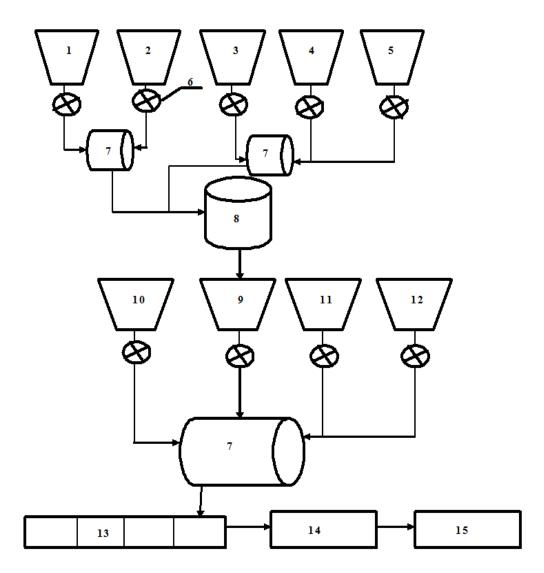
Основной особенностью получения высокопрочного бетона по способу деспергирования компонентов модификаторов и вяжущего является то, что необходимо учитывать последовательность совмещения всех компонентов. Также немаловажным является определение компонентов высокопрочного бетона, которые обеспечат конструкции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

При производстве железобетонных свай важно учитывать особенности эксплуатации конструкции и особенности воздействия на него агресивных сред. В работе в качестве коророзионностойкого 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. Коррозионностойкий напонитель попадая в структуру дисперсии, равномерно обволакивается полимерным компонентом, 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 компонента.

Исходя из полученных данных, в процессе приготовления высокопрочного бетона в заводских условиях при ТВО методом деспергирования, КН необходимо вводить отдельно с крупным и мелким заполнителем. Это позволит создать дополнительную защиту поверхности изделия OT агресивных сред. Ha рисунке 3.9 представлена схема производства железобетонных свай.

На рисунке 3.9 представлен процесс приготовления дисперсии, затем дисперсия поступает через дозатор (6) в смеситель (7), где смешивается с

остальными компонентами. 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 компонента 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 свай является последовательность введения компонентов, которое обеспечивает высокие показатели качества.



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

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

Таким образом, обоснован способ производства железобетонных изделий в заводских условиях при ТВО методом диспергирования вяжущих компонентов

и модификаторов, а также последовательного введения компонентов крупных и мелких заполнителей и КН позволит увеличить сопротивляемость бетона к агрессивным средам. Обеспечивая тем самым эффективность способа.

3.5 Исследование влияния полимерного компонента на свойства бетона

основу механизма структурной модификации положена 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 снижающие механическую микропустоты, 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% [107]. 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 заполнителей 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.

модификацию бетона Структурную 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 образование монолитной период структуры, ИЛИ достижение эксплуатационной прочности. По нашему мнению, структурные модификаторы структурообразовании на всех стадиях макроструктуры бетона. На 2-й стадии формирования кристаллизационной структуры макромолекулы кремнийорганического наполнителя макромолекулы ПВХ с микрочастицами цемента в дефектные зоны. Это обусловлено низким молекулярным весом кремний органического олигомера и низкой эффективной вязкостью коагуляционной системы ПВХ+КО 4-8·10¹⁵ Па·с (η системы вода+цемент= 10^{16} - 10^{25} Па·с.). Подвижность системы кремний органического олигомера проявляется c началом внутреннего

гидростатического давления ($P_{\text{гст}}$) в объеме цементного камня и возрастает с его увеличением ($P_{\text{гст}}$ =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 заполнением объема дефекта растущими кристаллами цемента, которые формируются по общему механизму кристаллизации цемента.

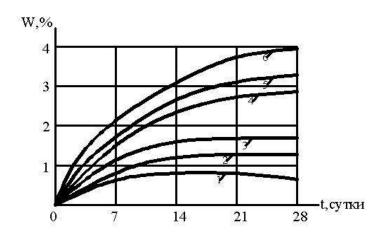
Регулирование макро- и микроструктуры в процессе формирования структуры бетона осуществляется введением в состав композиции ПВХ с размерами частиц 100-150 мкм и плотностью 0.5 г/см³, а так же промышленных отходов с плотностью 1.238-1.254 г/см³, содержанием смолистых веществ 37.7-45.4%, нерастворимого 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.% ПВХ 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 компонентов. 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				
Cociab ociona	I	II	III		
Портландцемент М400	25	30	35		
Песок	75	70	65		
ПВХ	0.5	0.75	1.0		
ОКП	4.5	4.25	4.0		
Всего	100	100	100		
В/Ц соотношение	0.2 0.25	0.25 0.30	0.30 0.25		
	0.3	0.2	0.20		

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



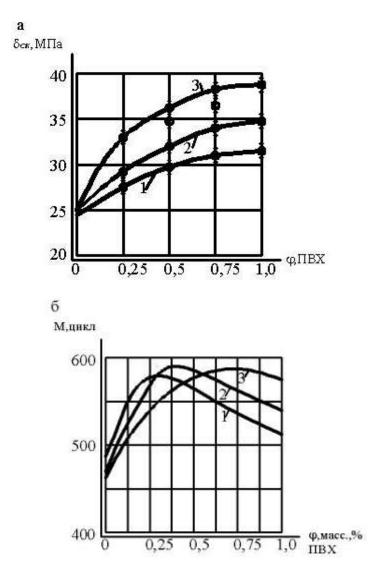
1, 2, 3 - содержание поливинилхлорида ПВХ 0.5; 0.75; 1.0 и ОКП 4.5; 4.25; 4.0 соответственно; 4, 5, 6 - без добавок; B/U - 0.2; 0.25; 0.3 соответственно

Рисунок 3.10 – Кинетика водопоглощения бетона

Как видно из представленных данных, содержание комплексной добавки приводит к снижению водопоглощения в 2.0-4.0 раза, что свидетельствует об пористости бетона. Для определения вклада в кинетику уменьшении водопоглощения макро- и микропор изучали структуру бетона на оптическом электронном микроскопе с разрешающей способностью ×1000. Образцы, модифицированные олигомер полимерной добавкой по сравнению с не модифицированными не содержали макропор с размерами >200 Микропоры модифицированного бетона содержали олигомерную добавку. Макропоры с размерами 150-200 мкм, как и предположили, на стадии кристаллизации заняты макромолекулами ПВХ, на которых находятся привитые частицы портландцемента, внедренные при сухом смешивании цемента с ПВХ. После затворения водой частички цемента, привитые на поверхность ПВХ, являются новыми центрами кристаллизации, и рост кристаллов протекает в объеме макропор. Миграция макромолекул ПВХ в макропустоты в области охвата контура заполнителя (песка) протекает за счет разности плотности ПВХ и твердеющего бетона с момента коагуляции до кристаллизационной структуры. По-видимому, 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 заполнителя 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 ПВХ, способствуют образованию микрозернистой структуры в дефектных зонах бетона. Механизм занятия дефектных зон низкомолекулярными продуктами при кристаллизации (эффект

легирования) известен для кристаллизующихся полимеров. указывается на образование мелкокристаллической структуры с оптимальной упаковкой в объеме, что обусловливает рост деформационно-прочностных характеристик материала. Структурную пластификацию – занятие олигомерами субмикротрещин также наблюдают при твердении кристаллических, так и аморфных олигомеров [108-111]. 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 добавок

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 (Na₂SO₄) Результаты испытаний представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты испытаний

Бетон В/Ц	D/II	Прочность на сжатие бетонов, t месяцы					
Бетон	В/Ц	1 мес.	I Mec. 2 Mec. 27/25 27/18 31 30 35 35 27 22 31 27 35 30 27 20	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			
I		27	20	18			
II	0.3	31	25	19			
III		35	27	21			
Примечание - в знаменателе - показатели бетонов, не содержащих добавки							

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 свайных фундаментов из них.

Выводы по разделу 3

- 1. В работе представлены схемы распределения полимерного компонента в структуре цементного камня, позволяющие сделать следующие выводы:
- при производстве высокопрочного бетона для железобетонных свай важным аспектом является процесс изготовления конструкции;
- дисперсии цементного вяжущего и полимерного компонента ПВХ, С-3 и МК позволяют увеличить качественные показатели высокопрочного бетона при производстве железобетонных свай 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, ПВХ, 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах, 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 компонентов и модификаторов с учетом свойств КН, крупных и мелких заполнителей при котором эффективно увеличивается устойчивость бетона к агрессивным средам.

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

- 6. Предложена схема производства железобетонных свай методом диспергирования модификаторов и цементного вяжущего.
- 7. Были изучены особенности физико-механических свойств полимерного компонента ПВХ в комплексе с цементным вяжущим, его стойкость к сульфатной коррозии и морозостойкость.
- 8. Исследуемый структурно-модифицированный бетон может быть использован для производства свайных фундаментов, устраиваемых в условиях сильно засоленных грунтов.

4 СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Для свай, работающих в условиях водонасыщенных грунтов, особенности среды эксплуатации требуют обеспечения ими высоких физико-механических и строительно-технических показателей качества, которые характеризуется стойкостью материала к двум наиболее агрессивным воздействиям — циклическим и механическим нагрузкам. По мнению ряда авторов, стойкость высокопрочных бетонов в большей степени зависит от состава и свойств цементного камня [112-115]. Стабильность высокопрочных бетонов для свай требует дополнительных исследований.

4.1 Состав и свойства бетонных смесей

Состав бетона с модифицирующими добавками подбирали по стандартной методике [116], с использованием методов абсолютных объёмов, таблица 4.1.

Состав	Цемент,	MK,	КН,	C3,	ПВХ,	Вода,	Щебень,	Песок,	Плотность,
Состав	ΚΓ	ΚΓ	ΚΓ	ΚΓ	ΚΓ	Л	КГ	КГ	$\kappa\Gamma/M^3$
Без добавок	647	-	-	-	-	207	920	674	2 448
ПВХ+МК	454	54,5	-	-	4,54	145	1090	791	2 539
С-3+МК+ КН	471	56,5	28,3	9,5	-	141	1100	810	2 616
ПВХ+С-3 +МК+КН	468	56	28	9,3	4,7	145	1090	768	2599

Таблица 4.1 – Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси

При подборе состава учитывались качественные показатели сырьевых материалов, включая особенности способы совмещения компонентов.

При расчете расходов материалов были приняты три основных состава и один контрольный состав без добавок. Учитывая способ приготовления бетонной смеси, процесс производили приближенный к заводским условиям производства высокопрочных железобетонных свай.

Составы, включающие воду, ПВХ, МК и цементное вяжущее, проводили через дисперсионный аппарат, получая дисперсию, равномерно распределенную в структуре вяжущего, достигая при этом максимальную смешиваемость компонентов. Также состав ПВХ, С-3, МК, цементное вяжущее подвергалось диспергированию. Коррозионностойкий наполнитель вводился вместе с крупным и мелким заполнителем согласно разработанного способа в разделе 3.

Свойства бетонной смеси, полученной из состава, представленного в таблице 4.1, отражают особенности применения полимерного компонента ПВХ на структуру и свойства бетонной смеси. Результаты свойств бетонной смеси представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Свойства бетонной смеси при В/Ц-0,35

Добавки Плотно модификаторы сть,		Расслаиваемость, %		Сроки схватывания, час: мин.		Подвижность бетонной смеси,	
наполнители	кг/м ³	водоот деление	раствороот деление	начало	конец	внутренний размер конуса, см	
Без добавок	2 448	$0,4\pm0,1$	3,3	4:25	7:48	10	
ПВХ+МК	2 539	0,01	0,1	8:25	13:00	11	
С-3+МК+ КН	2 616	0,2±0,05	0,8	4:11	5:55	13	
ПВХ+С-3 +МК+КН	2599	0,01	0,1	9:10	13:25	11	

Основным показателем эффективности применения способа диспергирования цементного вяжущего ПВХ, С-3 и МК является снижение бетонной расслаиваемости смеси, удовлетворяющее требованиям ΓΟCT 7473-2010 и СН РК 5.03-02-2013. Испытания проводились лаборатории «Компания аккредитованной испытательной комплексной экспертизы» на базе КарГТУ (Приложение A).

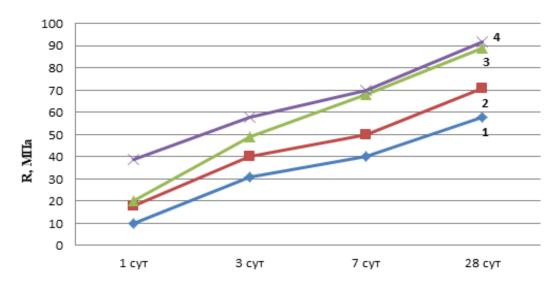
4.2 Физико-механические и деформативные свойства высокопрочного бетона

Прочностные характеристики бетона играют важную роль в процессе выбора назначения изделия или конструкции. Для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, прочностные и деформативные свойства являются важными, так как определяют качественные показатели, обеспечивающие изделию устойчивость к динамическим нагрузкам в процессе возведения фундамента.

Для выявления прочностных и деформативных свойств нами были рассмотрены три состава модифицированного бетона на основе: 1 ПВХ+МК, 2 С-3+МК+КН, 3 ПВХ+С-3+МК+КН и четвёртый состав – контрольный.

Испытания проводились в испытательной лаборатории «Компания комплексной экспертизы» на базе КарГТУ на образцах-кубах $10\times10\times10$ см, которые были изготовлены согласно подбору состава бетонной смеси, представленной в таблице 4.1.

Результаты испытаний представлены на рисунке 4.1.



1 - без добавок; 2 - ПВХ+МК; 3 - С-3+МК+КН; 4 - ПВХ+ С-3+МК+КН

Рисунок 4.1 – Прочность образцов высокопрочного бетона при сжатии

Согласно полученным данным, прочностные характеристики высокопрочного бетона на основе ПВХ с микрокремнезёмом повышают прочность в первые трое суток с 20 МПа до 40 МПа, а состав С-3+МК+КН – с 20 МПа до 49 МПа. При использовании состава ПВХ+ С-3+МК+КН прочность первые сутки достигла 39 МПа, а в последующие двое суток увеличилась до 58,7 МПа. В возрасте 28 сут прочность контрольных образцов без добавок составляет 59 МПа, с $\Pi BX+MK-70$ МПа, с C-3+MK+KH-88 МПа. Во все сроки твердения наибольшая прочность достигается при совместном действии суперпластификатора микрокремнезёма, коррозионностойкого C-3, наполнителя и ПВХ. Прочность бетона через 28 суток нормального твердения составляет 92 МПа при введении ПВХ+ С-3+МК+КН [115, с. 142].

Таким образом, комплексное применение полимерного компонента, микрокремнезёма и пластифицирующей добавки с цементным вяжущим способствут увеличению прочности бетона. Результаты представлены в таблице 4.3.

