

На правах рукописи



Узаева Аминат Альвиевна

**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕМОНТНЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ
БАРХАННОГО ПЕСКА**

Специальность

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Грозный-2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор **Батаев Дена Карим-Султанович**

Официальные оппоненты:

Гончарова Маргарита Александровна – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», кафедра строительного материаловедения и дорожных технологий, заведующий кафедрой;

Удодов Сергей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет», кафедра производства строительных конструкций и строительной механики, заведующий кафедрой.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет».

Защита состоится «19» декабря 2020г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д212.052.03 при ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» по адресу: 367015, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, каб. 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» <http://www.dstu.ru/>. Сведения о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ВАК Министерство науки и высшего образования РФ <http://vak.ed.gov.ru/>.

Рассылка автореферата состоится «21» октября 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических
наук



Х.Р. Зайнулабидова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Длительная эксплуатация и возникающие в результате этого дефекты бетонных и железобетонных конструкций провоцируют развитие процессов старения и коррозионного разрушения, что вызывает необходимость проведения ремонтных и восстановительных работ, чтобы продлить жизненный цикл бетонного композита и, следовательно, долговечность здания в целом.

Существующие методы ремонта и восстановления бетонных и железобетонных конструкций сводятся к наращиванию "старого" бетона новыми слоями из однородного ему материала, к обжатию стальными обоймами или полностью замене дефектной конструкции. При этом нужно отметить, что перечисленные приемы довольно недешевые и весьма трудоемкие.

В связи с этим поиск новых эффективных материалов и технологий для ремонта и восстановления бетонных и железобетонных конструкций является актуальной задачей и отвечает требованиям разработанного Правительством Российской Федерации проекта стратегического развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, в котором четко обозначена одна из тенденций развития строительной индустрии – выпуск новых типов композитных строительных материалов, более энергоэффективных, менее материалоемких, повышающих эксплуатационную надежность и долговечность зданий и сооружений.

В рамках этого направления концепции была поставлена задача максимально использовать техногенное и местное природное некондиционное сырье, в частности, барханные пески в технологии ремонта бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Барханные пески отличаются повышенным содержанием частиц пылевидной фракции, поэтому для традиционного применения в качестве мелкого заполнителя бетона их необходимо обогащать крупными песками, но не менее целесообразно активировать и направленно использовать их потенциальные возможности для снижения материальных и энергетических затрат при производстве специальных гидравлических вяжущих для ремонтных составов.

Поэтому разработка эффективных рецептур вяжущего с использованием барханных песков, как местного природного ресурса, для последующего получения модифицированных ремонтных составов с улучшенными характеристиками, является актуальной задачей повышения качества работ по ремонту и восстановлению несущей способности конструктивных элементов зданий и сооружений.

Некоторые результаты, представленные в работе, получены в рамках исследований по реализации научного проекта № 05. 607.21.0320, получившего поддержку Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-

технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Уникальный идентификатор соглашения RFMTFI60719X0320.

Степень изученности проблемы. Анализ научных трудов ведущих российских и зарубежных ученых Баженова Ю.М., Комохова П.Г., Лесовика В.С., Лукутцовой Н.П., Каримова И.Ш., Батаева Д.К.-С., Чистова Ю.Д., Соломатова В.И., Несветаева Г.В., Хаджишалапова Г.Н., Хежева Т.А., Кокоева М.Н., Моргун Л.В., Муртазаева С.-А.Ю., Мажиева Х.Н., Гольдын М.Б., Барканова М.Б., Федоровича В.А., David Tabor, L.Sarcar Shondeer, Yaya Diatta, и многих других показал, что имеются теоретические основы и значительный опыт проектирования составов и технологии производства ремонтных работ, есть разработки по рациональному использованию барханных песков Средней Азии, но теоретических и практических подходов к использованию огромных запасов песчаных отложений древнего Каспия, входящих в состав юго-западной окраины Прикаспийской низменности, фактически нет. Барханные, бугристые, слабо закреплённые и подвижные пески занимают значительную площадь данного региона. Рецептуры ремонтных составов на основе некондиционных барханных песках, процессы формирования их структуры и свойств при использовании в ремонте и восстановлении конструктивных элементов зданий и сооружений, слабо изучены, что, учитывая остроту проблемы восстановления несущей способности и продления срока эксплуатации несущих бетонных и железобетонных конструкций, требует серьезного теоретического и практического изучения.

Цель и задачи диссертационного исследования. Целью диссертационного исследования является разработка рецептур комплексных модифицированных ремонтных составов на основе барханных песков для ремонта и восстановления несущей способности конструктивных элементов зданий и сооружений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать свойства барханных песков как минеральной добавки для получения тонкомолотых вяжущих;
- разработать рецептуры, активированных тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков;
- исследовать влияние наполнителей из барханных песков на процессы структурообразования и свойства цементного камня;
- разработать рецептуры ремонтных модифицированных составов на барханных песках;
- изучить влияние гранулометрии и вида заполнителя на свойства модифицированного ремонтного состава;
- исследовать технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства предлагаемых комплексных ремонтных модифицированных составов;

- разработать рекомендации по ремонту бетонных и железобетонных конструкций с применением комплексного ремонтного модифицированного состава;
- выполнить производственное внедрение разработанного ремонтного модифицированного состава;
- определить технико-экономическую эффективность использования, разработанного комплексного ремонтного модифицированного состава при ремонте бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

Рабочая гипотеза диссертационного исследования – сводится к определению возможности получения комплексных модифицированных ремонтных составов с улучшенными характеристиками на основе барханных песков с целью восстановления несущей способности изделий и конструкций и продления срока их службы. Для подтверждения данной гипотезы необходимо установить зависимость между свойствами предлагаемых модифицированных ремонтных составов на барханных песках и рецептурой наполненного вяжущего с комплексным использованием портландцемента, минерального и полимерного компонента, выявить оптимальное содержание вводимых добавок, исследовать процессы формирования структуры и технологии ремонтных модифицированных составов.

Научная новизна диссертационного исследования:

- установлена возможность эффективного использования некондиционных барханных песков месторождения Шелковское в качестве минеральной добавки для получения тонкомолотых вяжущих и обогащения отсева дробления горных пород;
- установлено влияние рецептурно-технологических факторов активации тонкомолотого вяжущего, таких как вид помольного оборудования, продолжительность механоактивации, степень наполнения системы барханным песком и ПАВ, количество цемента на начальный период формирования структуры и качественные показатели полученных тонкомолотых вяжущих;
- выявлены закономерности изменения водоудерживающей способности, структурной вязкости, прочности сдвигу, адгезионной прочности, жизнеспособности, удобоукладываемости ремонтной модифицированной смеси в зависимости от вида и расхода вяжущего, полимерной составляющей, водоцементного отношения и содержания барханного песка в составе заполнителя;
- предложены принципы получения ремонтного модифицированного состава с комплексным использованием вяжущей системы "портландцемент – барханный песок – двуводный гипс – С-3" и полимерных компонентов, позволяющие регулировать процесс твердения, усадочные деформации, повышать адгезию, улучшать структурные характеристики, что в результате повышает физико-механические и эксплуатационные свойства предлагаемых композитов;
- выявлены зависимости физико-механических, деформативных и эксплуатационных свойств комплексных ремонтных модифицированных составов от гранулометрического состава и пустотности заполнителя, вида и расхода вяжущего, варьирования компонентов вяжущего.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

– изучено влияние механохимической и виброхимической активаций наполненных систем "портландцемент – барханный песок – С-3" на свойства комплексных вяжущих для получения ремонтных модифицированных составов;

– предложены принципы оптимизации технологических, реологических, физико-механических и эксплуатационных свойств ремонтных модифицированных составов путем комплексного использования тонкомолотых виброактивированных вяжущих и полимерных компонентов;

– исследованы закономерности повышения эффективности получения модифицированных ремонтных составов за счет активации наполненных систем "портландцемент – барханный песок – С-3" в шаровой вибромельнице и использования полимерных составляющих;

– основываясь на ранее известных теоретических положениях структурообразования портландцемента развита теория гидратации и твердения тонкомолотого виброактивированного вяжущего на основе тонкодисперсного барханного песка и ПАВ;

Теоретические выводы, сделанные в результате научного исследования, могут быть использованы в следующих учебных курсах: «Технология вяжущих веществ», «Технология бетона и железобетонных изделий и конструкций», «Строительные материалы и изделия», «Ресурсо- и энергосбережение в строительном материаловедении» и др.

Практическая значимость диссертационного исследования:

– предложена возможность экономии клинкерной доли цемента за счет использования дисперсного виброактивированного барханного песка в качестве составляющего тонкомолотого вяжущего;

– разработаны рецептуры тонкомолотых вяжущих с расширяющим эффектом на основе комплексного использования виброактивированных минеральных и полимерных компонентов, способствующие улучшению структуры и свойств ремонтных модифицированных составов;

– разработаны рецептуры ремонтных модифицированных составов на барханных песках;

– применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы математического планирования эксперимента со статистической обработкой результатов и стандартные методы испытания;

– разработан технологический регламент на производство виброактивированных тонкомолотых вяжущих с использованием барханного песка и суперпластификатора С-3;

– разработаны технические условия на производство модифицированных ремонтных составов с комплексным использованием виброактивированных тонкомолотых вяжущих и полимерных добавок.

Внедрение результатов работы. Результаты проведенных исследований по получению модифицированных ремонтных составов на основе виброактивированных тонкомолотых вяжущих с использованием тонкодисперсного барханного песка и суперпластификатора С-3 внедрены при ремонте бетонных и железобетонных конструкций при строительстве жилого комплекса «Солнечный» в г. Грозный по улице Старопромысловское шоссе,

24. Экономический эффект от внедрения предлагаемых ремонтных модифицированных составов из мелкозернистых бетонов составил 5,8 тыс. рублей в год с 1 м² поверхности конструкций.

Разработаны нормативно - технические документы:

- технологический регламент на производство виброактивированных тонкомолотых вяжущих с использованием барханного песка и суперпластификатора С-3;
- технические условия на производство ремонтных модифицированных составов с использованием виброактивированных тонкомолотых вяжущих на барханном песке и суперпластификаторе С-3.

Теоретические аспекты и результаты экспериментальных разработок, полученных при выполнении диссертационного исследования, используются в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов, обучающихся по направлению «Строительство».

Методология и методы исследования основываются на установленных положениях теории твердения ремонтных модифицированных составов с комплексным использованием виброактивированных минеральных и полимерных компонентов, и, в частности, наполненной системы "портландцемент – барханный песок – С-3", а также математической логики, и технологии композиционных материалов. Исследования проводились с учетом действующих государственных стандартов и рекомендаций.

Основные положения, выносимые на защиту:

- – результаты исследований состава и свойств барханных песков и компонентов сырьевой смеси;
- анализ результатов подбора рецептур, активированных тонкомолотыми вяжущими на основе барханных песков;
- свойства и процессы структурообразования цементного камня бетонных композитов, полученных на виброактивированных тонкомолотых вяжущих с использованием тонкодисперсного барханного песка и ПАВ;
- теоретические положения получения ремонтного модифицированного состава с комплексным использованием вяжущей системы "портландцемент – барханный песок – двуводный гипс – С-3" и полимерных составляющих, позволяющие повысить физико-механические и эксплуатационные свойства предлагаемых композитов;
- зависимости физико-механических, деформативных и эксплуатационных свойств ремонтных составов от гранулометрического состава и пустотности заполнителя, вида и расхода вяжущего и варьирования компонентов вяжущего.
- результаты апробации.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- использованием апробированных методов экспериментального исследования, поверенного оборудования;

– использованием современного программного обеспечения при обработке экспериментальных данных, а также испытанием необходимого количества контрольных образцов.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- Международной научной конференции «Наука и образование в современной России», г. Москва, 16-18 ноября 2015 г.
- Международной научно-практической конференции «Наука XXI века: открытия, инновации, технологии», г. Смоленск, 30 апреля 2016 г.
- Международной конференции «Актуальные вопросы развития современного общества», г. Пермь, 15 мая 2016 г.
- VII Республиканском конкурсе молодежных проектов и программа "Научно-техническое творчество молодежи Чеченской Республики - 2016" г. Грозный, 2016 г.
- Международной конференции «Современные концепции развития науки», г. Екатеринбург, 18 сентября 2015 г.
- Международной конференции «Наука сегодня: проблемы и пути решения», г. Вологда, 30 марта 2016 г.
- Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии и инновации», Белгород, 2019.
- II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2019», посвященной 100-летию ГГНТУ, 30-31 мая 2019 года, г. Грозный.
- VIII Международном научном форуме молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников «Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования», 23–25 апреля 2019 г. Астрахань.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 19 научных статей, в том числе 1 статья статья, опубликованная в издании, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования (Web of Science), 4 в рецензируемых журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и патент РФ

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, заключения, списка литературы из 174 наименований и 5 приложений. Основная часть изложена на 190 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 37 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определены цель и задачи диссертационной работы, отмечена ее актуальность, обоснована научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследований, предоставлена информация об апробации результатов выполненной работы.

Первая глава «Состояние вопроса и постановка задач исследования» посвящена анализу работ, посвященных применению ремонтных составов для восстановления бетонных и железобетонных конструкций.

Отмечено, что именно мелкозернистые ремонтные составы являются основным материалом для качественного заполнения дефектов элементов (трещин, сколов, выбоин и др.). Особое внимание уделяется основным видам дефектов бетона и причинам их образования. Образующиеся дефекты в бетонных и железобетонных элементах, способствуют созданию условий непригодности, так как теряются несущая способность и эксплуатационные качества.

Приводится анализ применения барханных песков в странах Средней Азии, где изготовление экономичных и долговечных изделий без крупного заполнителя с использованием пылевидных, тонкой гранулометрии песков является важнейшей народно-хозяйственной задачей, так как это объясняется доступностью и неограниченностью сырьевой базы. Однако, единой методики и критерия оценки их пригодности для получения ремонтных составов не выработано.