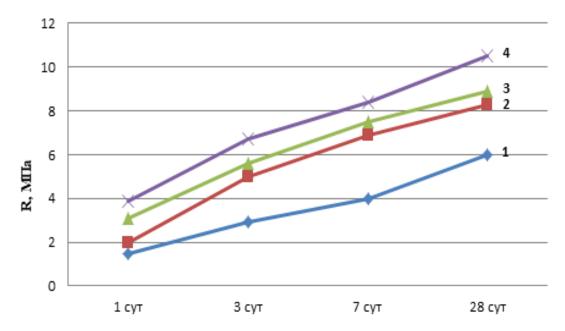
Таблица 4.3 – Прочностные показатели бетона при сжатии в обычных условиях твердения без диспергирования

Состав	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
Без добавок	10 МПа	31,1МПа	40 МПа	59 МПа
ПВХ+МК	20 МПа	40 МПа	50,1МПа	70,2МПа
С-3+МК+КН	20 МПа	49 МПа	68,9 МПа	88,6 МПа
ПВХ+С-3+МК+КН	39 МПа	58 МПа	70МПа	92 МПа

Согласно результатам таблицы 4.3, процесс твердения происходит не только в первые сутки активной фазы твердения, но и равномерно продолжает набирать прочность в последующее время, что положительно характеризует

высокопрочный бетон с применением полимерного компонента в естественных условиях твердения.

Одной из немаловажных характеристик высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, является прочность на растяжение при изгибе. Испытание образцов проводили согласно требованиям ГОСТ 10180-2012. Результаты испытания представлены на рисунке 4.2.



1 - без добавок; 2 - ПВХ+МК; 3 - С-3+МК+КН; 4 - ПВХ+С-3+МК+КН

Рисунок 4.2 – Прочность высокопрочного бетона на растяжение при изгибе

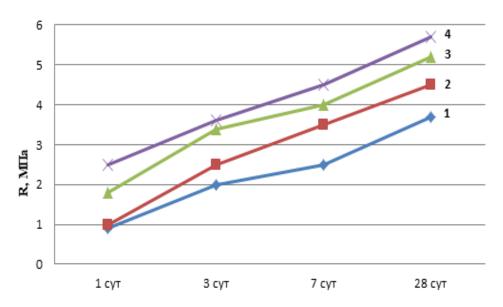
В процессе твердения значительное влияние свойств бетона на растяжение при изгибе оказывает полимерный компонент, создавая прочный каркас в структуре микропор, что объясняет максимальное увеличение показателей с применением в комплексе МК и пластифицирующих добавок.

В сравнении с контрольным образцом, который не превышает прочности на растяжение при изгибе 6МПа, на 28 сутки, образцы с ПВХ+МК показывают 8,2 МПа, а с С-3+МК+КН — 8,4 МПа, что на порядок выше контрольного образца. Совместное введение добавок ПВХ+С-3+МК+КН повышает прочность на растяжение при изгибе до 10,2 МПа. Данные испытания подтверждают особенности каждого компонента, а в комплексе достигается эффект синергизма.

Такие высокие значения по прочности на растяжение при изгибе высокопрочных бетонов позволяют рассчитывать на их высокую надежность при эксплуатации свай [115, с. 143].

Испытания высокопрочных бетонов на растяжение при раскалывании проведены согласно требованиям ГОСТ 10180-2012, были учтены все факторы, включая нагружение при постоянной скорости нарастания нагрузки не более $(0.05\pm0.01)\,\mathrm{M\Pi a/c}$.

Для равномерной передачи усилия на образец между стальной колющей прокладкой и поверхностью образца-куба устанавливали прокладку из фанеры длиной образца, шириной 15 мм и толщиной 4 мм. Результаты испытаний представлены на рисунке 4.3.



1 - без добавок; 2 - ПВХ+МК; 3 - С-3+МК+КН; 4 - ПВХ+ С-3+МК+КН

Рисунок 4.3 – Прочность высокопрочного бетона на растяжение при раскалывании

Результаты испытаний высокопрочного бетона на растяжение при раскалывании в первые сутки твердения показали динамику увеличения прочности. Образцы без добавок и образцы с добавками С-3+МК+КН без полимерного компонента ПВХ показали высокий рост прочности в первые трое суток, затем незначительное снижение динамики в возрасте от трех до семи суток, и в последующем — равномерно убывающую динамику прочности от семи до 28 суток. В отличие от образцов 1 и 3, образцы с полимерным компонентом увеличили набор прочности в возрасте от трех до семи суток. Это говорит о том, что полная кристаллизация полимерного компонента ПВХ наступает примерно в этот промежуток времени. В связи с чем, можно с уверенностью утверждать, что диспергирование цементного вяжущего, ПВХ, С-3 и МК возможно только в случае тепловлажностной обработки бетона.

Из проведенных исследований, представленных на рисунке 4.3, образцы без добавок достигли прочности на растяжение при раскалывании в возрасте 28 суток 3,7 МПа, образцы с добавкой ПВХ+МК - 4,5 МПа, с добавками C-3+МК+КН - 5,2 МПа и самый высокий результат показал образец ПВХ+C-3+МК+КН - 5,7 МПа.

Согласно анализу проведенных исследований, увеличение показателей высокопрочного бетона на растяжение при раскалывании достигается за счет пластифицирующих свойств компонентов, которые снижают водопоглощение микрокремнезёма [116, с. 150; 117, 118].

Водопоглощение образцов высокопрочного бетона производилось согласно ГОСТ 12730.3 после 28 суток нормального твердения. Результаты испытаний представлены на рисунке 4.4.

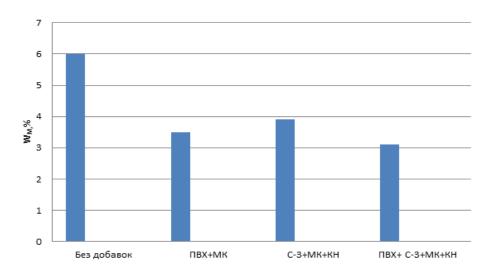


Рисунок 4.4 – Водопоглощение образцов высокопрочного бетона по массе

образцов на водопоглощение Исследования ПО массе эффективную гидрофобность применяемого полимерного компонента ПВХ в структуре модифицированного бетона. Результаты проведенного исследования определили водопоглощение образца без добавок 6%, образца 3 С-3+МК+КН – 3,9%. Такой показатель был достигнут за счет пластифицирующего действия С-3 на МК и цементное вяжущее. Однако, применение полимерного компонента ПВХ дает более высокий эффект, так как полимер в своей структуре имеет пластифицирующие компоненты, незначительно снижающие водпоглощение МК, тем самым создавая гидрофобную оболочку в структуре бетона, образовывая преграду проникновение воды в микро- и макропоры, при этом обеспечивая водопоглощение 3,5%.

Максимально низкое водопоглощение обеспечивает образец 4 ПВХ+С-3+МК+КН, так как большое количество пластифицирующих компонентов С-3 и некоторые компоненты ПВХ сокращают количество микро- и макропор, а ПВХ создает оболочку, полностью изолирующую структуру бетона.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение ПВХ в комплексе с МК и С-3 значительно улучшает физико-механические и деформативные свойства высокопрочного бетона, создавая эффект синергизма.

4.3 Морозостойкость высокопрочных бетонов

Морозостойкость бетона является важным фактором качества и долговечности строительных изделий и конструкций. Особенно — для объектов, возводимых в северных и центральных регионах Казахстана. Резко

континентальный климат приводит к замораживанию водонасыщенных конструкций и изделий из бетона, тем самым разрушая структуру за счет

увеличения объема воды в микро- и макропорах. На рисунке 4.5 представлен процесс разрушения бетона от морозного пучения внутренней структуры конструкции.







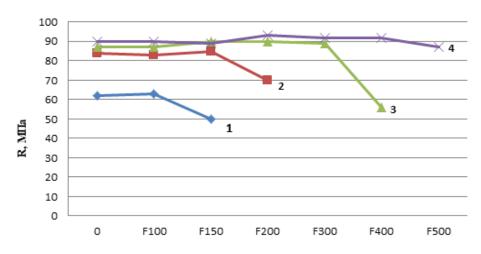
а - разрушение опор моста от морозного пучения; б - разрушение цокольного этажа здания от морозного пучения; в - разрушение ленточного фундамента от морозного пучения

Рисунок 4.5 — Разрушения бетона от морозного пучения внешней внутренней структуры конструкции

Для увеличения долговечности конструкции необходимо создавать соответствующие условия ее эксплуатации. В случае, если конструкция предназначена для работы в агрессивных средах, то основной задачей является обеспечение конструкции гидрофобными свойствами, тем самым защитив от попадания излишней влаги, которая в последствии будет разрушительно воздействовать на конструкцию, как морозным пучением, так и высолообразованием [119-123].

Исследования морозостойкости бетона проводились согласно ГОСТ 10060-2012. Для определения морозостойкости применялся базовый метод испытаний.

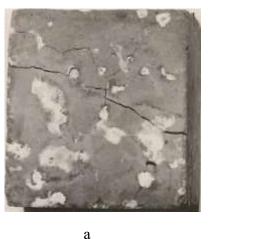
Образцы $100\times100\times100$ мм, возраст 28 суток, поместили в ванную для насыщения водой при температуре $20\pm2^{\circ}$ С. После насыщения водой образцов до постоянной массы, их поместили в морозильную камеру, при температуре замораживания минус 18° С.



1 - без добавок; 2 - ПВХ+МК; 3 - С-3+МК+КН; 4 - ПВХ+ С-3+МК+КН

Рисунок 4.6 – Морозостойкость высокопрочного бетона при В/Ц 0,35

Результаты испытаний показали, что бетон без добавок образец 1 и образец 2 ПВХ+МК имеют низкую морозостойкость F150 и F200. Хотя водопоглощение образца 2 ПВХ+МК ниже образца 3 С-3+МК+КН. Исследования структуры разрушенного от морозного воздействия образцов позволяют сделать вывод, что полимеризация структуры бетона в обычных условиях без пластифицирующей добавки неравномерно распределяется по структуре бетона [124, 125]. На рисунке 4.7 представлены образцы высокопрочного бетона после попеременного замораживания и оттаивания.





б

а - образец 1 без добавок; б - образец 2 ПВХ+МК

Рисунок 4.7 – Образцы бетона после попеременного замораживания и оттаивания

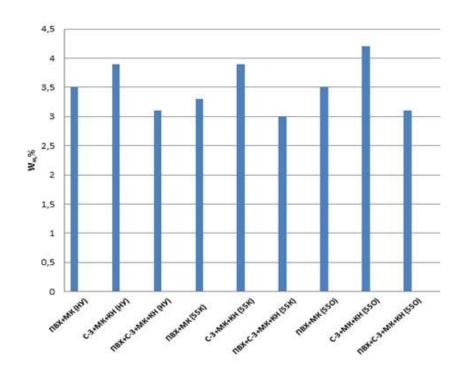
Аналогичное испытание проводили на образцах после ТВО, полученные на основе дисперсии из цементного вяжущего, полимерного компонента ПВХ и С-3. Результаты испытаний представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Морозостойкость высокопрочного бетона при В/Ц 0,35 при ТВО

Ofmanax	Прочность при сжатии, МПа						
Образец	F100	F150	F200	F300	F400	F500	
Без добавок	61	63	50	-	-	-	
ПВХ+МК	89	89	89	89	85	66	
С-3+МК+КН	84	85	84	82	50	-	
ПВХ+ С-3+МК+КН	92	92	93	92,1	92	90	

Таким образом, по результатам проведенных исследований образцы после ТВО, а именно — образцы на основе ПВХ, значительно увеличили количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, что подтверждает эффективность состава дисперсии, позволяющей равномерно распределять полимерный компонент по структуре бетона и обеспечивать высокие показатели морозостойкости.

Испытания по величине водонасыщения с последующим высушиванием образцов до постоянной массы проводились согласно ГОСТ 12730.3. Результаты испытания представлены на рисунке 4.8.



НУ - в нормальных условиях; К – контрольные; О - основные

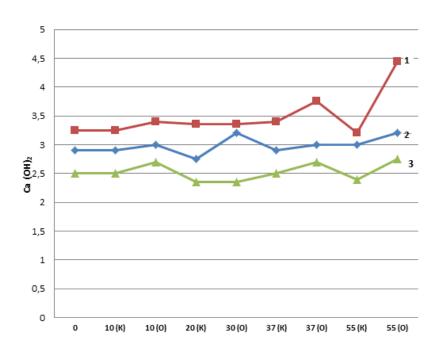
Рисунок 4.8 – Водопоглощение высокопрочных бетонных образцов по массе

Согласно указанному стандарту определение водопоглощения проводились на образцах: предназначенных для определения нормируемых стандартом характеристик после проведения заданного числа циклов замораживания и оттаивания — основные образцы (O); предназначенные для

определения нормируемых стандартом характеристик перед началом испытания основных образцов – контрольные (К).

Проведенные исследования подтверждают эффективность применения полимерного компонента ПВХ, который обеспечивает гидрофобность материала и тем самым увеличивает долговечность бетона. Водопоглощение образцов ПВХ+МК при нормальных условиях составило 3,5%, тогда как после 55 циклов замораживания и оттаивания составил 3,25% и основной — 3,5%. Тогда как при нормальных условиях С-3+МК+КН показало 3,9%, а после 55 циклов замораживания и оттаивания контрольный составил 3,9% и основной 4,25%. Самый низкий уровень водопоглощения составил ПВХ+С-3+МК+КН - 3,1% в нормальных и основных условиях, а при контрольном показал 3%.

Для исследования образцов на ДТА о содержании в нем $Ca(OH)_2$ образцы размалывали до тонкодисперсной массы, затем просеивали на сите 0.08мм. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 4.9.



1 - C - 3 + MK + KH; $2 - \Pi BX + MK$; $3 - \Pi BX + C - 3 + MK + KH$

Рисунок 4.9 – Влияние циклического замораживания и оттаивания на содержание портландита в цементном камне высокопрочного бетона

Содержание Ca(OH)₂ в образцах с полимерным компонентом значительно ниже, чем в образцах без полимерного компонента ПВХ. Образцы 2, 3 показывают незначительное увеличение, тогда как образец 1 C-3+МК+КН на 55 цикле основных условий поднял содержание Ca(OH)₂ до показателя 4,5, что говорит о потере стабильности из-за выделения свободной извести [126-130]. Образцы с содержанием ПВХ удерживают первичную структуру цементного камня, препятствуя выделению свободной извести. Электронная микроскопия позволила увидеть распределение Ca(OH)₂.

На рисунке 4.10 представлен образец, модифицированный ПВХ+МК после 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания, который не имеет явных признаков выделения свободной извести.



Рисунок 4.10 — Микроструктура цементного камня, модифицированного полимерным компонентом ПВХ +МК (увеличение ×1000); после 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания

Изменения наблюдаются только в порах, либо на поверхности цементного вяжущего, не имеющего полимерной оболочки. Распределение свободной извести и ПВХ указанно на рисунке 4.11.

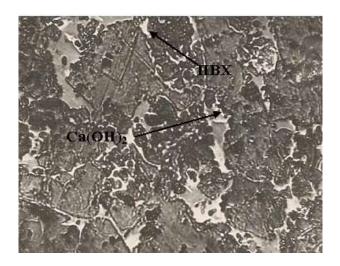


Рисунок 4.11 — Микроструктура цементного камня, модифицированного полимерным компонентом ПВХ +МК (увеличение ×5000); после 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания

На микрофотографии показано явное выщелачивание $Ca(OH)_2$ образцов с C-3+MK+KH без полимерного компонента ΠBX , рисунок 4.12.

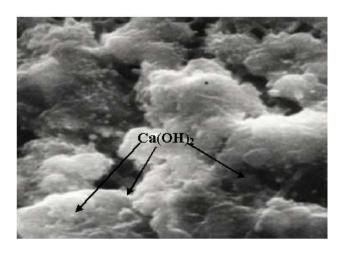


Рисунок 4.12 — Микроструктура цементного камня, модифицированного добавкой C-3+МК+КН (увеличение ×5000)

На рисунках 4.13, 4.14 представлены образцы после попеременного замораживания и оттаивания. На микроструктуре отмечено выщелачивание $Ca(OH)_2$.