На основании составленного обзора сделано заключение, что проблема повышения эффективности использования барханных песков в технологии ремонтных составов остается и в настоящее время актуальной. В связи с этим основной целью настоящей диссертации явилось повышение эффективности применения барханных песков в технологии путем их комплексного использования в качестве компонента, активированного вяжущего и обогащённого заполнителя для ремонтных модифицированных составов из мелкозернистых бетонов.

Во второй главе «Исследование барханных песков как активной минеральной добавки для получения тонкомолотых вяжущих» представлены необходимые для исследования характеристики применяемых сырьевых материалов и методики проведения исследований для определения основных физико-механических, технологических, реологических и эксплуатационных свойств ремонтных модифицированных составов из барханных песков.

Для разработки тонкомолотого вяжущего за основу был принят портландцемент (ПЦ) ЦЕМ 1 42,5 Н, производитель ГУП «ЧЕЧЕНЦЕМЕНТ». Основные физико-механические свойства и минералогический состав ПЦ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные свойства и минералогический состав цемента

Удельная поверхность, м ² /кг	Нормальная густота, %	Плотность, кг/м ³	Минералогический состав, %				Активность, МПа, 28 сут.	
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	сжатии	изгибе
330	25	3100	59	16	8	13	52,6	6,2

Барханные пески месторождения Шелковское (Чеченская Республика) применяли для разработки тонкомолотого вяжущего и в качестве компонента обогащенного заполнителя для получения комплексных ремонтных

Кварц	60	52,7	45,7	45,7	40	31,3	48,0
Полевой шпат	5	12,6	11,7	11,9	10	30,6	10,5
Карбонаты	-	0,72	11,1	41,8	40	2,7	13,0
Слюда	-	-	-	6,08	10	37,4	2,5
Остальные	35	34,0	31,3	4,1	-	-	26

В качестве мелкого заполнителя для производства комплексных ремонтных модифицированных составов из мелкозернистого бетона использовался отсев дробления горных пород Аргунского месторождения ($M_{кр} = 3,5$), который с помощью технологических приемов обогащения смешивался с барханным песком фракции 0,315 – 0,14 мм в соотношении 60:40 %.

Для получения ремонтных комплексных модифицированных составов использовались водорастворимые карбоксилатные и акрилатные полимеры: суперпластификаторы SIKА VISCOCRETE 5 NEW и Хидетал-ГП-9 бета «β» на основе карбоксилатных эфиров и акриловая дисперсия АКРЭМОС 101.

Влияние тонкомолотого вяжущего на основе барханного песка и ПАВ на процессы формирования структуры и свойства ремонтных модифицированных составов бетонов изучали с использованием стандартных методик исследований. Микроструктура цементного камня ремонтных составов изучалась с помощью растрового электронного микроскопа системы Quanta 200 3D, рентгенофазовый анализ дифрактометром Дрон-2 с регистрацией результатов испытаний на самопишущем потенциометре при непрерывном процессе.

С целью увеличения эффективности применения барханных песков в производстве комплексных ремонтных модифицированных составов бетонов было решено осуществлять совместную активацию в мельнице всех компонентов проектируемого тонкомолотого вяжущего (ТМВ): портландцемента, барханных песков и ПАВ. В таблице 5 приведены рецептуры тонкомолотых вяжущих.

Таблица 5 – Рецептуры тонкомолотых вяжущих

№ состава	Способ активации	Условное обозначение	Содержание компонентов тонкомолотого вяжущего, %		
			ПЦ	Барханный песок	С-3
1	Совместная виброактивация ВМ-20	ПЦ	100	-	-
2		ТМВ-85	84	15	1,0
3		ТМВ-75	74	25	1,0
4		ТМВ-65	64	35	1,0
5	Совместная механоактивация МЛР-15	ПЦ	100	-	-
6		ТМВ-85	84	15	1,0
7		ТМВ-75	74	25	1,0
8		ТМВ-65	64	35	1,0

В качестве измельчителей для осуществления процессов активации использовались вибрационная шаровая ВМ-20 с объемом рабочей емкости 20 л и роликовая лабораторная МЛР-15 с загрузкой до 15 л мельницы.

Для определения наиболее рационального состава тонкомолотых активированных вяжущих на основе барханных песков и выявления аналитической закономерности между прочностью на сжатие ТМВ и основными показателями применялась трехфакторная матрица экспериментального планирования. Трехуровневый план планирования эксперимента приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал
Натуральный вид	Кодовый вид	-1	0	+1	
Содержание наполнителя	X1	15,0	25,0	35,0	10,0
Кол-во С-3	X2	0,5	1,0	1,5	0,5
Удел поверх.	X3	425	480	535	55

Математическая модель уравнения регрессии имеет следующий вид:

$$Y(R_{ц}) = 67,2 + -12,5 X_1 + -0,1 X_2 + -1,0 X_3 + -7,3 X_1^2 + -2,3 X_2^2 + -11,1 X_3^2 + 0,4 X_1 X_2 + 0,9 X_1 X_3 + 6,2 X_2 X_3$$

Полученная таким образом модель позволила определить оптимальную рецептуру тонкомолотых вяжущих и возможное максимальное значение активности (67,2 МПа).

Для подтверждения выдвинутой гипотезы были исследованы все предлагаемые рецептуры ТМВ, активированные в различном помольном оборудовании в течение 10 и 20 минут. Тонкомолотое виброактивированное в течение 10 минут вяжущее ТМВ-75 показало лучшие результаты (водопотребность 19,1 %, плотность 2840 кг/м³, удельная поверхность 482 м²/кг, прочность в 28 суточном возрасте 67,2 МПа) и поэтому является наиболее эффективным составом. Дополнительно здесь же присутствует и экономия клинкерной составляющей портландцемента.

Исследование влияния наполнителей из барханных песков на процессы структурообразования цементного камня показало, что именно частицы тонкодисперсных добавок являются надежными подложками для образования гидратных новообразований. Двухмерные зародыши кристаллогидратов надежно фиксируются на поверхности минеральных порошков и интенсифицируют структурообразование цементного камня (рисунок 2).

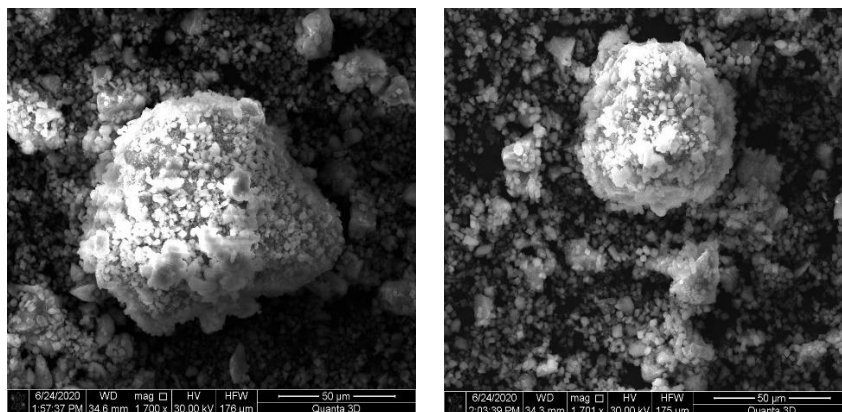
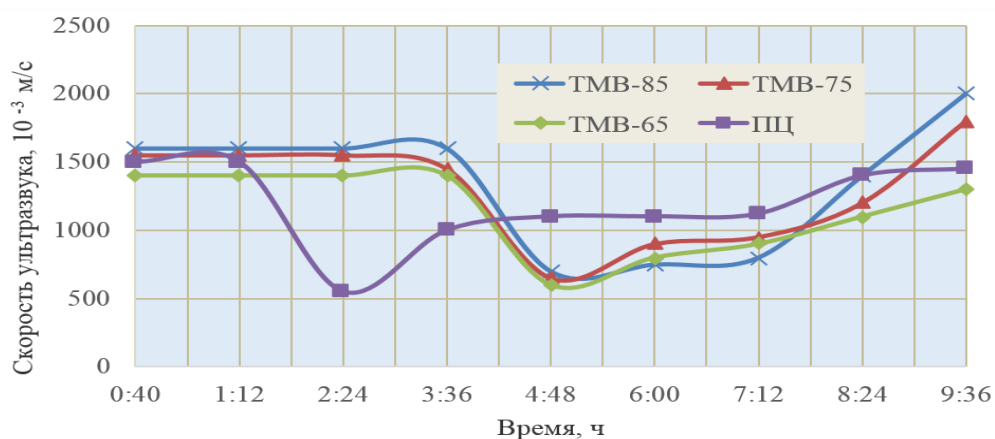
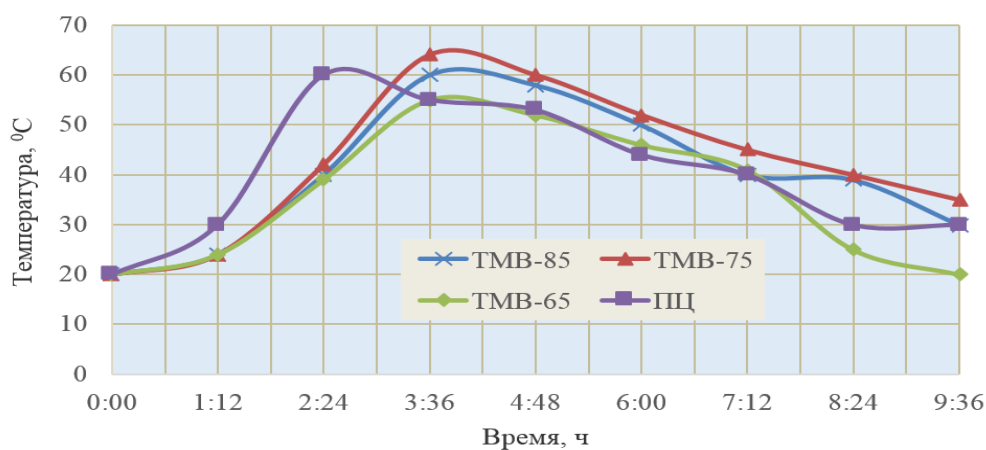


Рисунок 2 – Микрофотографии частиц тонкомолотого вяжущего

Процесс формирования структуры определялись ультразвуковым методом и способом измерения температуры смеси. Результаты проведенных исследований, представлены на рисунке 3 (а, б). Использование тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков в комплексе с ПАВ С-3 существенно замедляют период формирования структуры на несколько часов. На графике рисунка 3 (а) мы наблюдаем снижение скорости ультразвука, которое соответствует началу формирования структуры, в этот период происходит образование первичного гидросульфатоалюминатокальциевого каркаса, для которого характерно и повышение температуры формовочной смеси (рисунок 3 б). В результате протекания гидратационных процессов в системе, свободная вода переходит в пленочное состояние, что приводит к сближению частичек гидратирующего вяжущего и увеличению объема твердой фазы.



а)



б)

Рисунок 3 – Влияние активированного ТМВ на скорость прохождения ультразвука (а), на динамику изменения температуры (б)

На следующем этапе процесс гидратации ускоряется, наблюдается интенсивная кинетика набора прочности с образованием прочного гидросиликатакальциевого каркаса, при этом нужно отметить, что минеральная добавка способствует протеканию химических реакций с формированием гидросиликатов и гидроалюминатов кальция различной основности.

Исследование цементного камня с применением ТМВ-75 на основе барханных песков (рисунок 4) методом электронной микроскопии показало, что полученный образец обладает тонкокристаллической мелкозернистой структурой с плотной упаковкой гидратов и соединений в массиве.

Исследование РФА подтверждает присутствие новообразований в виде кристаллических фаз в цементном камне с использованием виброактивированного ТМВ-75, на рентгенограмме выявлены труднорастворимые соединения с пиками низкоосновных гидросиликатов кальция, которые по своей структуре сходны с минералом афвиллит $C_3S_2H_3$, гидроалюмосиликатов кальция и кальцита. (рисунок 5).

Результаты электронно-зондовых исследований подтверждают, что использование барханных песков, затворенных щелочным раствором, дает возможность получать прочные кристаллические новообразования щелочного и щелочноземельного алюмосиликатного состава, что также улучшит проведение ремонтно-восстановительных работ в строительстве.

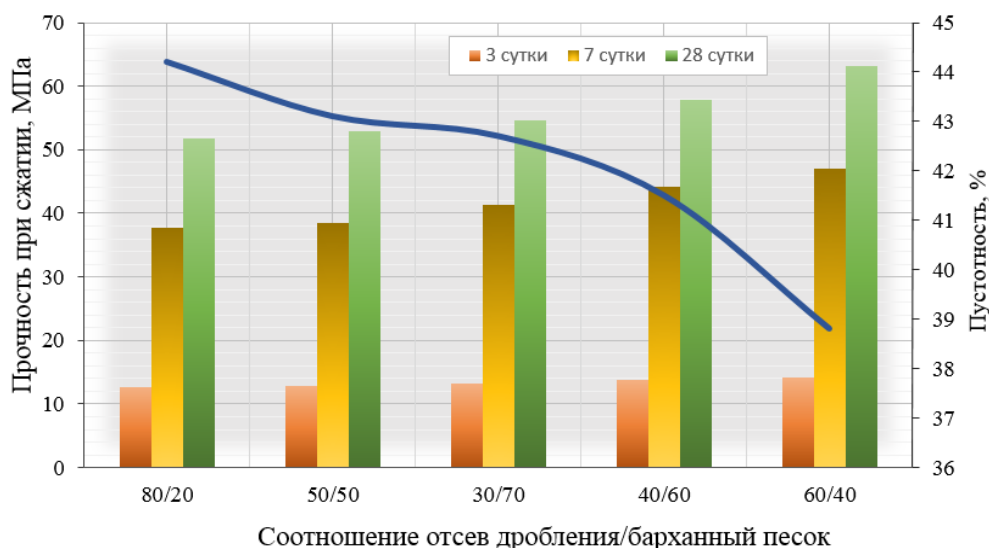


Рисунок 6 – Диаграммы зависимости прочности бетона и пустотности от соотношения фракций заполнителя

Исследование явлений расслоения и водоотделения проводилось согласно методике, ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний», для этого приготавливались различные ремонтные смеси с использованием тонкомолотых вяжущих, наполнителей из барханных песков, двуводного гипса, суперпластификаторов Sika Viscocrete 5 New, Хидетал-ГП-9, акриловой дисперсии «АКРЭМОС 101», метилсиликоната натрия и фракционированного заполнителя, полученного смешиванием в соотношении 60/40 отсева дробления и барханных песков.