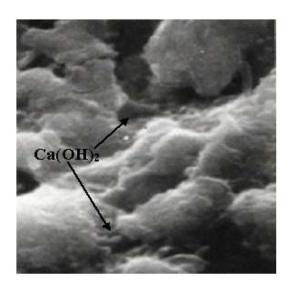


Рисунок 4.13 — Микроструктура цементного камня, модифицированного добавкой C-3+МК+КН (увеличение ×5000); после 37 циклов попеременного замораживания и оттаивания

Из рисунка 4.14 видно, что значительное выделение $Ca(OH)_2$ происходит с образцом после 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что свидетельствует о положительном влиянии ΠBX на структуру цементного камня

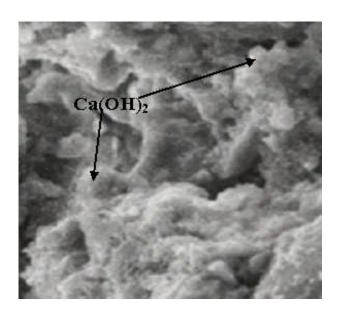


Рисунок 4.14 — Микроструктура цементного камня, модифицированного добавкой C-3+МК+КН (увеличение ×5000); после 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания

Образцы на основе модификаторов ПВХ+С-3+МК+КН после 55 циклов попеременного замораживания оттаивания практически не И имеют выщелачивание Са(ОН)2. Это обусловлено плотной структурой цементного камня за счет эффективной пластификации, как пластифицирующей добавкой, полимерным компонентом. Отсутствие микротак макропор обеспечивается полимерной оболочкой, что не позволяет образоваться Са(ОН)2. Результаты представлены на рисунке 4.15.

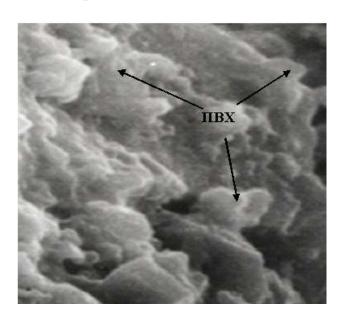


Рисунок 4.15 — Микроструктура цементного камня, модифицированного полимерным компонентом ПВХ +C-3+МК+КН (увеличение ×10000)

Таким образом, структура цементного камня бетона с добавками ПВХ+C-3+МК+КН характеризуется более аморфным строением за счет полимерного компонента ПВХ и сохраняется в первоначальном состоянии после испытания на морозостойкость, по сравнению C-3+МК+КН, что и обеспечивает ей стабильность при морозной агрессии до 80 циклов F500.

На поверхности сколов образцов, в их поровом пространстве, отмечаются редкие центры кристаллизации свободного Ca(OH)₂ после 55 циклов замораживания и оттаивания при совместном введении ПВХ и МК. С добавками C-3+МК+КН даже к 38 циклам не наблюдаются поля с кристаллизующимся Ca(OH)₂.

4.4 Устойчивость высокопрочного бетона при циклических нагрузках

Требования к основным показателям качества бетона определяет вид конструкции или изделия. Для забивных железобетонных свай, работающих в условиях водонасыщенных грунтов, одним из основных качественных показателей является устойчивость к циклической нагрузке на бетон.

Исследования проводились согласно требованиям ГОСТ 24545-81 на образцах-призмах размерами $70\times70\times280$ мм. Испытания образцов проводили последовательно на четырех уровнях нагружения от 0,9; 0,8; 0,7и 0,6, принимая значения коэффициента асимметрии цикла напряжения ρ_{σ} =0,1. Частоту многократно повторного нагружения равной 5-10 Гц, и постепенно снижая нагрузку до наименьшего показателя.

Нагружение производилось со скоростью 0,05МПа/с. Возраст бетона к началу испытаний составлял 28 сут. Результаты испытания представлены на рисунке 4.16.

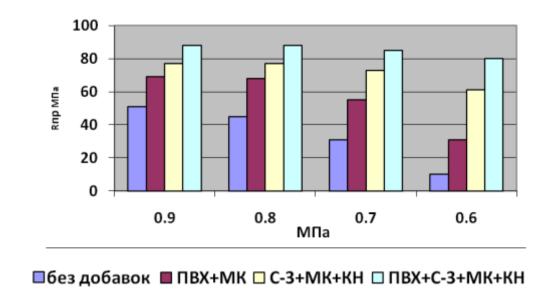
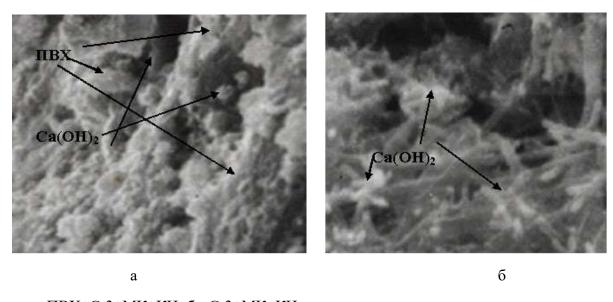


Рисунок 4.16 – Призменная прочность при циклических нагрузках

Основной задачей исследования было определение устойчивости к циклическим нагрузкам высокопрочного бетона с различными модификаторами. Согласно результатам исследования, образцы без добавок показали наименьшее значение при нагрузке 0,6 МПа и разрушались от

нагружения 10 МПа. Самый высокий показатель устойчивости к циклическим воздействиям был получен у образца с модификаторами и полимерным компонентом ПВХ+С-3+МК+КН, он показал наименьшую потерю прочности. После последнего циклического воздействия с нагрузкой 0,6 МПа образец показал прочность 80 МПа, потеря прочности составила 10%. Микрокремнезём и полимерные компоненты ПВХ+МК увеличивают устойчивость образцов к циклическому воздействию на бетон, но содержание в бетоне микро- и макропор снижает прочность: при циклических нагрузках 0,6 МПа показатели понижаются от 69 МПа до 31 МПа. Для установления причины такого результата проведены последующие исследования образцов пластифицирующими добавками: образец с пластификатором С-3+МК+КН показал результаты прочности после первого циклического воздействия 77МПа и при последних воздействиях 61 МПа значительно выше, чем образец без пластификатора, но с полимерным компонентом.

На рисунке 4.17 представлена микроструктура цементного камня, где прослеживается выщелачивание Ca(OH)₂.



а - ПВХ+С-3+МК+КН; б - С-3+МК+КН

Рисунок 4.17 — Микроструктура цементного камня после циклических нагрузок (увеличение $\times 1000$)

В процессе исследования микроструктуры цементного камня после циклических нагрузок были обнаружены выделения свободного Ca(OH)₂. Анализ результатов проведенных ранее исследований показал, что процесс выщелачивания происходит в бетоне исключительно на открытых микро- и макропоровых участках бетона. А в бетоне с применением полимерного компонента воздействие практически не происходит, за исключением участков микро- и макропор, не имеющих полимерной оболочки.

Таким образом, применение для производства забивных железобетонных свай, работающих в условиях водонасыщенных грунтов, дисперсии цементного вяжущего, полимерного компонента ПВХ, пластифицирующей добавки МК

при ТВО обеспечит максимальную полимерную оболочку вяжущему, исключив микро- и макропоры, тем самым обеспечив высокие строительно-технические свойства изделию.

4.5 Коррозионная стойкость исследуемого высокопрочного бетона

С целью увеличения долговечности бетонов в условиях агрессивных сред для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, нами проведены исследования бетона на основе добавок модификаторов.

Основным источником агрессивных сред для указанных конструкций являются грунтовые воды, в связи, с чем определение коррозионной стойкости высокопрочного бетона является необходимым.

Исследования коррозионной стойкости высокопрочного бетона проводили на трех образцах ПВХ+МК, C-3+МК+КН и ПВХ+ C-3+МК+КН.

Исследуемые образцы твердели в естественных условиях в течение 28 суток. Результаты качественных показателей образцов бетона представлены в таблице 4.6.

Образцы были спроектированы таким образом, чтобы имитировать рабочие условия в течение 1 года при низких температурах ($+4\pm2^{\circ}$ C) и выше ($+20\pm2^{\circ}$ C) в агрессивной среде (таблица 4.5). Выявление изменений свойств бетона производили путем определения прочности на сжатие. После каждого 3-месячного цикла образцы тестировались на сжатие [127, с. 155].

Соединения	Содержание, мг/л	Степень агрессивности	рН
SO ₄ ²⁻	980	Слабоагрессивная	7,8
HSO ₃	490	Агрессивная среда	4
СО2 (свободный)	32	Агрессивная среда	5.6
NH ₄	43	Агрессивная среда	5

Представленная в таблице 4.5 среда сточных вод имитирует естественные условия водонасыщенных грунтов, имея в своей структуре соединения сульфит-ионов, сернистых кислот, диоксида углерода и нитрид водорода. Взаимодействие с цементным клинкером агрессивной среды, а именно — SO₄, сульфатов приводит к разрушению бетона. Проникновение сульфатов в структуру бетона способствует образованию коррозии [131, 132]. В процессе исследований на устойчивость воздействию агрессивных сред установлено, что происходит интенсивное развитие новообразований в образце без добавок, согласно таблице 4.6 [133, 134]. Динамичность разрушения структуры бетона происходит в результате образования соединений солей, вследствие которых формируются новообразования, в таблице 4.7 представлены результаты испытания высокопрочного бетона на устойчивость к агрессивным средам.

Таблица 4.6 – Свойства бетонов

Состав	Предел прочности	Марка по	Водопоглощен
Состав	при сжатии, МПа	водонепроницаемости	ие, %
Без добавок	45	W9	5
ПВХ+МК,	70	W18	3,5
С-3+МК+ КН	89	W16	3,9
ПВХ+С3+МК+КН	92	W20	3,1

Таблица 4.7 — Результаты испытания высокопрочного бетона на устойчивость к агрессивным средам

Состав	Прочность на сжатие, МПа					
Cociab	28 суток	90 суток	180 суток	270 суток	360	
Без добавок	45	42	38	32	25	
ПВХ+МК,	70	70	70	68	66	
С-3+МК+ КН	89	89	88	85	81	
ПВХ+С-3+МК+КН	92	92	92	92	90	

Согласно проведенным исследованиям, результаты испытаний образцов показали эффективность применения высокопрочного бетона на основе комплекса добавок модификаторов и наполнителей.

Образцы без добавок, подверженные постоянному воздействию естественных агрессивных сред, значительно теряют прочность на 270 сутки, на 360 сутки динамика потери прочности продолжает расти, что подтверждает необходимость применения новых способов для изделий, работающих в воднасыщенных и агрессивных средах [127, с. 156].

Также нами были проведены исследования глубины коррозии высокопрочного бетона в растворе серной кислоты, представленные на таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Глубина коррозии высокопрочного бетона в серной кислоте

	Глубина разрушения бетона в растворах серной кислоты			
Состав	марка бетона по водонепроницаемости	рН	глубина разрушения (см), за 60 суток	
С-3+МК+ КН	W16	2,0	0,44	
ПВХ+МК	W18	2,0	0,29	
ПВХ+С-3+МК+КН	W 20	2,0	0,12	

Полученные экспериментальные данные подтверждают эффективность комплексного применения добавок модификаторов ПВХ+С-3+МК+КН, образцы на основе которых на 60 сутки показали наименьшее разрушения 0,12 см. Также определены особенности действия ПВХ на устойчивость образца воздействию серной кислоты, которая составляет 0,29 см, что

значительно выше качественных показателей материала с применением суперпластификатора С-3, глубина разрушения которого составляет 0,44 см.

Основной причиной устойчивости высокопрочного бетона является полимерная составляющая – поливинилхлорид (ПВХ), коррозионностойкий наполнитель (КН) и микрокремнезём (МК), а также суперпластификатор С-3. Микрокремнезём обеспечивает заполнения пор пылевидными частицами, имеющих в основе SiO₂, до 90%. Ввиду ультрадисперсной структуры, минерал характеризуется высокой водоотталкивающей способностью. В связи с чем, суперпластификатора применение улучшает плотную C-3 структуру, увеличивая пластичность вяжущего И добавок. Это способствует значительному уменьшению капиллярной пористости, обеспечивая объемный пластифицирующий эффект, и, как следствие, увеличение прочности, компонент обеспечивает гидрофобность плотности бетона. Полимерный материала, а КН создает барьер для кислот и агрессивных сред.

Плотная структура бетона образуется за счет комплекса факторов, способствующих уплотнению внутренней структуры бетона. А именно – минеральных добавок, наполнителей, суперпластификаторов и полимерных компонентов, так как достигается эффективное смачивание компонентов, тем самым –снижение В/Ц.

Ввиду процессов уплотнения структуры бетона и полимеризации обеспечивается увеличение прочности, водонепроницаемости и снижение водпоглощения.

Таблица 4.9 — Новообразования в системе ПВХ+С-3+МК+КН через 28 сут твердения

Новообразования (d, нм)	Степень гидратации %	Высота пиков, см
Портландит (0,49)		0,81
Эттрингит (0,56)		0,5
CSH I (1,251,29)	98	4,3
CSH II (9,89,9)	,	2,8
C3S (0,2740,284)		1,3
(0,2/40,204)		0.27

Согласно таблице 4.9, состав бетона ПВХ+С-3+МК+КН, показал высокую степень гидратации — 98% по высоте пиков СЅН I (1,25...1,29) до 4,3, и СЅН II (9,8...9,9) до 2,8. Что обеспечивается наличием микрокремнезёма который приводит к преобладанию в цементном камне гидросиликатов кальция пониженной основности, более стойких к снижению щелочности среды при постоянном воздействии грунтовых вод, и катализации процесса гидратации [135, 136].

Низкая пористость образцов бетона модифицированного суперпластификатором С-3, полимерным компонентом ПВХ обеспечивается эффективным смачиванием микрокреснезёма, а коррозионностойкость наполнителя обеспечивает высокую стойкость в агрессивной среде с высоким

содержанием сульфат- и карбонатионов. Полимерный компонент ПВХ, помимо пластифицирующего эффекта, обеспечивает высокий уровень объемной гидрофобизации.

Таким образом, высокопрочный бетон, модифицированный добавками, повышает коэффициент коррозионной стойкости в условиях агрессивных сред на 29%.

Выводы по разделу 4

- 1. Эффективность применения способа диспергирования цементного вяжущего, ПВХ+С-3+МК связана со снижением расслаиваемости бетонной смеси, удовлетворяющим требованиям ГОСТ 7473-2010 и СН РК 5.03-02-2013. Комплексное применение полимерного компонента, микрокремнезёма и пластифицирующих добавок с цементным вяжущим способствует увеличению прочности бетона.
- 2. Образцы с ПВХ+МК показывают прочность бетона на растяжение при изгибе 8,2 МПа, а с C-3+МК+КН 8,4МПа, что на порядок выше контрольного образца. Совместное введение добавок ПВХ+С-3+МК+КН повышает прочность до 10,2 МПа, данные испытания подтверждают особенности каждого компонента, а в комплексе достигается эффект синергизма.
- 3. Анализ проведенных исследований показал, что увеличение показателей высокопрочного бетона на растяжение при раскалывании достигается за счет пластифицирующих свойств компонентов, которые снижают водопоглощение микрокремнезёма.
- 4. Результаты испытаний показали, что бетон без добавок, образец 1 и образец 2 ПВХ+МК, имеет низкую морозостойкость F150 и F200, хотя водопоглощение образца 2 ПВХ+МК ниже образца 3 С-3+МК+КН.
- 5. Проведенные исследования структуры разрушенных от морозного воздействия образцов позволяет сделать вывод, что полимеризация структуры бетона в обычных условиях без пластифицирующей добавки неравномерно распределяется по структуре бетона.
- 6. По результатам проведенных исследований образцы после ТВО, а именно образцы на основе ПВХ, значительно увеличили количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, что подтверждает эффективность дисперсии, позволяющей равномерно распределять полимерный компонент по структуре бетона и обеспечивать высокие показатели морозостойкости.
- 7. Исследования подтверждают эффективность применения полимерного компонента ПВХ, который обеспечивает гидрофобность материалу и тем самым увеличивает долговечность бетона. Водопоглощение образцов при нормальных условиях показали с ПВХ+МК 3,5%, тогда как после 55 циклов замораживания и оттаивания оно составило 3,25% и при основном 3,5%. В образце C-3+МК+КН показало 3,9%, а после 55 циклов замораживания и оттаивания водопоглощение контрольного образца составило 3,9% и основного 4,4%. Самый низкий уровень водопоглощения составил образцец с ПВХ+С-3+МК+КН— 3,1% в нормальных условиях, а контрольный образец показал 3%.