Высокую водоудерживающую способность и минимальное расслоение ремонтной смеси показал состав с использованием акриловой дисперсии АКРЭМОС 101 в комплексе с метилсиликонатом натрия. Это объясняется тем, что. Полимерная составляющая, обволакивающая зерна вяжущего и заполнителя, заполняя пустоты и неровности, обеспечивает проявление ремонтной смесью высокой водоудерживающей способности.

Математические зависимости реологических характеристик и прочности на сжатие в возрасте 28 суток от водоцементного отношения (X_1), расхода ТМВ-75 (X_2) и доли барханного песка в составе фракционированного заполнителя (X_3) имеют следующий вид:

структурная вязкость:

$$\mu = 54,53 + 7,0 X_1 - 7,07 X_2 + 292,5X_3 - 549,8X_1^2 - 0,0004 X_2^2 + 531,4 X_3^2 - 0,3 X_1X_2 + 245 X_1X_3 - 0,26 X_2X_3$$

предельное напряжение сдвигу:

$$\tau = 0,11 - 0,0015X_1 - 0,003X_2 + 0,127X_3 - 0,256X_1^2 - 0,00000015 X_2^2 + 0,23 X_3^2 - 0,00011X_1X_2 + 0,089 X_1X_3 + 0,0001 X_2X_3$$

на прочность на сжатие в возрасте 28 суток:

$$R_{28} = 48,38 - 0,0045 X_1 + 0,0025 X_2 - 4,877X_3 + 13,55 X_1^2 - 0,000087 X_2^2 - 13,07 X_3^2 + 0,00171 X_1X_2 - 8,414 X_1X_3 + 0,00849 X_2X_3$$

Установлено, что в ремонтных смесях с повышением водоцементного отношения и расхода вяжущего, значения структурной вязкости и предельного напряжения сдвигу снижаются. Высокая адгезионная прочность ремонтных составов установлена на образцах с расходом тонкомолотого вяжущего ТМВ -75 с удельной поверхностью 550 кг/м^3 , с маркой по подвижности П4. Особенности адгезионного разрыва указывают на то, что прочность предлагаемого ремонтного состава выше прочности существующего основания.

В работе исследовались усадочные деформации ремонтных составов, модифицированных минеральными и полимерными добавками (рисунок 7).

Результаты исследований показали, что в ремонтных модифицированных составах добавки двуводного гипса в количестве 3 % от массы цемента вызывают расширяющий эффект, в составе №3 с комплексным использованием цемента, тонкодисперсного порошка из барханного песка и двуводного гипса деформации расширения составили на 10 суток 0,012 мм/м. В составе №7 на основе тонкомолотого вяжущего и двуводного гипса, расширяющий эффект выше 0,025 мм/м, объяснению этому явлению служит образование в первые сутки твердения волокон гидросульфоалюминатов и гидрокарбосульфоалюминатов кальция, способствующих ускорению процесса структурообразования и увеличению в объеме цементной матрицы.

В ремонтных составах с применением акриловой дисперсии АКРЭМОС и ГКЖ-11 обнаружены усадочные деформации, вызванные, на наш взгляд, наличием полимера в рецептуре состава и образованием в процессе срастания глобул пленки, которая сжимается и стягивает скелет цементного камня, сокращая объем композита и повышая объем усадочных деформаций.

Исследование деформативных показателей проводили согласно ГОСТ 24452-80, рецептуры ремонтных составов и результаты испытаний представлены в таблице 7 и на рисунке 8.

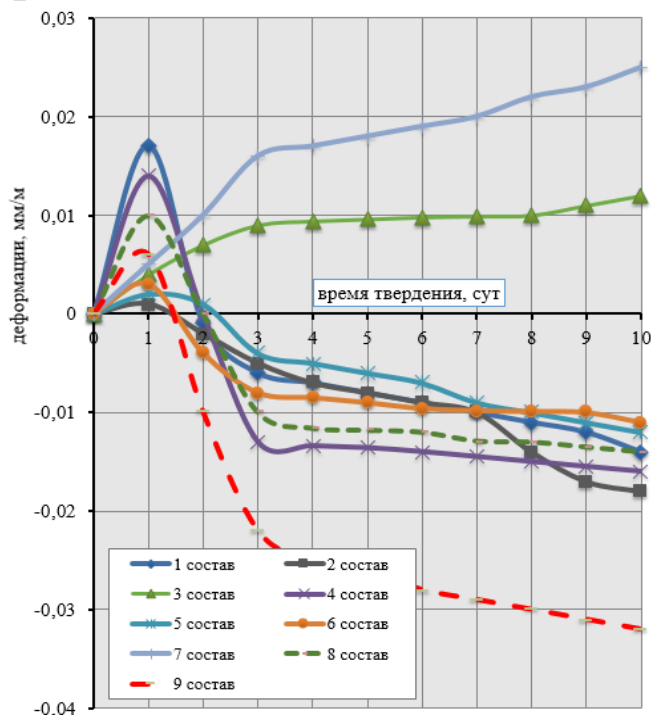


Рисунок 7 – Динамика развития деформаций в ремонтных модифицированных составах из мелкозернистого бетона

Таблица 7 – Рецептуры и физико - механические свойства ремонтных модифицированных составов

№ состава	Расход материалов бетона, кг/м ³										В/Ц	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.			
	Ц	ТМВ-75	АКРЭМОС	ГКЖ-11	ФЗ	МН	Хидегал	Sika	Гипс	В			R			R _{пр}
													3	7	28	
1	430	-	-	-	1510	100	6	-	-	189	0,44	2215	21,3	50,5	58,4	45,2
2	430	-	-	-	1510	100	-	6	-	180	0,42	2225	26,6	53,4	63,5	50,1
3	420	-	-	-	1520	90	-	6	15	200	0,48	2230	24,7	52,3	61,2	48,1
4	420	-	77	7	1520	90	-	-	-	117	0,28	2230	24,9	53,7	62,6	49,4
5	-	530	-	-	1510	-	-	5	-	164	0,31	2212	30,7	69,1	75,0	60,9
6	-	530	-	-	1510	-	5	-	-	175	0,33	2214	29,5	64,3	71,2	57,8
7	-	520	-	-	1520	-	-	5	15	182	0,35	2216	32,8	71,6	77,1	63,6
8	-	520	94	9	1520	-	-	-	-	130	0,25	2265	33,8	72,7	77,8	64,5
9	540	-	-	-	1400	-	-	-	-	292	0,54	2200	16,5	46,0	49,6	34,1

Примечание: Ц – портландцемент; ФЗ – фракционированный заполнитель; МН – микронаполнитель; В – вода; В/Ц – водоцементное отношение

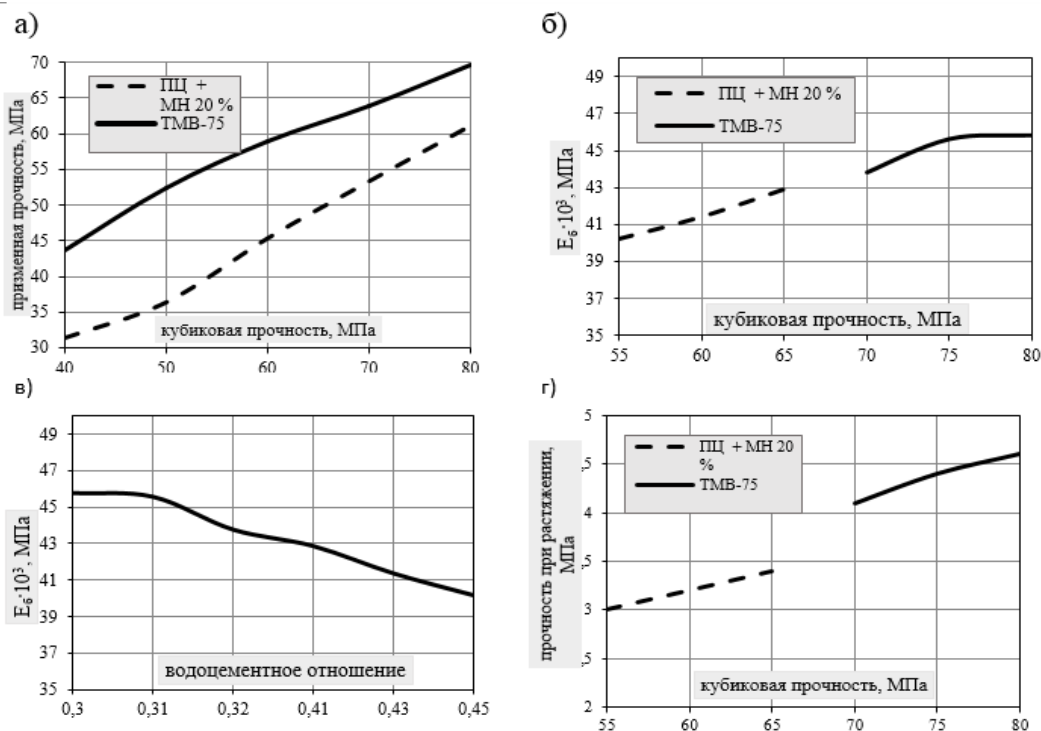


Рисунок 8 – Графики зависимости деформативных свойств ремонтных составов из мелкозернистых бетонов от различных факторов: а) кубиковой прочности от призменной; б) модуля упругости от кубиковой прочности; в) модуля упругости от водоцементного отношения; г) прочности на растяжение от кубиковой прочности

Результаты испытаний показали, что кубиковая и призменная прочности образцов ремонтных модифицированных составов №7 и 8 на основе комплексного использования тонкомолотых вяжущих, гипса и суперпластификатора Sika Viscocrete (1,4 % от массы цемента), АКРЭМОС и ГКЖ-11 выше на 20-22 %, в сравнении с аналогичными образцами с применением тонкодисперсного порошка барханного песка.

Отношение призмной прочности к кубиковой на образцах с комплексным использованием тонкомолотых вяжущих, гипса и суперпластификатора Sika Viscocrete (1,4 % от массы цемента) составляет 0,81 – 0,83, что соответствуют значениям тяжелых бетонов (рисунок 8 а, б).

Величина модуля упругости уменьшается с повышением водоцементного отношения, значения прочности при растяжении при изгибе предлагаемых составов повышаются с увеличением кубиковой прочности образцов (рисунок 7 в, г). Продольные и поперечные деформации у образцов с комплексным использованием тонкомолотых вяжущих, гипса и суперпластификатора Sika Viscocrete (1,4 % от массы цемента) значительно уменьшились по сравнению с контрольными образцами, видимо, это связано с использованием в составе вяжущего двуводного гипса, который является частью расширяющейся добавки и повышает деформативные свойства исследуемых бетонов.

В ремонтных составах с использованием акриловой дисперсии, повышенные деформативные и прочностные показатели можно объяснить тем, что полимерная фаза придает цементному камню внутреннюю деформативность, создавая пленки в виде эластичных мембран на кристаллах портландцемента и заполнителя, перераспределяя появляющиеся напряжения при разрушении. Полученные ремонтные модифицированные составы с высокими физико-механическими и деформативными показателями позволят повысить качество ремонтных работ и увеличить срок эксплуатации зданий и сооружений.

Предлагаемые ремонтные модифицированные составы исследовались на водостойкость, результаты показаны на рисунке 9.

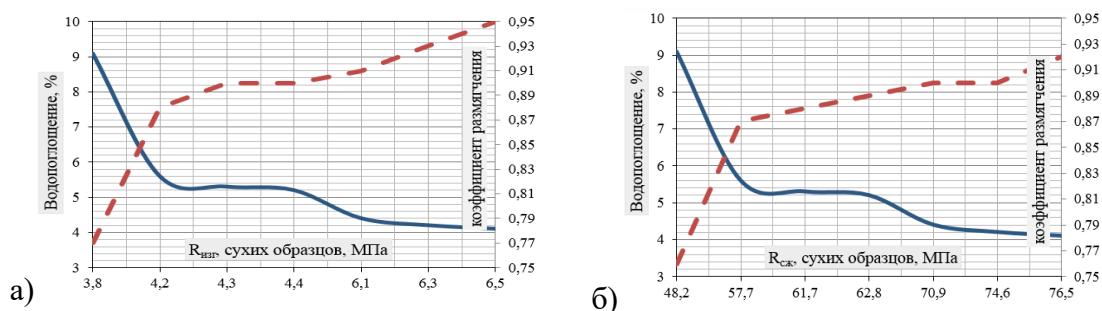


Рисунок 9 – Графики зависимости водопоглощения (синяя кривая) и коэффициента размягчения (красная кривая) от прочности на изгиб (а) и на сжатие (б)

Морозостойкость определялась с использованием прибора «БЕТОН-ФРОСТ» и автоматической морозильной камеры, по ускоренной методике дилатометрическим методом согласно ГОСТ 10060.3-95 «Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости».

Результаты по определению морозостойкости показали, что ремонтный состав из мелкозернистого бетона модифицированный комплексным тонкомолотым вяжущим на барханном песке, двуводным гипсом и карбоксилатной добавкой Sika Viscocrete (состав № 7) достиг марки по

морозостойкости F350, коэффициент морозостойкости 0,92. Составы с комплексным использованием тонкомолотого вяжущего на барханном песке и акриловой дисперсии АКРЭМОС с кремнийорганической жидкостью метилсиликонатом натрия ГКЖ-11 также показали морозостойкости F350.

Водонепроницаемость бетона определялась ускоренным методом с использованием прибора ВВ-2 согласно ГОСТ 12730.5-84. Результаты испытаний подтвердили хороший результат по водонепроницаемости исследуемых ремонтных составов. На рисунке 10 показана зависимость водонепроницаемости бетона от водопоглощения.

Полученная высокая водонепроницаемость бетона W14 обусловлена действием минеральных добавок на основе барханного песка и полимерных компонентов, гранулометрией заполнителя на структуру бетона.

Использование полимерной фазы и тонкодисперсного микрозаполнителя из барханного песка дает эффект закупоривания, кальмотации и самоуплотнения цементного камня, что способствует повышению непроницаемости бетона.