- 8. Содержание Ca(OH)₂ в образцах с полимерным компонентом значительно ниже, чем в образцах без полимерного компонента ПВХ. Исследования показали значительное увеличение содержания Ca(OH)₂: в образцах C-3+МК+КН на 55 цикле основных условий содержание Ca(OH)₂ поднялось до показателя 4,5, что говорит о потере стабильности из-за выделения свободной извести. В отличие, от которого образцы с содержанием ПВХ удерживают первичную структуру цементного камня, не позволяя выделению свободной извести. Электронная микроскопия позволила увидеть распределение Ca(OH)₂, в связи с чем структура цементного камня бетона с добавками ПВХ+C-3+МК+КН характеризуется более аморфным строением за счет полимерного компонента ПВХ и сохраняется в первоначальном состоянии после испытания на морозостойкость, по сравнению C-3+МК+КН, что и обеспечивает ей стабильность при морозной агрессии до 80 циклов F500.
- 9. Применение для производства забивных железобетонных свай, работающих в условиях водонасыщенных грунтов, дисперсии цементного вяжущего полимерного компонента ПВХ пластифицирующей добавки МК с использованием ТВО обеспечит максимальную полимерную оболочку вяжущему, исключив микро- и макропоры, тем самым обеспечив высокие строительно-технические свойства изделию.
- 10. Исследования показали высокую прочность и низкую пористость образцов бетона, модифицированного ПВХ+С-3+МК+КН, который обеспечивает высокую коррозионную стойкость в агрессивной среде с высоким содержанием сульфат- и карбонатионов, а также полимерным компонентом, за счет которого достигается высокий уровень объемной гидрофобизации. Высокопрочный бетон, модифицированный добавками, повышает коэффициент коррозионной стойкости в условиях агрессивных сред на 25%.

5 СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА ДЛЯ СВАЙ, РАБОТАЮЩИХ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ, И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

При строительстве многоэтажных зданий и сооружений в регионах с водонасыщенными грунтами, применение свай, имеющих высокую прочность и устойчивость к агрессивным средам, является острой необходимостью. Организация непрерывного производства высокопрочных и недорогих свай на отечественном сырье — это гарантия развития строительной отрасли этих регионов. Поэтому становится особенно актуальным вопрос дополнительного исследования возможности получения высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах, в заводских условиях с применением тепловлажностной обработки (ТВО).

5.1 Оптимизация режимов твердения при ТВО

Основные пути совершенствования железобетонных свай и конструкций фундаментов связаны с улучшением качества бетонов, а именно — получением высокопрочного бетона с улучшенными строительно-техническими свойствами. Так как, при производстве бетона требуется время для достижения проектируемой прочности, одним из актуальных вопросов являются сроки набора прочности, чтобы обеспечить высокую производительность. Одним из методов достижения максимальной прочности за короткое время является тепловлажностная обработка (ТВО).

Для исследования влияния тепловлажностной обработки на высокопрочный бетон использовался состав, представленный в таблице 5.1.

Таблица 5.1 –	- Оптимальный	состав	бетона	ДЛЯ	железобетонных	свай	при
тепловлажност	ной обработке						

Цемент	Песок	Щебень	МК	C-3	Вода	
		Отног	пение			
1	1,6	2,2	0,08	0,02	0,31	
Расход, кг на 1 м ³						
480	770	1060	38,4	4,8	148	

Согласно способа, в холодный период года нормируемая отпускная прочность железобетонных свай должна составлять не менее 90% от класса бетона на сжатие. В остальное время — не менее 70%. Следовательно, для класса B60 в возрасте 28 суток требуемая прочность — не менее 78 МПа, а после ТВО эта величина должна быть выше 70% — 55 МПа, или 90% — 70,7 МПа [137] (таблица 5.2).

При тепловлажностной обработке бетона, в составе которого присутствует полимерный компонент, согласно приведенным процессам в главе 3 и расчетам, максимальная эффективность достигается при температуре 70°C, так

как полимерный компонент в дисперсии с цементным вяжущим С-3 и МК совмещается с наполнителями и заполнителем 1-4. Время тепловлажностной обработки позволяет набрать максимальную прочность

Таблица 5.2 – Предел прочности при сжатии в МПа высокопрочных бетонов с применением ПВХ после ТВО

Томможети	Время	Обычное со компон		полимерного к	Совмещение вяжущих и имерного компонента в виде дисперсии	
Температу ра, °С	ТВО, час	фактическая прочность, в МПа	проектиру емая прочность, в МПа	фактическая прочность, в МПа	проектируемая прочность, в МПа	
	(16) 3+9+3	58	78	64,9	78	
50	(15) 3+8+3	55,5	78	63,2	78	
	(14) 3+8+2	53,5	78	61,8	78	
	(16) 3+9+3	60,2	78	70,6	78	
60	(15) 3+8+3	59,6	78	69,9	78	
	(14) 3+8+2	58,9	78	68,1	78	
	(16) 3+9+3	67,5	78	72,2	78	
70	(15) 3+8+3	65	78	71,9	78	
	(14) 3+8+2	63,3	78	70,8	78	

Таким образом, в условиях ТВО при совмещении дисперсии вяжущего с ПВХ, МК и С-3 достигается повышение прочностных показателей качества за счет снижения контактной зоны МК, цементного вяжущего и пластификатора, а ПВХ создает оболочку, позволяющую при тепловом воздействии эффективно контактировать в процессе твердения. Полученные результаты позволят сократить время пропаривания до 15 часов при температуре 60°С [138, 139].

В диссертационной работе были определены оптимальные режимы ТВО. Согласно полученным результатам из таблицы 5.2, обычное совмещение вяжущих, полимерных компонентов и добавок требует увеличение времени ТВО и увеличение температуры прогревания. Оптимальный режим ТВО для железобетонных свай при получении 90% прочности и оптимального времени представлен в таблице 5.3, согласно требованиям ГОСТ 19804-2012.

Таблица 5.3 — Оптимальный режим высокопрочных бетонов для свай с применением ПВХ после ТВО

Отпускная прочность %	Способ совмещения компонентов	Температура, °С	Время ТВО, час	Фактическая прочность на сжатие, МПа	Проектируемая прочность на сжатие, МПа
	Обычное совмещение компонентов	70	(16) 3+9+3	63,3	78
90	Совмещение вяжущих и полимерного компонента в виде дисперсии	60	(16) 3+9+3	70,6	78
	Обычное совмещение компонентов	50	(15) 3+8+3	55,5	78
70	Совмещение вяжущих и полимерного компонента в виде дисперсии	50	(14) 3+8+2	61,8	78

Согласно оптимальному режиму, процесс совмещения вяжущего, ПВХ, МК и С-3 в дисперсном состоянии сокращает сроки ТВО и достигает высоких показателей прочности. На рисунке 5.1 представлена динамика температурного режима от начала подъёма температуры и до постепенного остывания [137, р. 217].

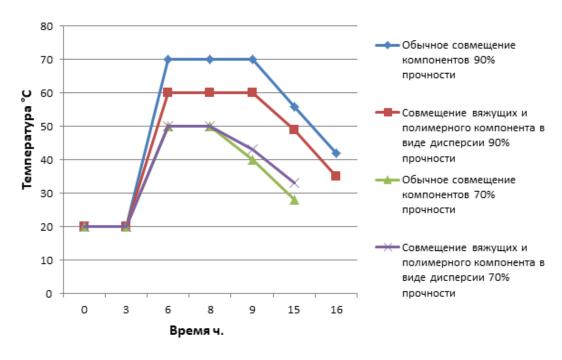


Рисунок 5.1 – Оптимальные режимы ТВО

Результаты испытания свойств образцов высокопрочного бетона, после ТВО и в нормальных условиях твердения, приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Свойства высокопрочного бетона при твердении в нормальных условиях и при ТВО

		ещения компо ВО после 1 сут	Твердения в нормальных условиях после 28 сут		
Качественные показатели	нентов при т	совмещение	условиях	совмещение	
	обычное	вяжущих и	обычное	вяжущих и	
	совмещение компонентов		совмещение компонентов	полимерного компонента в	
		виде дисперсии		виде дисперсии	
Прочность на сжатие в МПа	63,3	70,6	80	68,9	
Плотность бетона, кг/м3	2427	2416	2431	2423	
Марка по морозостойкости	F 450	F500	F450	F400	
Марка по водонепроница емости	W16	W20	W16	W14	

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения вяжущего, компонента ПВХ, МК и С-3 в виде дисперсии при ТВО, а в условиях нормального твердения при применении дисперсии качественные показатели падают. Подбор режимов твердения в условиях ТВО железобетонных свай, приготовленных методом совмещения дисперсии, при проектируемой прочности 78 МПа 90%-ная прочность достигается при температуре 60°С за 16 часов обработки, а после обычного совмещения при ТВО достигается при 70°С за 16 часов обработки. Анализ полученных результатов показал, что при данном способе достигается не только существенный качественный эффект, но и экономический — за счет экономии тепловой энергии [140, 141].

5.2 Рекомендации к производству высокопрочного бетона для свай приготовленных в заводских условиях

Производство высокопрочного бетона является одним из стратегических направлений в строительстве, так как бетон с высокими строительнотехническими свойствами зачастую используют для производства изделий, применяемых в гидротехнических, энергетических и промышленных направлениях, а также в нестандартных условиях строительства в засоленных и водонасыщенных грунтах [142, 143]. Высокопрочный бетон имеет высокие показатели качества, в связи с чем, очень важно учитывать все особенности при его производстве – как состав, так и технологический процесс (рисунок 5.2).

Рабочий состав бетонной смеси должен удовлетворять требованиям ГОСТ 7473-2010 и пройти предварительную проверку по результатам оценки качества бетона. Необходимо взять образцы перед укладкой бетона и поместить в формы $10\times10\times10$ мм. Результаты качества образцов подтверждают качественные показатели уложенного бетона

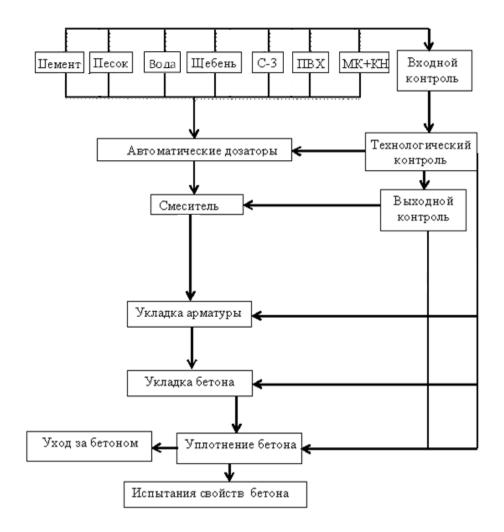


Рисунок 5.2 – Схема изготовления свай из высокопрочного бетона, работающих в водонасыщенных грунтах

Основным этапом производства свай является состав бетонной смеси, заданного качества. Подбор состава производят согласно ГОСТ 27006 с учетом требований, предъявляемых к классам эксплуатации бетонов по ГОСТ 31384.

Плотные заполнители бетонной смеси дозируют по массе. Пористые заполнители дозируют по объему, с коррекцией по массе. Жидкие составляющие дозируют по массе, или объему [144, 145].

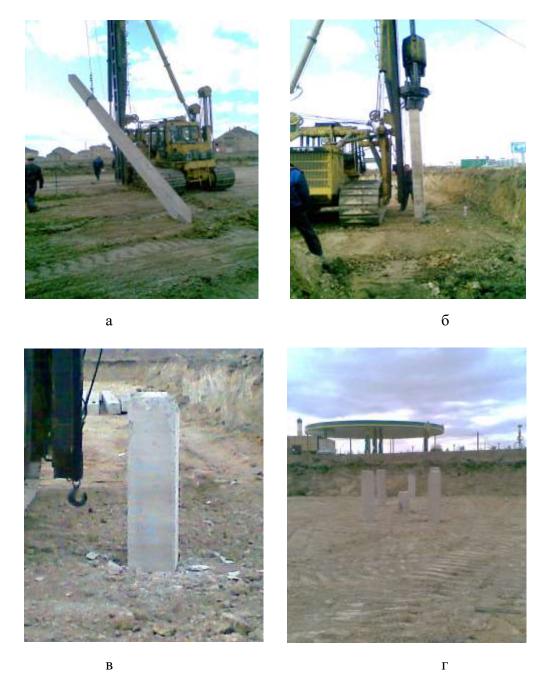
Погрешность дозирования исходных материалов весовыми дозаторами не должна превышать $\pm 2\%$ для цемента, воды, химических и минеральных добавок, $\pm 3\%$ — для заполнителей. Погрешность дозирования не должна превышать $\pm 2\%$ по объему.

На рисунке 5.2 представлена технологическая схема изготовления свай из высокопрочного бетона, работающих в водонасыщенных грунтах. Особенности производства свай включает несколько этапов.

При приготовлении бетонных смесей в бетоносмесительных установках производительностью до 5 м³/ч допускается объемное дозирование сыпучих материалов с указанными погрешностями дозирования.

Бетонную смесь приготавливают в смесителях и формуют в приготовленные неподвижные формы в ямной пропарочной камере, после чего тщательно уплотняют игольчатым вибратором, затем ямную пропарочную камеру герметично закрывают. Пропаривают изделие, выдерживая температуру и время пропаривания.

После ТВО сваи направляются на склад готовой продукции, а за тем и на строительную площадку для дальнейших работ. Процесс по установке ЖБИ свай представлен на рисунке 5.3.



a- строповка и поднятие сваи; б- установка сваи и контроль отклонения от вертикальной оси; в- погружение сваи; r- полная забивка сваи

Рисунок 5.3 – Установка ЖБ свай

5.3 Способ производства свай, работающих в водонасыщенных грунтах

Железобетонные сваи – это изделия из железобетона, имеющие форму цельных стержней, заглубляемых в вертикальном положении в грунт для основания здания, или сооружения.

Сваи изготавливаются в специальных формах с использованием арматуры, как на заводах, так и на строительных площадках, и в полевых условиях.

Производство свай на заводах позволяет получить более качественное изделие, так как технологический процесс максимально автоматизирован и исключает множество непредвиденных факторов. Для изготовления свай подготавливают армированный каркас с петлями для транспортировки изделия, изготовленный с помощью автоматических станков в заводских условиях. После укладки армированного каркаса в форму формуют бетонный раствор, затем тонноспу игольчатым вибратором. Укладка который производится в один этап для получения однородной массы бетонного раствора, что обеспечит равномерную прочность материала. Для продуктивной работы завода в производственном процессе применяют ТВО, которая обеспечивает ускорение набора прочности и дальнейшего твердения материала.

Основные показатели качества готовой продукции обеспечивают качественные сырьевые материалы. При производстве высокопрочных железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах, необходимо соответствовать следующим требованиям:

- высокопрочные железобетонные сваи, работающие условиях водонасыщенных грунтов, должны иметь монолитную поверхность соответствовать геометрическим параметрам согласно заданным размерам и характеристикам. Не допускаются трещины, сколы и запредельные отклонения от геометрических размеров. Внешний вид поверхности изделий и торцов должен соответствовать требованиям стандарта организации СТ ТОО 141240018822-01-2019 от 22.03.2019 г. «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов»;
- высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов, следует изготовлять в соответствии с требованиями СТ ТОО, на конкретные виды изделий, технической и технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем; геометрические параметры свай представлены в таблицах 5.5, 5.6.

Таблица 5.5 – Вид и расположение арматуры, предельное отклонение

Наименование геометрического параметра	Предельное отклонение, мм				
1	2				
Сваи с ненапрягаемой арматуро	й				
Расстояние от крайнего поперечного стержня (спирали,	±10				
сетки, хомута) до конца каркаса					
Шаг спирали, сеток, хомутов при значении шага, мм:					
до 50 включительно	±10				
свыше 50-100	±15				

Продолжение таблицы 5.5

1	2				
Свыше 100	±25				
Сваи с напрягаемой арматурой,	Сваи с напрягаемой арматурой, мм				
Расстояние от крайней сетки (хомута, витка спирали) до	±10				
Торца сваи <i>Шаг спирали, сеток хомутов при значении шага, мм</i> :					
до 50 включительно	±10				
свыше 50-100	±25				
свыше 100	±50				

Таблица 5.6 – Геометрические параметры железобетонных свай и предельные отклонения

Наименование отклонения геометрического параметра сваи	Наименование геометрического параметра сваи, мм	Предельные отклонения, мм					
1	2	3					
Длина призматической (цилиндрической) части сваи с ненапрягаемой арматурой при длине сваи: мм.							
до 8000 включительно		±25					
свыше 8000-16000		±30					
свыше 16000		±40					
То же, свай с напрягаемой арма	атурой	±50					
Размер (нару	жный диаметр) поперечного с	сечения сваи:					
До 250 включительно	-	+15, -6					
От 260-500		+20, -8					
От 500-1000		+25, -10					
От 1000-1600		+30, -12					
От 1600-2500		+40, -15					
Свыше 2500		+50, -16					
Толщина стенки сваи типов СГ	I, СК и CO:						
до 120 включительно		+10, -5					
от 120-250		+25, -6					
Длина острия или наконечника	l .	±30					
Расстояние от центра острия из поверхности сваи	ти наконечника до боковой	15					
Расстояние от центра подъемно штыря, втулки и отметки для с		50					
*	сти профиля боковых граней п	ризматической части ствола					
(направляющих цил	индрической поверхности) сват	и на всей длине, мм:					
До 8000 включительно	-	+/-25					
От 8000-16000	-	+/-30					
Свыше 16000	-	+/-40					
Отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости: мм.							
- в голове сваи и сваи-		0,015 размера стороны					
оболочки	-	(диаметра) поперечного					
		сечения сваи					

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
- в зоне стыка составной сваи		0,01 размера стороны
сплошного квадратного	-	(диаметра) поперечного
сечения		сечения сваи
- в зоне стыка составной сваи- оболочки	-	0,005 размера стороны
		(диаметра) поперечного
		сечения сваи

Схема производства свай в заводских условиях из высокопрочного бетона представлена на рисунке 5.4.

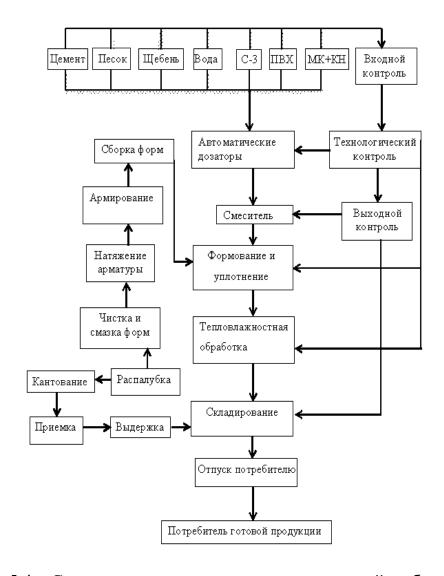


Рисунок 5.4 — Схема изготовления высокопрочных свай, работающих в водонасыщенных грунтах

Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов, должны соответствовать установленным требованиям и выдерживать контрольные испытания, указанные в таблице 5.7 стандарта СТ ТОО

141240018822-01-2019 от 22.03.2019 г. «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов»:

- по показателям фактической прочности бетона в проектном возрасте, передаточной и отпускной;
 - по морозостойкости и водонепроницаемости бетона;
 - по защите от коррозии.

Таблица 5.7 – Требования к качественным показателям

Условия эксплуатации свай в свайном фундаменте		Марка бетона, не ниже						
	Расчетная зимняя температура наружного					ссивнос для зданий или сооружений по уровню		
Характеристи ка режима эксплуатации	воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки) в районе строительст ва, °С	среды по суммарному содержанию хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, г/л	I	II	Ш	I	II	Ш
Водонасыщен ные грунты, агрессивные среды	Ниже минус 20 до минус 40 включитель но	от 35 до 150 включитель но	F500	F500	F400	W16	W14	W14

Таким образом, при производстве железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах, необходимо учитывать назначение производимой продукции, так как требования к высокопрочному бетону значительно выше, и связаны с постоянным контролем качества. Для максимального снижения погрешности качественных показателей необходимо контролировать сырьевые материалы каждой новой партии.

5.4 Технико-экономическая эффективность

Экономическая эффективность определена путем сопоставления техникоэкономических показателей высокопрочного бетона по двум вариантам: без добавок модификаторов, с комплексными добавками модификатороми. Предполагается, что производство будет осуществляться на предприятии мощностью 9 тыс. м³ в год.

Расчет затрат на материальные ресурсы представлен в таблице 5.8.

Многие авторы отмечают экономическую эффективность и целесообразность применения комплексных модификаторов и полимерных компонентов при производстве бетонных свай для воднасыщенных условий, несмотря на высокую себестоимость бетона. Однако, полученное изделие имеет

значительное отличие от бетона без добавок — это физико-механические, строительно-технические и химические свойства.

Таблица 5.8 – Расчет затрат на материальные ресурсы

Наименование материала	Ед.	Цена, тенге	Годовой	Сумма, тыс.			
Transferrobatine statephasia	изм.		расход	тенге			
без добавок модификаторов							
Портландцемент марки 500	T	24000	4 050	97 200			
Щебень	T	2 200	9 900	21 780			
Песок	T	1 900	8 100	15 390			
Вода	м ³	120	4 000	480			
Итого	133 860						
с комплексными доба	с комплексными добавками модификаторов						
Портландцемент марки 500	T	24000	3 600	86 400			
Щебень	T	2 200	9 900	20 790			
Песок	T	1 900	8 100	15 390			
Вода	м ³	120	4 000	480			
MK	T	17 000	360	6 120			
KH	Т	1 900	360	684			
C-3	Т	250 000	54	13 500			
ПВХ	Т	300 000	36	10 800			
Итого				154 164			

Для определения экономической эффективности проводилось сравнение разработанного состава бетона с аналогом, в котором использовались цемент марки М 600 и добавка C-3, таблица 5.9.

Таблица 5.9 – Сравнение разработанного состава бетона с аналогом

Наименование материала	Ед.	Цена, тенге	Годовой	Сумма, тыс.			
ттаименование материала	изм.		расход	тенге			
с комплексными добавками модификатороми							
Портландцемент марки 500	арки 500 т 24000 3 600 86 400						
Щебень	T	2 200	9 900	20 790			
Песок	T	1 900	8 100	15 390			
Вода	\mathbf{M}^3	120	4 000	480			
MK 40	Т	17 000	360	6 120			
KH 40	Т	1 900	360	684			
C-3 6	Т	250 000	54	13 500			
ПВХ 4	Т	300 000	36	10 800			
Итого	154 164						
Аналог предлогаемого бетона							
Портландцемент марки 600	Т	50000	4 050	202 500			
Щебень	Т	2 200	9 900	21 780			
Песок	Т	1 900	8 100	15 390			
Вода	\mathbf{M}^3	120	4 000	480			
C-3	Т	250 000	54	13 500			
Итого	253 650						

разработанный состав Согласно проведенному расчету, аналога, так эффективнее как 1 \mathbf{M}^3 предлагаемого экономически высокопрочного модифицированного бетона составляет 17 129 тенге, тогда как его аналог стоит 28 183 тенге за 1 м³, что на 11054 тенге больше предлагаемого предлагаемый аналог При ЭТОМ значительно уступает характеристикам высокопрочному бетону.

Таким образом, годовая эффективность при производительности завода $9000~{\rm M}^3~{\rm B}$ год составит $9\,486\,000$ тенге, что является экономически эффективным.

Выводы по разделу 5

- 1. Произведен подбор режимов твердения в условиях ТВО бетонных свай, приготовленных методом совмещения дисперсии при проектируемой прочности 78 МПа. 90%-ная прочность достигается при температуре 60°С за 16 часов обработки, а обычное совмещение при ТВО достигается при 70°С за 16 часов обработки. Ввиду полученных результатов, достигается не только качественный эффект, но и экономический за счет экономии тепловой энергии.
- 2. Разработаны рекомендации к производству высокопрочного бетона для железобетонных свай, работающих в водонасыщенных грунтах.
- 3. Проведен расчет экономической эффективности разработанного состава бетона. Согласно результатам, экономический эффект высокопрочного модифицированного бетона составляет 11054 т. Стоимость одного 1 м³ составляет 17 129 тенге, его аналог стоит 28 183 тенге за 1 м³, хотя предлагаемый аналог значительно уступает по характеристикам высокопрочному бетону. Годовая эффективность при производительности завода 9000 м³ в год составит 9 486 000 тенге, что является, бесспорно, экономически эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка способа производства высокопрочного модифицированного бетона на основе полимерного компонента в комплексе с микрокремнеземом и корозионностойкими наполнителем для свай, работающих в водонасыщенных грунтах обеспечивает высокие показатели качественных характеристик:

- 1. Доказан, механизм влияния дисперсии цементного вяжущего микрокремнезема в комплексе с пластификатором С-3, полимерным компонентом ПВХ на устойчивость структуры бетона к циклическим воздействиям (замораживание и оттаивание).
- 2. Подобраны составы и способ приготовления высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах.
- 3. Доказана эффективность способа последовательного введения коррозионностойкого наполнителя, крупного и мелкого заполнителя при производстве высокопрочного бетона.
- 4. По результатам проведенных испытаний установлено, что совместное применение микрокременезема, пластификатора С-3, полимерного компонента ПВХ, 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 компонента ПВХ, микрокремнезёма, пластификатора С-3 с отдельным совмещением коррозионностойкого наполнителя и крупного и мелкого заполнителя.
- 7. Доказана возможность приготовление дисперсии из полимерного компонента ПВХ, микрокремнезема (металлургический отход) и пластифицирующей добавки 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 свай из высокопрочного модифицированного бетона работающих в водонасыщенных грунтах, выполнено технико-экономическое обоснование.
- 10. Произведен подбор режимов твердения в условиях ТВО бетонных свай, приготовленных методом совмещения дисперсии при проектируемой прочности 78 МПа. 90%-ная прочность достигается при температуре 60°С за 16 часов обработки, а обычное совмещение при ТВО достигается при 70°С 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 свай, работающих в водонасыщенных грунтах.

Проведен расчет, экономической эффективности разработанного состава Согласно результатам экономический эффект высокопрочного модифицированного бетона составляет 11054 т, стоимость одного 1 м³ составляет 17 129 тенге, его аналог стоит 28 183 тенге за 1 м³. Хотя значительно предлагаемый аналог уступает ПО характеристикам высокопрочному бетону. Годовая эффективность при производительности завода 9000 м^3 в год составит 9486000 тенге, что является, бесспорно, экономически эффективным.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ 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.: ACB, 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., Хайдиков 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). C. 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. $-2004. N_{\odot}4(14). C.$ 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. N010. С. 12-13.
- 26 Малинина Л.А., Батраков В.Г. Бетоноведение: настоящее и будущее // Бетон и железобетон. -2003. -№1. -ℂ. 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 и 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.: Промстройиздат, 1951.-548 с.
- 47 Pat. 2,311,233. Molding synthetic resins / Jaenicke J., Knoop H., Miedel H. et al; опубл. 06.02.43, Бюл. №251,834. 3 p.

- 48 Griffiths L.N. Floor Surfacings 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.-N24. -C. 147-157.
- 56 Микульский В.Г., Сахаров Г.П., Козлов В.В. и др. Строительные материалы. М.: Издательство АСВ, $2011.-520~\rm c.$
- 57 Ильичев В.А., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. и др. Монолитно-прессованная обделка из высокопрочного бетона // Подземное пространство мира. -1999. N 2-3. C. 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. Высоко-кремнеземные 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. Коэсит как индикатор сверхвысоких давлений в континентальной литосфере // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, №1. С. 95-105.
- 63 Tarun R.N., Rudalph N.K., Rafat S. Controlled Low Strength Materials Containing Mixtures of Coal Ash and New Pozzolanic Material // ACI Materials Journal. $-2003.-Vol.\ 100,\ No.\ -208-215.$

- 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 отвальной 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.
- 69 Байджанов Д.О., Абдрахманова К.А. Влияние добавок и наполнителей на свойства бетона для свай работающих водонасыщенных грунтах // Тр. КарГТУ. -2019. -№2(75). C. 72-75.
- 70 Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. М., 1979. 278 с.
- 71 Соловьев В.И. Развитие теоретических и практических основ улучшения свойств бетона гидрофобизирующими добавками: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. Алматы, 1994. 45 с.
- 72 Хигерович М.И., Бриллиантов М.Н. Исследование метода имрегнирования цементных растворов каменоугольными пеками // Вяжущие строительные материалы: сб. ЦНИПСа. М., 1936. С. 34-39.
- 73 Иманов М.О. Технология и свойства модифицированных железобетонных свай: автореф. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Алматы, 2005. 24 с.
- 74 Ергешев Р.Б., Соловьев В.И., Искаков С.М., Ткач Е.В. Эффективный модифицированный дорожный бетон // Строительные материалы XXI века: матер. междунар. науч.-практ. конф. Алматы: ЗАО "НИИстромпроект", 2001. Кн. 3. С. 18-21.
- 75 Байджанов Д.О., Шарипов С.М., Касым Ш.Ж. Комплексное использование местных отходов промышленности для производства коррозионностойких мелкозернистых бетонов // Труды КарГТУ. 2006. №1. С. 16-19.
- 76 Соловьев В.Н. Полимерцемент как изоляционный материал для обмоток магнитов: Препринт ИФВЭ 86-75. Серпухов, 1986. 67 с.
- 77 Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: матер. 1-й всеросс. конф. по проблемам бетона и железобетона. М., 2001. Кн. 1. С. 91-102.
- 78 Сандоз А.Г. Химические вещества в строительстве // Симпозиум, организованный фирмой «Сандоз А.Г.». М., 1986. С. 7-20.