В четвертой главе «Перспективы использования виброактивированного вяжущего с комплексным использованием минеральных и химических компонентов в технологии ремонтных составов» приводятся рекомендации и расчет себестоимости ремонта бетонных и железобетонных конструкций модифицированными составами на барханном песке. Предлагается технология производства тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков.

По результатам проведенных теоретических и практических исследований разработаны технические условия на производство модифицированных ремонтных составов с комплексным использованием виброактивированных тонкомолотых вяжущих и полимерных добавок и технологический регламент на производство виброактивированных тонкомолотых вяжущих с использованием барханного песка и суперпластификатора С-3. В главе приведена технико-экономическая оценка эффективности внедрения результатов проведенных исследований.

Ремонтные составы прошли промышленное внедрение при ремонте железобетонных конструкций при строительстве жилого комплекса «Солнечный» в г. Грозный по улице Старопромысловское шоссе, 24. Экономический эффект от внедрения разработанных модифицированных ремонтных составов составил 5,8 тыс. рублей с 1 м² поверхности конструкции.

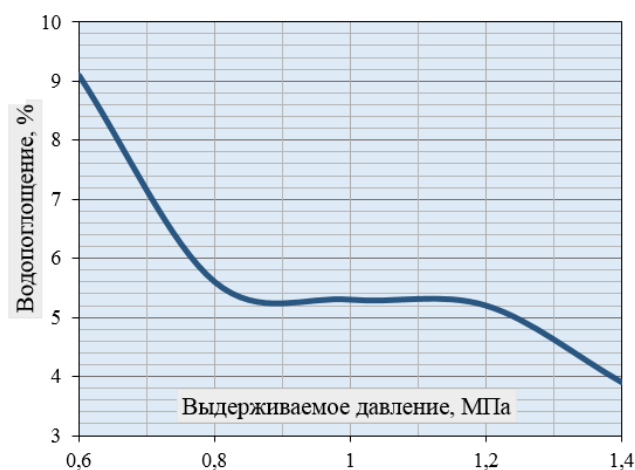


Рисунок 10 – График зависимости водонепроницаемости от водопоглощения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования:

1. Разработаны рецептуры комплексных модифицированных ремонтных составов на основе барханных песков для ремонта и восстановления несущей способности конструктивных элементов зданий и сооружений.

2. Исследована степень дисперсности измельченных барханных песков, подтверждающая эффективность 10 минутного вибромеханоактивированного ТМВ-75; распределения частиц ТМВ-75 при 10 и 20 минутном помоле отличаются незначительно, средний размер частиц ТМВ – 75 в первом случае составил 2,35 мкм, а во втором – 2,26 мкм.

3. Предложены составы активированных тонкомолотых вяжущих и выявлено, что вибромеханоактивация барханных песков совместно с портландцементом и ПАВ способствует превращению барханных песков в высокоактивные тонкодисперсные минеральные компоненты, которые оказывают влияние на физико-химические процессы структурообразования пластифицированных цементных систем с пониженной водопотребностью; при этом наиболее эффективным является состав ТМВ-75, который в 28 суточном возрасте достигает прочность 67,2 МПа.

4. Установлено влияние тонкодисперсного барханного песка, как компонента вибромеханохимически активированного тонкомолотого вяжущего, на свойства цементного теста и процессы формирования структуры в целом; водопотребность цементной системы снижается до 19,1%, период начала формирования структуры замедляется на несколько часов.

5. Рассмотрена возможность применения барханных песков алюмосиликатной природы в качестве компонента бесклинкерных вяжущих связок «барханный песок – щелочной активатор», результаты электронно-зондовых и рентгенофазовых исследований подтвердили образования гидратных соединений типа натриевых алюмосиликатов кальция - цеолитов, кварца, плагиоклаза, слюды, кальцита, позволяющие получать эффективные ремонтные составы.

6. Установлено влияние вида и гранулометрического состава фракционированного мелкого заполнителя, полученного смешиванием в заданном соотношении отсевов дробления горных пород Аргунского месторождения и барханных песков Шелковского месторождения на свойства ремонтных составов из мелкозернистого бетона. Оптимальной рецептурой обогащенного песка можно считать состав 60 % фракции 2,5 – 1,25 мм отсева дробления горных пород и 40 % фракции 0,315 – 0,14 мм барханного песка, что существенно снижает пустотность заполнителя (до 38,8 %) и водопотребность заполнителя (до 6,5 %), значительно улучшая свойства полученных с их использованием ремонтных составов.

7. Установлено, что модификация ремонтных составов акриловой дисперсией АКРЭМОС 101 значительно повышает значение адгезионной

прочности предлагаемых составов. Отрыв предлагаемого состава от бетонной плиты произошел по исходному основанию, указывая на то, что прочность ремонтных составов выше прочности "старого" бетона. Адгезионная прочность отрыва ремонтных составов на ТМВ-75 от основания достигает 0,96 – 1,1 МПа. Методом математического планирования эксперимента проведено прогнозирование реологических свойств ремонтных составов, установлена зависимость предельного напряжения сдвигу и структурной вязкости от расхода ТМВ-75 и водоцементного отношения.

8. Доказано, что использование добавки двуводного гипса в ремонтных составах в комплексе с тонкомолотым вяжущим и карбоксилатами проявляет расширяющий эффект, деформации на 10 сутки составили 0,012 мм/м, что является важным показателем при производстве ремонтных работ.

9. Получены высокие физико-механические и деформативные свойства ремонтных модифицированных составов из мелкозернистых бетонов, прочность при сжатии составляет 69 – 77 МПа, отношение призмочной прочности к кубиковой - 0,81 – 0,83, что соответствуют значениям тяжелых качественных бетонов, продольные и поперечные деформации значительно уменьшились по сравнению с контрольными образцами.

10. Получены водостойкие, морозостойкие и водонепроницаемые ремонтные модифицированные составы (коэффициент размягчения при изгибе $k_p = 0,88 - 0,95$, коэффициент при сжатии $k_p = 0,87 - 0,93$, водопоглощение по массе от 3,9 до 5,6 %, марки по морозостойкости F 250-350 и по водонепроницаемости W 10 – W 14).

11. Ремонтные составы прошли промышленное внедрение при ремонте железобетонных конструкций при строительстве жилого комплекса «Солнечный» в г. Грозный по улице Старопромысловское шоссе, 24. Экономический эффект от внедрения разработанных модифицированных ремонтных составов составил 5,8 тыс. рублей с 1 м² поверхности конструкции.

Рекомендации. Полученные в диссертационном исследовании результаты могут быть применены при производстве ремонтно-восстановительных работ конструктивных элементов зданий и сооружений, а также при проведении работ по восстановлению памятников истории, культуры и архитектуры.

Перспективы дальнейшей разработки темы.