- 79 Долгополов Н.Н., Суханов М.А., Лореттова Р.Н. Бетоны на вяжущем низкой водопотребности (ВНВ): учеб. пос. М.: ЦМИПКС, 1991. 124 с.
- 80 Шмитько Е.И., Крылова А.В., Шаталова В.В. Химия цемента и вяжущих веществ. СПб.: Проспект науки, 2006. 206 с.
- 81 Батраков В.Г., Башлыков Н.Ф., Сердюк В.Н. и др. Бетоны на вяжущих низкой водопотребности // Бетон и железобетон. 1988. №11. С. 4-6.
- 82 Ткач Е.В. Прессованный стеновой материал из мелкозернистого бетона на гидрофобном вяжущем низкой водопотребности: автореф. ... канд. техн. наук: 05.23.05. -Алматы, 1997. 20 с.
- 83 А.С. 1010038. СССР. Способ приготовления бетонной смеси / Р.Б. Ергешев, Ю.М. Баженов и др.; опубл. 07.04.83, Бюл. №13. 6 с.
- 84 Ергешев Р.Б. Развитие теории и технологии высокоэффективных модифицированных мелкозернистых бетонов: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. Бишкек, 2002. 42 с.
- 85 Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсионных системах // Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 384 с.
- 86 Ребиндер П.А. Поверхностно-активные вещества. М.: Знание, 1961. 43 с.
- 87 Karsten R. Mikrostruktur von beton mit lufthaltenden zusätzen // Strassenund Tiefbau. – 1951. – Vol. 7. – P. 22-27.
- 88 Walz K. Prüfung und Bewertung von Betonadditiven // Beton und Stahlbetonbau. 1954. Vol. 11. P. 13-15.
- 89 Nicander P. Om noggrann inställning till luft-entraining tillsatser // JACI 1955. Vol. 26, Issue 8. P. 67-71
- 90 Карибаев К.К., Пащенко А.А., Бекишев К.Х. Пластифицированный цемент на основе новых химических добавок // Химия и технология специальных цементов. Алма-Ата: Казахстан, 1978. С. 167-170.
- 91 Колодкин Л.А., Слипченко Б.Ф. и др. Новые строительные материалы на основе водных дисперсий полимеров // Обзорная информация ВНИИЭСМ. Серия 6. 1988. Вып. 2. С. 142-148.
- 92 Соловьев В.И., Ергешев Р.Б. Эффективные модифицированные бетоны, Алматы.: КазГосИНТИ, 2000. 285 с.
- 93 Каргин В.А., Слонимский Г.Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров. М.: Химия, 1967. 284 с.
- 94 Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. 167 с.
- 95 Батраков В.Г. Адсорбция и пластифицирующий эффект суперпластификатора С-3 в зависимости от состава цемента // Бетоны с эффективными модифицирующими добавками: сб. науч. тр. М.: НИИЖБ, 1985. С. 8-14.
- 96 Батраков В.Г., Вершинина О.С. Применение кремний органических соединений в строительстве: обзор. информ. М. Реф. Инф. ВНИИИС, 1988. Вып. 1-64 с.

- 97 Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки к строительным растворам для улучшения их качества и экономии цемента: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. М., 1972. 43 с.
- 98 Горчаков Г.И. Специальные строительные материалы для теплоэнергетического строительства. М.: Стройиздат, 1972. 135 с.
- 99 Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: матер. 1-й всеросс. конф. по проблемам бетона и железобетона. М., 2001. Кн. 1. С. 91-102.
- 100 Байджанов Д.О., Жумагулова А.А., Абдрахманова К.А. Особенности цементного камня, модифицированного полимерным компонентом пластифицирующими добавками и коррозионностойким наполнителем. Вестник Кокшетауского технического института. − 2019. − №4(36). − С. 55-59.
- 101 Шарипов С.М., Байджанов Д.О., Касым Ш.Ж. Комплексное использование местных отходов промышленности для производства коррозионностойких мелкозернистых бетонов // Труды КарГТУ. 2001. №1. С. 57-59.
- 102 Baidzhanov D.O., Abdrakhmanova K.A. Technology for producing corrosion-resistant filler for high-strength concrete // Proceed. internat. conf. "Process Management and Scientific Developments". Birmingham: Scientific publishing house Infinity, 2019. P. 196-200.
- 103 Трофимов Б.Я. Принципы повышения стойкости бетона при морозной и сульфатной агрессии путем модифицирования гидратных соединений: автореф. ... док. техн. наук: 05.23.05. Л., 1991. 50 с.
- 104 Powers T.C., Brownyard T.L. Studies of the physical properties of hardened Portland ce-ment paste // JACI. − 1980. − Vol. 77, №4. − P. 264-268.
- 105 Абдрахманова К.А., Байджанов Д.О. Исследование влияния циклических воздействий на структуру и фазовый состав цементного камня // Polish science journal. 2019. Vol. 12(21). P. 211-214.
- 106 Baidzhanov D.O., Abdrakhmanova K.A. The effect of dispersion on the properties of cement stone under various hardening conditions // Proceed. internat. conf. "Process Management and Scientific Developments". Birmingham: Scientific publishing house Infinity, 2019. P. 201-206.
- 107 Федосов С.В., Базанов С.М. Сульфатная коррозия бетона. М.: АСВ, 2003. 191 с.
- 108 Mohebimoghaddam B., Dianat S.H. Evolution of the corrosion and strength of concrete exposed to sulfate solution // International Journal of Civil Ingineering and Tehnology. 2012. Vol. 3, Issue 2. P. 198-206.
- 109 Stevulova N., Ondrejka Harbulakova V., Luptakova A., Repka M. Study of sulphate corrosion simulations on concrete composites // International Journal of Energy and Environment. 2012. Vol. 6, №2. P. 276-283.
- 110 Пат. 33388 РК. Добавка в бетонную смесь / Абдрахманова К.А., Байджанов Д.О., Рахимова Г.М., Мухамеджанова А.Т.; опубл. 18.01.19, Бюл. N03. -4 с.

- 111 Пред. пат. 19838 РК. Антикоррозионная полимерная композиция / Аяпбергенова Б.Е., Абсиметов В.Э., Абдрахманова К.А. и др.; опубл. 15.08.08, Бюл. №8. -3 с.
- 112 Aitcin P.C. High-Performance Concrete. Quebec: E&FnSpon, 2004. 364 p.
- 113 Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 206 с.
- 114 Shuldyakov K.V., Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya., Ivanov I.M. Superplasticizer Effect on Cement Paste Structure and Concrete Freeze-Thaw Resistance // Proceed. of the II All-Russian scient. conf. of Young Scientists "Advanced Materials in Technology and Construction". Tomsk, 2016 P. 1-6.
- 115 Абдрахманова К.А. Прочностные характеристики исследуемых модифицированных бетонов // Вестник Казахской головной архитектурностроительной академии. -2019. -№3(73). C. 141-145.
- 116 Зайцев, Ю.В. Механика разрушения для строителей: учеб. пособие для строит. вузов. М.: Высш. шк., 1991 288 с.
- 117 Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962. 96 с.
- 118 Базанов С.М. Механизм разрушения бетона при воздействии сульфатов // Строительные материалы. 2004. №9. С. 46-48.
- 119 Stanton T.E. Influence of cement and aggregate on concrete expansion // Engineering News Record. $-1940. N_01. P. 15-19.$
- 120 Коршунов Д.А. О мерах обеспечения морозостойкости бетона // Бетон и железобетон. 2002. №1. С. 26.
- 121 Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего севера. Л., 1983. 131 с.
- 122 Москвин В.М., Батраков В.Г., Кунцевич О.В. Структура морозостойкости гидротехнического бетона с добавкой ГКЖ-94 // Бетон и железобетон. -1980. №7. С. 20-22.
- 123 Сизов В.П. К вопросу совершенствования ГОСТ 10060-95 на испытание бетона на морозостойкость // Бетон и железобетон. 1999. №2. С. 24-26.
- 124 Сидоров В.А., Белов И.А. Модификаторы противоморозного действия // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2000. №2. С. 35.
- 125 Стольников В.В. О теоретических основах сопротивляемости цементного камня и бетонов чередующимся циклам замораживания и оттаивания. Л., 1970. 68 с.
- 126 Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.
- 127 Байджанов Д.О., Абдрахманова К.А. Устойчивость высокопрочного модифицированного бетона к агрессивным средам // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2019. №3(73). С. 153-158.

- 128 Clark L. Thaumasite form of sulfate attack // Concrete International. 1999. Vol. 22, №2. P. 37-40.
- 129 Жуков Ю.А. Влияние гидроокиси кальция на развитие деструктивных процесса в бетоне при щелочной коррозии: автореф. ... канд. техн. наук. Л.: ЛИИЖТ, 1972. 19 с.
- 130 Stark J. Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Weimar: F.A. Finqer Institute für Baustoffkunde, 2008. 139 p.
- 131 Shi X., Xie N., Fortune K., Gong J. Durability of steel reinforced concrete in chloride environments: An overview // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 30. P. 125-138.
- 132 Collepardi M. Damage by Delayed Ettringite Formation A Holistic Approach and New Hypothesis // Concrete International. 1999. Vol. 21, №1. P. 69-74.
- 133 Stanton T.E. Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate // Proceedings of the American Society of Civil Engineers. 1940. Vol. 66, Issue 10. P. 1781-1811.
- 134 Штарк Й., Больманн К., Зайфарт К. Является ли эттрингит причиной разрушения бетона? // Цемент и его применение. 1998. №2. С. 13-22.
- 135 Розенталь Н.К., Чехний Г.В. Сульфатостойкость бетона с добавкой микрокремнезема // В кн.: Защита бетона и железобетона от коррозии. М., 1990. С. 14-20.
- 136 Midness S., Young J.F., Darwin D. Concrete. Ed. 2nd. NJ: Prentice Hall, Upper SaddleRiver, 2002. 657 p.
- 137 Baydjanov D.O., Abdrakhmanova K.A. Features of heat and moisture treatment of high-strength concrete // Polish science journal. 2019. Vol. 12, Issue 21. P. 215-219.
- 138 Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. М.: Стройиздат, 1976. 128 с.
- 139 Ахвердов И.Н. Прочность и деформативность бетона в водонасыщенном состоянии // В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. Минск, 1973. 223 с.
- 140 Ткач Е.В., Соловьев В.И., Ергешев Р.Б., Жакулин А.С. Улучшение строительно-технических свойств модифицированных железобетонных свай // Вестник Кыргызского государственного университета строительства и транспорта и архитектуры. − 2002. − №1(1). − С. 69-70.
- 141 Методические рекомендации по производству бетонных работ с применением суперпластификаторов и других эффективных добавок / ЦНИИОМТП. М., 1986. 60 с.
- 142 Михайлов Л. Без права на ошибку: интервью геотехников профессоров А.Ж. Жусупбекова и И. Ивасаки (Япония) // Құрылыс Әлемі. 2002. №3. С. 17-20.
- 143 Жакулин А.С. Исследование релаксации порового давления и фильтрационных свойств водонасыщенных оснований для прогноза осадок фундаментов: автореф. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Темиртау, 1996. 24 с.

Фундаментостроение в сложных инженерно-геологических условиях: тр. междунар. геотехн. симпозиума, посв. году Казахстана в России и 300-летию Санкт-Петербурга / под ред. Айталиева Ш.М., Жусупбекова А.Ж. – СПб., 2003.-400 с.

145 Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1979. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протокол испытаний

«Компания комплексвой экспертизы» эганды к-сы, шагын ауданы Гүлдер-1., 11 үй, 1 т.с. бол. 0540000506 экрепсотріск@mail.ru



ТОО «Компания комплексной экспертива» РК, г. Караганда, микрорайон Гульакр-1, д.11, и.п.1 БИП 170540000506 e-mail: expertcomplex@mail.ru

Лаборатория неразрушающего контроля и строительного мониторинга Свидетельство об оценке состояния измерений №128 от 04.06.2018 г.

Страница 1 из 4

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 114-ЛНК и СМ

от «18» ноября 2019 г.

Заявитель: проф. КарГТУ Д.О. Байджанов, докторант Абдрахмнова К.А. Место проведения испытаний: Лаборатория неразрушающего контроля и строительного мониторинга

Наименование продукции: Высокопрочный бетон для свай

Шифр документации, ТУ, чертеж объекта:

Приборы и принадлежности: Шкаф сушильный ED 400 BINDER напряжение 400, Весы «Ohaus AV 4102-С» (4100и 0.01 внутренняя калибровка), ванна из нержавеющего материала, эксикатор, кальций хлористый (плавленый), измеритель прочности электронный ИПС-МГ1.03, заводской №10456, инвентарный № 000012, климатическая камера (23.11.2017, № 268).

Методы испытаний: Испытания высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах разного состава:

I состав без добавок

2 cocmaв ПВХ(Поливинияхлорид)+МК (Микрокремнезем)

3 состав C-3+MK+KH (Коррозионностойкий наполнитель)

4 состав ПВХ+C-3(Суперпластификатор)+МК+КН

Определялись основные физико-механические свойства: морозостойкость, прочность на сжатие и на изгиб, водопоглощение, водонепроницаемость, выносливость. Обозначение НД на метод испытаний: ГОСТ 19804-2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия, ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости, ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам, ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения, ГОСТ 12730.5-2018 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 24545-81 Бетоны. Методы испытаний на выносливость.

Вид испытаний: контрольный

Условия проведения испытаний: температура +20 C, относительная влажность 30%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 1— Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси

Компоненты	Составы высокопрочного бетона					
	1	2	3	4		
Карагандинский портландцемент, кг	647	454	471	468		
Микрокремнезём TOO «SILICIUM KAZAKHSTAN» г. Караганда, кг	// = 2	54,5	56,5	56		
Коррозионностойкий наполнитель. Гранитный отсев, Балхашского месторождения	11.00		28,3	28		
Суперпластификатор С3 производитель ЗАО «Владимирский ЖБК», кг	174	-	9,5	9,3		
Суспензионный, эмульсионный и массовый поливинилхлориды марок ПВХ-С70, ПВХ-Е70, ПВХ-М70, кг	0=1	4,54		4,7		
Щебень карьеров Карагандинской области, кг	920	1090	1100	1090		
Песок карьеров Карагандинской области, кг	674	791	810	768		
Вода, л	207	145	141	145		
Плотность, кг/м3	2 448	2 539	2 6 1 6	2599		

Физико-технические свойства высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах приведены в таблицах 2-6.

Таблица 2 - Результаты испытания на морозостойкость

Наименование показателей	НД на метод испытаний	Норма на НД	Фактически полученные результаты	Примечание
Морозостойкость F	ГОСТ 10060-2012	F	F	Состав 1
Морозостойкость F	ГОСТ 10060-2012	F	F	Состав 2
Морозостойкость F	ΓΟCT 10060-2012	F	F	Состав 3
Морозостойкость F	ΓΟCT 10060-2012	F	F	Состав 4

Фактические полученные результаты морозостойкости составов 1, 3 не соответствуют заявленным требованиям нормативного документа, в отличии от составы 2,4, которые выдерживают необходимое количество циклов попеременного замораживания и оттаивания высокопрочного бетона для свай работающих в водонасыщенных грунтах.

Таблица 3 - Результаты испытания на прочность, на ежатие и на изгиб

Наименование показателей	НД на метод испытаний	Норма на НД	Фактически полученные результаты	Примечание
Прочность на сжатие, на изгиб, МПа	ГОСТ 10180-2012	B=40 B=7	$R_{cw} = 59 \text{ M}\Pi a$ $R_{ten} = 6 \text{ M}\Pi a$	Состав 1
Прочность на сжатне, на изгиб, МПа	ΓΟCT 10180-2012	B=40 B=7	R _{сж} =70,2МПа R _{изг} =8,2 МПа	Состав 2
Прочность на сжатие, на изгиб, МПа	ГОСТ 10180-2012	B=40 B=7	R _{сж} = 88,6 МПа R _{ин} =8,9 МПа	Состав 3
Прочность на ежатне, на изгиб, МПа	ГОСТ 10180-2012	B=40 B=7	R _{сж} = 92 МПа R _{ин} =12,5 МПа	Состав 4

Результаты испытания на прочность, на сжатие и на изгиб показали, что составы 2,3,4 соответствуют требованиям, а контрольный образец без добавок состав 1не соответствует прочности на изгиб.

Таблица 4 - Результаты испытаний на водопоглощение

Наименование показателей	НД на метод испытаний	Норма на НД	Фактически полученные результаты	Примечан ие
Водопоглощение,%	ΓΟCT 12730.3-78	Пе более 4,5 по массе	$W_{m.cp} = 5$	Состав 1
Водопоглощение,%	ΓΟCT 12730.3-78	Не более 4,5 по массе	$W_{\rm map} = 3.5$	Состав 2
Водопоглощение,%	ΓΟCT 12730,3-78	Не более 4,5 по массе	$W_{m cp} = 3.88$	Состав 3
Водопоглощение,%	ΓΟCT 12730.3-78	Не более 4,5 по массе	$W_{m.ep} = 3.14$	Состав 4

Полученные результаты составов 2,3,4 не превышают нормы водопоглощения, а состав 1 не соответствует водопоглощению по массе.

Таблица 5 - Результаты испытаний на водонепроницаемость

Наименование показателей	НД на метод испытаний	Норма на НД	Фактически полученные результаты, МПа	Примечание
Водонепроницаем ость, МПа	ΓΟCT 12730.5-2018	$W_{\text{m-ep}} = 8$	$W_{m ep} = 9$	Состав 1
Водонепроницаем ость, МПа	ΓΟCT 12730.5-2018	$W_{\text{m.cp}} = 8$	$W_{m,cp} = 18$	Состав 2
Волонепроницаем ость, МПа	ΓΟCT 12730.5-2018	$W_{\text{m-ep}} = 8$	W _{m ep} = 16	Состав 3
Водонепроницаем ость, МПа	ΓΟCT 12730.5-2018	W _{m.cp} = 8	W _{m.ep} = 19,6	Состав 4

Таблица 6 - Результаты испытаний на выносливость

Наименование показателей	НД на метод испытаний	Норма на НД	Фактически полученные результаты, МПа	Примечание
Выносливость	ГОСТ 24545-81		$\sigma_{\text{max}} 0.9 = 51$ $\sigma_{\text{min}} 0.6 = 10$	Состав 1
Выносливость	ΓΟCT 24545-81		$\sigma_{\text{max}} 0.9 = 69$ $\sigma_{\text{min}} 0.6 = 31$	Состав 2
Выносливость	ΓΟCT 24545-81		$\sigma_{\text{max}} 0.9 = 77$ $\sigma_{\text{min}} 0.6 = 61$	Состав 3
Выносливость	ΓΟCT 24545-81		$\sigma_{\text{max}} 0,9=89$ $\sigma_{\text{min}} 0,6=80$	Состав 4

Фактически полученные результаты свидетельствуют о высоких показателях морозостойкость, прочность на сжатие и на изгиб, водопоглощение, водонепроницаемость и выносливость составов 2,3,4 превыщая по показателям контрольный состав 1.

Анализ результатов испытаний свидетельствует о соответствии по своим физикомеханическим свойствам составов 2,3,4 высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах требованиям стандартов Республики Казахстан.

На основании результатов испытаний высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах был выбран состав №4 с наиболее высокими характеристиками для изготовления свай Полученный высокопрочный бетон для свай по своим физикомеханическим свойствам соответствует требованиям ГОСТ 19804-2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия, результаты испытаний представлены в таблице 7.

Таблица 7 — Физико-механические свойства высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах

Состав	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Прочность на сжатие, на изгиб, МПа	Водопогло- щение,%	Водонепро- ницаемость, МПа	Выносливость	Плот- ность, кг/м ³
	17-7-800 LANGUESTS	R сж. = 92 R изг. = 12,5	$W_{m.ep} = 3,14$	W _{m.ep} = 19,6	$\sigma_{\text{max}} 0.9 = 89$ $\sigma_{\text{min}} 0.6 = 80$	

вывод:

Результаты лабораторных исследований подтвердили возможность применения высокопрочного бетона для свай, работающих в водонасыщенных грунтах.

Заведующий лабораторией ТОО «Компания комплексной экспертизы»

Soll-

Профессор КарГТУ

Докторант КарГТУ



приложение б

Акт о внедрении в производство высокопрочных железобетонных свай



о внедрении в производство высокопрочных железобетонных свай

Мы, нижеподписавшиеся директор ТОО «ЖБИ-Логистика» Лопачук П.Н., д.т.н. проф. Байджанов Д.О., докторант Абдрахманова К.А., составили настоящий акт об опытном внедрении в производственных условиях ТОО «ЖБИ-Логистика» производство высокопрочных железобетонных свай работающих в водонасыщенных грунтах.

Для изготовления высокопрочных железобетонных свай использовались следующие компоненты:

- цементное вяжущее согласно ГОСТ 30744-2001;
- крупный и мелкий заполнители согласно песок ГОСТ 8736-2014, щебень ГОСТ 8267-93;
 - суперпластификатор С-3 согласно ТУ 5870-005-58042865-05;
 - микрокремнезем согласно СТ ТОО 626-1930-01-156-002-2012;
 - коррозионностойкий наполнитель (отсев гранита);
- полимерный компонент в качестве полимерного модификатора использовали суспензионный, эмульсионный и массовый поливинилхлориды марок ПВХ-С70, ПВХ-Е70 и ПВХ-М70.

Состав опытно-промышленной партии представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав бетона

Состав	Це- мент, кг	МК, кг	KH, Kr	С-3, кг	ПВХ, кг	Во- да, л	Ще- бень, кг	Пе- сок, кг	Плот- ность, кг/м ³
Без доба- вок	647	• 1	*	•		207	920	674	2 448
ПВХ+С-3 +МК+КН 6%	468	56	28	9,3	4,7	145	1090	768	2599

Производственные работы производились в заводских условиях при тепловлажностной обработке (ТВО). В таблице 2 представлены режимы, при которых производилось ТВО.

Таблица 2 - Предел прочности при сжатии в МПа высокопрочных бетонов после ТВО.

Температура С	Время ТВО	Совмещение вяжущих и Полимерного компонента в виде дисперсии				
		фактическая прочность	Проектируемая проч- ность			
60	(16) 3+9+3	70,6	78			

Основные качественные показатели морозостойкость и прочность на сжатие представлены в таблицах 3, 4, где указаны две партии для сравнения. Партия без добавок и партия высокопрочного бетона с добавками модификаторами и наполнителями.

Таблица 3 - Морозостойкость высокопрочного бетона при В/Ц 0,35 при ТВО

Образец	Прочность при сжатии, МПа							
	F100	F150	F200	F300	F400	F500	F600	F700
Без добавок	61	63	50	-	-	-		10-3
ПВХ+ С-3+МК+КН	92	92	93	92,1	92	90	88	54

Таблица 4 - Прочностные показатели бетона при сжатии в обычных условиях твердения без диспергирования

Состав	1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
Без добавок	10 МПа	31,1МПа	40 МПа	59 МПа
ПВХ+С-3+МК+КН	39 МПа	58 МПа	70МПа	92 МПа

В качестве опытной партии было изготовлено 3 м3 высокопрочного бетона и 3 м³ бетона без добавок. В общем объеме было изготовлено 6 шт. шести метровых свай. Проведена экспертиза качества, в результате которой было установлено, что они соответствуют стандартным требованиям, а образцы с добавками соответствуют требованиям СТ ТОО 141240018822-01-2019 Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтах.

Подписали:

д.т.н., профессор

OHOTO. Байджанов Д.О

докторант

Абддрахманова К.А.

Карагандинский государственный дехнический университет

ТВЕРЖДАЮ Первый проректор,

А.З. Исагулов 2020 г.

внедрения в учебный процесс разделов диссертационной работы Абдрахмановой Каламкас Аманбековны

«Исследование и разработка модифицированных бетонов для свай, работающих в водонасыщенных грунтах», представленной на соискание степени PhD по специальности 6D073000 - «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Рассмотрев на учебно-методическом бюро архитектурно-строительного факультета диссертационную работу Абдрахмановой Каламкас Аманбековны комиссия предложила внедрить в учебный процесс результаты исследований и основные теоретические положения, связанные с решением научной проблемы, решаемой в диссертационной работе в учебный процесс специальностей бакалавриата 6В072900 «Строительство» при изучении дисциплины «Основания и фундаменты»; 6В073000 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» при изучении дисциплины «Модификаторы и отходы промышленности в производстве бетонных и керамических материалов», «Технология бетонных и железобетонных изделий» и специальностей магистратуры 7М072900 «Строительство» при изучении дисциплины «Современные технологии строительных материалов и материаловедение»: 7М073000 - "Производство строительных материалов, изделий и конструкций» при изучении дисциплины «Модифицированные бетоны», «Эффективные добавки для бетонов».

Председатель комиссии:

Декан архитектурно-строительного факультета

кандидат технических наук, доцент

М.О. Иманов

Председатель учебно-методического бюро

архитектурно-строительного факультета

Г.Ж. Орынтаева

Заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» кандидат технических наук

Г.М. Рахимова

Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии»

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Стандарт организации СТ ТОО 141240018822-01-2019 «Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов».

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ТОО «ЖБИ-Логистика»

УДК 691.328 КП ВЭД 43.99.3

MKC 91.020



Высокопрочные бетонные сваи для водонасыщенных грунтов Технические условия СТ ТОО 141240018822-01-2019 (издание первое)

> Срок действия с « *** » *** 2019г. до « *** 2024г.

Разработчики:

д.т.н., профессор Байджанов Д.О. докторант Абдрахманова К.А.

Держатель подлинника ТОО «ЖБИ-Логистика» г. Караганда

Караганда 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Область применения	3
2	Технические требования	4
3	Требования безопасности	7
4	Требования охраны окружающей среды	8
5	Правила приемки	9
6	Методы испытаний	9
7	Указания по применению	10
8	Гарантийные обязательства	10
9	Транспортирование и хранение	10
10	Нормативные ссылки	11
Пр	иложение А Лист регистрации изменений	14

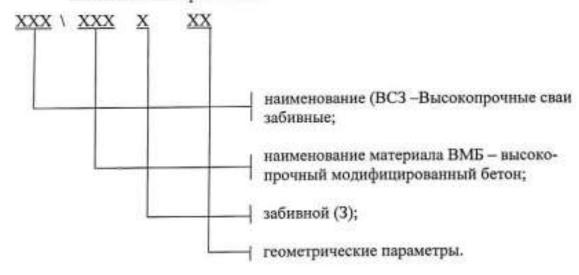
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие технические условия распространяются на высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтах на основе комплекса пластифицирующих добавок, модификаторов, минеральных наполнителей и полимера (ПВХ).

Высокопрочные сваи, предназначены для работы в условиях водонасыщенных грунтах и агрессивных средах. Особенности среды эксплуатации требуют обеспечения им высоких физико-механических, строительнотехнических показателей качества, которая характеризуется стойкостью материала к двум наиболее агрессивным воздействиям — циклическим и механическим нагрузкам.

Основное назначение свай - это прорезка залегающих с поверхности слабых слоев грунта и передача действующей нагрузки на нижележащие слои грунта, обладающие более высокими механическими показателями. Свайные фундаменты должны проектироваться на основе и с учетом:

- результатов инженерных изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия их эксплуатации;
 - действующих на фундаменты нагрузок;
 - экологических требований.



Пример условного обозначениям высокопрочных забивных свай работающие в условиях водонасыщенных грунтов, выпускаемой по СТ ТОО 0000000000-01-2019: ВСЗ\ВМБ 3 400х400х9000мм.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- 2.1 Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов должны соответствовать требованиям стандарта организации и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.
 - 2.2 Характеристики
- 2.2.1 Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов должны иметь монолитную поверхность и соответствовать геометрическим параметрам согласно, заданных размеров и характеристик не допускаются трещины сколы и отклонения от геометрических. Внешний вид поверхности изделий и торцов должен соответствовать требованиям настоящего стандарта организации.
- 2.2.2 Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов следует изготовлять в соответствии с требованиями настоящего стандарта, на конкретные виды изделий, технической и технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем. Рабочие чертежи свай, представлены в таблице 1.

Таблица 1 Предельные отклонения свай от геометрических параметров

Наименование геометрического параметра	Предельное отклоне- ние, мм		
Сван с ненапрягаемой армат	урой		
Расстояние от крайнего поперечного стержня (спи- рали, сетки, хомута) до конца каркаса	±10		
Шаг спирали, сеток, хомутов при значе	нии шага, мм:		
до 50 включительно	±10		
свыше 50 - 100	±15		
Свыше 100	±25		
Сван с напрягаемой армату	рой		
Расстояние от крайней сетки (хомута, витка спира- ли) до торца сваи	±10		
Шаг спирали, сеток хомутов при значе	ении шага, мм:		
до 50 включительно	±10		
свыше 50 - 100	±25		
свыше 100	±50		

Таблица 2 - Геометрические параметры свай

Наименование отклонения геометрического парамет-	рического параметра	Предельные отклонения мм		
ра сваи	сваи, мм			
Длина призматической (ци	илиндрической) части сва турой при длине сваи:	аи с ненапрягаемой арма-		
до 8000 включительно		±25		
свыше 8000 - 16000		±30		
свыше 16000		±40		
То же, свай с напрягаемой	арматурой	±50		
	ый диаметр) поперечного	о сечения сваи:		
До 250 включительно		+15, -6		
От 260 - 500		+20, -8		
От 500 - 1000		+25, -10		
От 1000 - 1600		+30, -12		
От 1600 - 2500		+40, -15		
Свыше 2500		+50, -16		
	стенки сваи типов СП, С	The second secon		
до 120 включительно	ordina comi rimos criq c	+10, -5		
от 120 - 250		+25, -6		
Длина острия или наконеч	ника	±30		
Расстояние от центра остр	The second state of the se	15		
боковой поверхности сваи		***		
Расстояние от центра п		50		
петли, штыря, втулки и от концов сваи				
Отклонение от прямолине	йности профиля боковы	х граней призматической		
части ствола (направляю		. '' - '' - '' - '' - '' - '' - '' - ''		
Ç	длине, мм:			
До 8000 включительно		+/-25		
От 8000 - 16000	*(+/-30		
Свыше 16000		+/-40		
	ерпендикулярности торце			
- в голове сваи и сваи-		0,015 размера стороны		
оболочки		(диаметра) поперечного		
		сечения сваи		
- в зоне стыка составной		0,01 размера стороны		
сваи сплошного квадрат-	(диаметра) поперечного			
ного сечения	сечения сваи			
- в зоне стыка составной		0,005 размера стороны		
сваи-оболочки		(диаметра) поперечного		
CDan-OOO/IO4KH				

- 2.2.3 Высокопрочные бетонные сваи, работающие в условиях водонасыщенных грунтов, должны соответствовать установленным требованиям и выдерживать контрольные испытания, указанные в таблице 3 настоящего стандарта:
- по показателям фактической прочности бетона в проектном возрасте, передаточной и отпускной;
 - по морозостойкости и водонепроницаемости бетона;
 - по защите от коррозии.