Дальнейшее развитие темы диссертационного исследования может быть связано с исследованиями по разработке новых конструктивных технологических решений ремонта и восстановления конструкций зданий и сооружений, позволяющих снизить себестоимость ремонтных работ бетонных и железобетонных элементов и расширением, и усовершенствованием рецептур и технологии получения многокомпонентных вяжущих на некондиционном и техногенном сырье.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

– статья, опубликованная в издании, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования (Web of Science):

1. Uzaeva, A.A. The Study of Shrinking Deformations of Repair Compositions on Barkhan Sands (Исследование усадочных деформаций ремонтных составов на барханных песках) / D.K-S. Bataev, A.A. Uzaeva, M.A. Uzaev, T.A. Tuzurkaeva // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 254-257. <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/isees-18/articles>

(Узаева А.А., Исследование усадочных деформаций ремонтных составов на барханных песках / Д.К-С. Батаев, А.А. Узаева, М.А. Узаев, Т.А. Тузуркаева // Техника и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования (ISEES 2018): материалы Международного симпозиума. – Ч. АER. – Том.177- С. 254-257.) (0,4 п.л. (авт-0,08 п.л.))

- статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК:

2. Узаева, А.А. Ремонтные составы на основе полимерных вяжущих / А.А. Узаева // Инновации и инвестиции. – 2016. – № 4. – С.134-139. (авт-0,50 п.л.) (№ 1025 Перечня журналов ВАК)

3. Узаева, А.А. Ремонтные составы на основе композиционных вяжущих / А.А. Узаева // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 5. – Т.3. – С.109 – 113. (0,37 п.л. (авт-0,37 п.л.)) (№ 880 Перечня журналов ВАК)

4. Узаева, А.А. Технология и основные виды материалов, применяемые при промышленных методах отделки / А.А. Узаева, Д. К-С. Батаев // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 6. – Т.3. – С.137 –141. (0,37 п.л. (авт-0,19 п.л.)) (№ 880 Перечня журналов ВАК).

5. Узаева, А.А. Влияние гранулометрии барханных песков на свойства ремонтных модифицированных составов / А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова, М.Р. Нахаев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2018. – № 3 (Т.45). – С.212-220. (0,5 п.л. (авт-0,17 п.л.)) (№ 169 Перечня журналов ВАК)

- статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях:

6. Узаева, А.А. Управления персоналом в строительной сфере / А.А. Узаева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №2(9). –С.55–58. (0,37 п.л. (авт-0,37 п.л.))

7. Узаева, А.А. Инновационные технологии в строительстве / А.А. Узаева // Теория и практика современной науки: материалы VIII Научно-практической конференции, 26-27 декабря 2012 г. – Москва: Спецкнига, 2012. – Т. 1. – С.400-402. (0,12 п.л. (авт-0,12 п.л.))

8. Узаева, А.А. Опыт использования барханных песков в строительстве / А.А. Узаева // Тенденции и перспективы развития современного научного

знания: материалы XVI Международной научно-практической конференции, 8-9 октября 2015 г. – Москва: Институт стратегических исследований, 2015. – С.54-57. (0,16 п.л. (авт-0,16 п.л.))

9. Узаева, А.А. Основные виды дефектов бетона и причины их образования / А.А. Узаева, С.А. Узаева, М.А. Узаева // Наука сегодня: проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции, 30 марта 2016 г. – Вологда: Маркер, 2016. – Ч.1. – С.77-79. (0,12 п.л. (авт-0,04 п.л.))

10. Узаева, А.А. Специфика проектирования жилья в России и в Чеченской Республике / А.А. Узаева, С.А. Узаева, М.А. Узаева // Наука XXI века: открытия, инновации, технологии: материалы Международной научно-практической конференции, 30 апреля 2016 г.– Смоленск: НОВАЛЕНСО, 2016. – Ч. 3. – С.78-81. (0,19 п.л. (авт-0,06 п.л.))

11. Узаева, А.А. Ремонтные составы на основе неорганических вяжущих / А.А. Узаева // Современные концепции развития науки: материалы Международной научно-практической конференции, 18 сентября 2015 г. – Екатеринбург: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2015. – С.131-133. (0,12 п.л. (авт-0,12 п.л.))

12. Узаева, А.А. Омоноличивание контактной зоны и обеспечение сцепления старого бетона с новым / А.А. Узаева, С.А. Узаева, М.А. Узаева // Содружество. – 2016. – № 1 (1). – С.35–38. (0,37 п.л. (авт-0,12 п.л.))

13. Узаева, А.А. Исследование степени дисперсности барханных песков / А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова // Устойчивое развитие науки и образования. - 2019. - № 3(30).- С.237-241. (0,44 п.л. (авт-0,09 п.л.))

14. Узаева, А.А. Исследование свойств тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков /А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова, Э.Д. Муртазаева, А.Р. Ахматов // Наукоемкие технологии и инновации (XXIII научные чтения): Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ, 2019. – Ч. 4. – С. 351-361. (1,0 п.л. (авт-0,04 п.л.))

15. Узаева, А.А. Влияние гранулометрии и вида заполнителя на свойства ремонтных составов /А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова, Э.Д. Муртазаева, А.Р. Ахматов // Наукоемкие технологии и инновации (XXIII научные чтения): Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ, 2019. – Ч. 4. – С. 361-369. (0,8 п.л. (авт-0,2 п.л.))

16. Узаева, А.А. Активация барханных песков как возможность модификации ремонтных составов / А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова, М.М. Усманов, М.И. Шахабов // МИЛЛИОНЩИКОВ-2019: материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ, 30-31 мая 2019 года. – Грозный: ГГНТУ, 2019. - Т.1. - С. 299-304. (0,31 п.л. (авт-0,08 п.л.))

17. Узаева, А.А. Разработка тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков для получения ремонтных составов / А.А. Узаева, М.Ш. Саламанова, Б.А. Кибишев, Х.Н. Гуламов // МИЛЛИОНЩИКОВ-2019:

материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ, 30-31 мая 2019 года. – Грозный: ГГНТУ, 2019. - Т.1. - С. 305-308. (0,19 п.л. (авт-0,05 п.л.))

18. Узаева, А.А. Исследование удобоукладываемости ремонтной модифицированной мелкозернистой смеси / А.А. Узаева, М.Ш. С.А. Алиев, И.А. Габазов, Х.Н. Гуламов // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования: материалы VIII Международного научного форума молодых учёных, инноваторов, студентов и школьников (23–25 апреля 2019 г.): в 2 т. / Т.2. Научный потенциал организационно-управленческого инжиниринга в реализации инвестиционно-строительного и жилищно-коммунального комплекса: материалы XXVII Международной научно-практической конференции. – Астрахань: АГАСУ, 2019. – С. 181-186. (0,25 п.л. (авт-0,06 п.л.))

19. Узаева, А.А. Ремонтные модифицированные составы на основе расширяющейся добавки / Д.К-С. Батаев, А.А. Узаева, Т.С-А. Муртазаева // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2019. – №1 (15). – С.7-15. (1,0 п.л. (авт-0,33 п.л.))

Полученные объекты интеллектуальной собственности:

Узаева А.А. Наружная стеновая панель // Газиев М.А., Батаев Д.К-С., Мажиев Х.Н., Муртазаев С-А.Ю., Узаева А.А. и др. Патент РФ № 2593516, МПК E04C 2/28 (2006.01); заявка № 2015123705/03 от 18.06.2015 г., опубликовано 10.08.2016 г.