Таблица 3-Требования к устойчивости бетонных свай к морозостойкости и водонепроницаемости

Условия свай	Марка бетона, не ниже							
Характери- стика ре-	Расчетная зимняя температу-	Показа- тель агрессив- ности жидкой среды по суммар- ному со- держанию хлоридов, сульфатов, нитратов и других со- лей, г/л	по морозостойко- сти			по водонепрони- цаемости		
жима экс- плуатации			Для зданий или сооружений по уровню ответственности					
	ного воз- духа (средняя температу- ра наибо- лее холодной пятиднев- ки) в районе строитель- ства, °C		1	II	Ш	I	П	Ш
Водонасы- щенные грунты, агрессивные среды	Ниже минус 20 до минус 40 включи- тельно	от 35 до 150 вклю- чительно	F500	F500	F400	W16	W14	W14

- 2.3 Требования к сырью и материалам
- 2.3.1 Высокопрочные бетонные сваи следует изготовлять из тяжелого или мелкозернистого бетона по ГОСТ 26633 класса по прочности на сжатие, указанного в технической документации и рабочих чертежах на эти сваи, но не ниже В70, состав представлен в таблица 4.

Таблица 4-Оптимальный состав железобетонных свай

Цемент М 500	Песок	Щебснь	МК	C-3	Вода
		Отноп	тение		
1	1,6	2,2	0,08	0,02	0,31
		Расход кі	на 1 м ³		
480	770	1060	38,4	4,8	148

- 2.3.2 В качестве крупного заполнителя для бетона свай должен применяться фракционированный щебень из естественного камня или гравия, при этом размер фракции должен быть не более 40 мм. Прочность щебня по ГОСТ 8267.
- 2.3.3 Передачу усилий обжатия на бетон (отпуск натяжения арматуры) в сваях с напрягаемой арматурой следует производить после достижения бетоном сваи требуемой передаточной прочности. Нормируемая передаточная прочность бетона должна быть не менее 70% прочности, соответствующей классу бетона сваи по прочности на сжатие.
- 2.3.4 Для армирования свай следует применять арматурную сталь следующих видов и классов:
- в качестве ненапрягаемой продольной арматуры стержневую термомеханически упрочненную классов A400 (A-III) и A600 (A-IV) по ГОСТ 10884;
- в качестве напрягаемой продольной арматуры горячекатаную и термомеханически упрочненную стержневую классов А600 (A-IV) и А800 (A-V) по ГОСТ 5781 и ГОСТ 10884; стальные арматурные канаты 1х7 по ГОСТ 13840;
- высокопрочную проволоку периодического профиля класса от Вр1200 до Вр1500 (Вр-II) по ГОСТ 7348;
- в качестве конструктивной арматуры (спирали, сетки, хомуты) холоднотянутую проволоку из низкоуглеродистой стали класса B500 (B-I; Bp-I) по ГОСТ 6727, стержневую горячекатаную гладкую класса A240 (A-I) по ГОСТ 5781.
 - 2.4 Упаковка и маркировка
- 2.4.1 Маркировка высокопрочных бетонных свай производится согласно ГОСТ 23009. Маркировочные надписи и знаки следует наносить на боковые поверхности свай на расстоянии 500 мм от торца или на торце свай.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 В условиях хранения и эксплуатации сваи не выделяют в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают при непосредственном контакте вредного воздействия на организм человека, работа с ними не требует применения специальных средств индивидуальной защиты.

Безопасность технологического процесса при производстве изделий

должна соответствовать ГОСТ 12.3.030.

- 3.2 Сваи не подлежат деструкции в атмосферных условиях при любых условиях эксплуатации и хранения. Образующиеся при производстве высокопрочных бетонных свай твердые технологические отходы не токсичны, обезвреживания не требуют, подлежат переработке.
- Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен быть организован с учетом требований ГОСТ 12.1.005.
- 3.4 Состояние воздуха рабочей зоны должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.3.030.
- Производство высокопрочных бетонных свай должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией, отвечающей требованиям ГОСТ 12.4.021.
- Уровень освещенности на рабочих местах должен соответствовать требованиям СНиП РК 2.04-05-2002.
- 3.7 Высокопрочные бетонные сваи относятся к «не горючим» материалам.
- 3.8 Пожарная безопасность при производстве свай должна обеспечивать системой противопожарной защиты по ГОСТ 12.1.004. в случае возникновения горения в помещении используются любые средства пожаротушения (песок, огнетушители, вода).
- 3.9 При производстве свай все работающие должны быть обеспечены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011.
- 3.10 Аппараты, технологическое оборудование должны быть заземлены с целью защиты от статического электричества.
- 3.11 Производственный персонал должен проходить предварительный и периодический медицинский осмотр в соответствии с приказом Минздрава Республики Казахстан.

По окончании работы рекомендуется принять душ.

4 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- 4.1 Мероприятия по охране окружающей среды проводятся в соответствии с требованиями действующего законодательства, стандартов, норм и правил Республики Казахстан.
- 4.2 Отходы и стоки производства не должны загрязнять окружающую среду.
- 4.3 Допустимые выбросы вредных веществ при производстве работ должны устанавливаться в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями ГОСТ 17.2.3.02.

5 ПРАВИЛА ПРИЕМКИ

- 5.1 Приемка высокопрочных бетонных свай производится согласно ГОСТ 13015 к настоящему стандарту. При этом сваи принимают:
- по результатам периодических испытаний по показателям трещиностойкости свай, морозостойкости и водонепроницаемости бетона;
- по результатам приемо-сдаточных испытаний по показателям прочности бетона (классу бетона по прочности на сжатие, передаточной и отпускной прочности), соответствия арматурных и закладных изделий рабочим чертежам, прочности сварных соединений, точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры, ширины раскрытия технологических трещин, категории бетонной поверхности.
- 5.2 Периодические испытания высокопрочных бетонных свай для контроля их трещиностойкости проводят перед началом массового изготовления свай и в дальнейшем при внесении в них конструктивных изменений и изменений технологии изготовления в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.

В процессе серийного производства свай испытания на трещиностойкость проводят не реже одного раза в год.

- 5.3 Сваи по показателям точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры, категории бетонной поверхности и ширины раскрытия технологических трещин следует принимать по результатам выборочного контроля.
- 5.4 На поверхности свай не допускается обнажение рабочей и конструктивной арматуры. Концы напрягаемой арматуры после отпуска натяжения должны быть срезаны заподлицо с торцевой поверхностью сваи.
- 5.5 Требования к качеству бетонных поверхностей и внешнему виду свай (в том числе по ширине раскрытия поверхностных технологических трещин) по ГОСТ 13015. При этом размеры раковин, местных впадин на бетонной поверхности и околов бетона ребер свай не должны превышать, мм:
 - диаметр или наибольший размер раковины 20;
 - глубина впадины 10;
 - глубина окола бетона ребра 20;
 - трапецеидальных свай (выравниваемой в процессе вибрирования) 100.
- 5.6 В документе о качестве свай по ГОСТ 13015 дополнительно должны быть приведены марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости (если эти показатели оговорены в заказе на изготовление свай).

6 МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Испытания свай на трещиностойкость следует проводить нагружением по ГОСТ 8829 или без нагружения (при воздействии только собственного веса сваи) по схемам, установленным стандартами или рабочими чертежами на сваи конкретных типов. Число свай одного типа, отбираемых для испытаний на трещиностойкость, должно быть не менее двух. 6.2 Прочность бетона сваи определяют по ГОСТ 10180 на серии контрольных образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и хранившихся в условиях, установленных ГОСТ 18105.

При испытании свай методами неразрушающего контроля фактическую, передаточную и отпускную прочность бетона на сжатие следует определять ультразвуковым методом по ГОСТ 17624 или приборами механического действия по ГОСТ 22690, а также другими методами, предусмотренными для испытаний бетона.

- 6.3 Морозостойкость бетона свай следует контролировать по ГОСТ 10060-2012 или ультразвуковым методом по ГОСТ 26134 на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава.
- 6.4 Водонепроницаемость бетона свай определяют по ГОСТ 12730.0 и ГОСТ 12730.5.
- Контроль сварных арматурных и закладных изделий по ГОСТ 10922.
- 6.6 Силу натяжения арматуры, контролируемую по окончании натяжения, измеряют по ГОСТ 22362.
- 6.7 Размеры, отклонения от прямолинейности боковых граней и от перпендикулярности торцевых граней свай, ширину раскрытия поверхностных технологических трещин, размеры раковин, наплывов и околов бетона свай следует проверять методами, установленными ГОСТ 26433.0 и ГОСТ 26433.1.
- 6.8 Размеры и положение арматурных и закладных изделий, а также толщину защитного слоя бетона следует определять по ГОСТ 17625 и ГОСТ 22904.

7 УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

7.1 Высокопрочные бетонные сваи должны проводиться в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации. Применяются сваи согласно проектным характеристикам и требованиям.

8 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

8.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие высокопрочных свай требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий транспортирования и хранения, установленных настоящими техническими условиями.

Гарантийный срок хранения – два года с маркировкой изготовителя со дня изготовления.

9 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

Составные сваи поставляют потребителю в комплекте с соединительными изделиями, указанными в стандартах или рабочих чертежах на сваи.

- 9.3 Транспортирование и хранение свай производится согласно ГОСТ
 13015 и настоящему стандарту.
- 9.4 Сваи следует хранить в штабелях горизонтальными рядами с одинаковой ориентацией торцов свай.
- 9.5 Между горизонтальными рядами свай (при складировании и транспортировании) должны быть уложены прокладки, расположенные рядом с подъемными петлями, или, в случае отсутствия петель, в местах, предусмотренных для захвата свай при их транспортировании. При складировании полых круглых свай и свай-оболочек на концах прокладок должны быть укреплены брусья, препятствующие скатыванию свай.
- 9.6 Высота штабеля свай не должна превышать ширину штабеля более чем в два раза и не должна быть более:
 - 2,5 м для свай квадратного сечения.
- Погрузку и разгрузку свай квадратного сечения следует проводить за подъемные петли.
- 9.8 Подъем свай квадратного сечения на копер следует проводить стропом, закрепленным за сваю у фиксирующего штыря или у верхней подъемной петли, если это допускается требованиями рабочих чертежей на сваи конкретного типа, при этом строповка непосредственно за подъемную петлю или штырь не допускается.

10 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте организации использовались ссылки на следующую нормативную документацию

Обозначение НД	Наименование НД
ΓΟCT 26633-2015	Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия
ΓΟCT 8267-93	Щебень и гравий из плотных горных пород для строитель- ных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4)
ΓΟCT 10884-94	Сталь арматурная термомеханически упроченная для же- лезобетонных конструкций. Технические условия
FOCT 5781-82	Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5)
ГОСТ 13840-68	Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправкой)
ГОСТ 7348-81 (СТ СЭВ 5728-86)	Проволока из углеродистой стали для армирования пред- варительно напряженных железобетонных конструкций. Технические условия (с Изменениями N 1,3, 4)
ГОСТ 6727-80	Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Техниче- ские условия (с Изменениями N 1-4)
ГОСТ 23009-2016	Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сбор- ные. Условные обозначения (марки)

ГОСТ 12.3.030-83	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Перера- ботка пластических масс. Требования безопасности (с Из- менением N 1)
ΓΟCT 12.1.005-88	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
ΓΟCT 12.4.021-75	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы вентиляционные. Общие требования (с Изменением N 1)
СНиП РК 2.04-05- 2002	Естественное и искусственное освещение
ΓΟCT 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожар- ная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)
ΓΟCT 12.4.011-89	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ΓΟCT 17.2.3.02-201	4 Правила установления допустимых выбросов загрязняю- щих веществ промышленными предприятиями
ΓΟCT 13015-2012	Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, марки- ровки, транспортирования и хранения
ΓΟCT 8829-94	Изделия строительные железобетонные и бетонные завод- ского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойко- сти
ГОСТ 10180-2012	Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
FOCT 18105-2010	Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ 17624-2012	Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности (с Поправкой)
ГОСТ 22690-2015	Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля
ΓΟCT 10060-2012	Бетоны. Методы определения морозостойкости.
ГОСТ 26134- 2016	Бетоны. Ультразвуковой метод определения морозостой- кости
ГОСТ 12730.0-78	Бетоны. Общие требования к методам определения плот- ности, влажности, водопоглощения, пористости и водоне- проницаемости
ГОСТ 12730.584	Бетоны. Методы определения водонепроницаемости (с Изменением N 1)
ГОСТ 10922-2012	Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструк- ций. Общие технические условия
FOCT 22362-77	Конструкции железобетонные. Методы измерения силы натяжения арматуры
FOCT 26433.0-85	Система обеспечения точности геометрических парамет-

	ров в строительстве. Правила выполнения измерений. Об- щие положения
ГОСТ 26433.1-89	Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления
FOCT 17625-83	Конструкция и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, раз- меров и расположения арматуры
ГОСТ 22904-93	Конструкции железобетонные. Магнитный метод опреде- ления толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры

Примечани в е чание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на территории государства по соответствующему указателю стандартов и классификаторов, составленному по состоянно на 1 впваря текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованиим в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Приложение А

Лист регистрации изменений

ľзм	№ листов (страниц)				Beero	Номер	Входящий	Подпись	Дата
	изменен- ных	заменен-	новых	иннулиро- занных	листов и док.	док.	номер со- проводи- тельного документа		
_		-	-	-	_	_			_
			_		_			-	-
									-
		+	+						
-	-	+	+	_	_	_			-
	_	_	-	_	_	_			+
			-	-	_	-	_	_	+
			-			-		-	-
									\vdash
									-
		_	_						
-	-	_	_						
	-	+	+	_	_	_		_	+
	-		+	_	_	-	_	_	+
			-		_	-		-	+
								-	+-
									+
									_
-									
-		-	+						
_	-	_	+	_	_		+		1
_			-	+	_	-		-	+
					_	-	-	-	+
								-	+

приложение г

Патент 33388 РК. Добавка в бетонную смесь №3 от 18.01.2019 г.





KP ӘМ «Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК PГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК National Institute of Intellectual Property, Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan

Астана каласы, Қорғалжын тас жолы, 3Б ғимараты город Астана, шоссе Корғалжын, здание 3Б Astana, Korgalzhyn highway, building 3B Телефон / Telephone number: +7 (7172) 62-15-15

E-mail: kazpatent@kazpatent.kz http://www.kazpatent.kz

Патентті күшінде ұстау акысы уақытылы төленген жағдайда, патенттің күші Қазақстан Республикасының бүкіл аумағында қолданылады. Действие иктемта распространяется на всю территорию Республики Казахстан при условин своевременной оплаты поддержання патента в силе.

Subject to timely payment for the maintenance of the patent in force the effect of the patent extends to the entire territory of the Republic of Kazakhstan.

«УЗМИ» РМК веб - портальнала Казакстан Республикасы опертабыстары мемленеттік тізілімі бөлімінде опертабыс питентіне толық сипаттамасы колжетімді. Позное описанне нюбретения к патенту доступно на веб-портале РГП «НИИС» в разделе «Государственные ресстры изобретений Республики Казакстан».

Full description of the patent is available on the N11P web portal in the State Register of Inventions of the Republic of Kaza-ihstan section

7 -----

приложение д

Свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права





