

**МИНЕСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ им.Н. ИСАНОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Б.Н. ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.14.495

На правах рукописи

УДК 691.542

**Мамытов Акпарали Сыдыкович**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАЛОКЛИНКЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И ИЗДЕЛИЙ НА  
ИХ ОСНОВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО СЫРЬЯ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек -2015

Работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и в лаборатории строительных материалов Ошского технологического университета им. академика М.М Адышева

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Сеитов Болотбек Мукаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Соловьев Александр Иванович

кандидат технических наук, доцент  
Матыева Акбермет Карыбековна

Ведущая организация: Государственный институт  
сейсмостойкого строительства и  
инженерного проектирования  
(ГИССиИП)

Защита состоится « 26 » июня 2015г в 14. 00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.14.495 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34 б, факс: (996 312) 543 361.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова

Автореферат разослан «     » мая 2015г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
к.т.н., доцент



Л.В. Ильченко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

**Актуальность работы.** Концепции “Зеленого бетона” объединяет такие актуальные вопросы строительства, как экономия портландцементного клинкера, утилизация вторичных промышленных продуктов и получение при этом бетонов с улучшенными строительно –техническими свойствами.

В цементной промышленности перспективным является производство низкоэнергоемких композиционных вяжущих с эффективными наполнителями и модификаторами, альтернативных цементам, так как это связано не только со снижением энергозатрат и снижением выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, но и многофункциональностью их свойств.

Сырьем для производства таких материалов являются многотоннажные отходы промышленности, комплексное использование которых связано с эколого-экономическими факторами: значительным ростом цен на цемент, энергоносители, транспортные расходы и ухудшением экологической ситуации в результате накопления промышленных отходов.

Реализация программ по развитию Южного региона страны не возможна без решения проблемы освоения местных ресурсов, изыскания путей их использования и получения строительной продукции надлежащего качества, в т. ч. заполнителей и бетонов различного функционального назначения.

На Юге Кыргызской Республики имеются значительные запасы гранитов, известняков, кальцитосодержащих кварцитов, глиежей, при разработке которых образуются механогенные отходы, а также имеются отходы энергетического и сурьмяного производства, которые могут быть использованы в производстве цемента, заполнителей и бетонов.

ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия», гармонизированный с евростандартом, предусматривает 12 разновидностей композиционных цемента, в которых содержание клинкера изменяется от 35-95%, а остальное – наполнители.

Для удовлетворения потребности строительства в цементе актуальным является разработка композиционных малоклинкерных вяжущих веществ с использованием тонкоизмельченных материалов из природных горных пород или техногенных продуктов, добавка которых в цемент способствует повышению физико- механических характеристик вяжущего и бетонов на их основе.

Работа выполнена в рамках «Государственной комплексной программы развития науки и техники, новых технологий КР» (раздел «Строительство и стройиндустрии») и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры ПЭСМИК КГУСТА им. Н. Исанова, лаборатории строительных материалов ОшГУ.

**Цель работы.** Разработка ресурсосберегающей технологии композиционных малоклинкерных вяжущих и модифицированных бетонов на их основе.

### **Задачи исследования:**

-научно обосновать кинетику дробления и измельчения каменных материалов различной структуры и изучить физико-механические свойства заполнителей на их основе;

-выявить влияние количества и вида наполнителей из местных материалов и модифицирующих добавок на свойства портландцемента;

-оптимизировать состав и свойства композиционных малоклинкерных вяжущих с использованием бинарных наполнителей методом экспериментально-статистического моделирования;

-раскрыть основные закономерности процессов структурообразования контактной зоны малоклинкерных композиционных вяжущих с различными заполнителями с учетом их физико-механических свойств;

-создать модифицированные бетоны на основе композиционных малоклинкерных вяжущих с наполнителями из твердых пород;

-разработать ресурсосберегающую технологию производства изделий из мелкозернистого бетона (МЗБ) на основе малоклинкерных вяжущих и дать экономическую оценку результатов работы.

### **Научная новизна.**

-Разработана ресурсосберегающая технология производства бетонных изделий на основе малоклинкерных композиционных вяжущих веществ с активными наполнителями из твердых каменных материалов, модифицирующих добавок и одноименных заполнителей в бетон, что способствует образованию плотной структуры с ускоренным набором прочности;

-Методом математико – статистического моделирования малоклинкерных композиционных вяжущих определены оптимальные составы с бинарным наполнителем (гранитной мукой 10-12% и суглинком 5-15%), которые характеризуются прочностью, соответствующей исходной прочности цементной матрицы;

-Впервые выявлены процессы структурообразования цементного камня при совместном использовании мелкодисперсных наполнителей из твердых пород с пластификатором и глинистым компонентом, подтверждающие снижение деформации в процессе гидратации клинкерных минералов и образование прочного и плотного цементного конгломерата;

-Использование химически активных заполнителей, пластифицирующих добавок совместно с кремнеземсодержащими отходами способствует повышению реологических свойств смеси, направленному структурообразованию и получению бетона плотной структуры с повышенными прочностными характеристиками;

-При использовании фракционированного песка и композиционного малоклинкерного вяжущего с химической добавкой установлена оптимизация микроструктуры цементного камня и макроструктуры МЗБ за счет регулирования пластичности цементного теста с получением насыщенного

цементного геля, обволакивающего зерна наполнителя и образованием при твердении плотного и прочного конгломерата;

**Достоверность результатов работы** обусловлена и подтверждается использованием современных методов физико-химического исследования, метода экспериментально-статистического моделирования и сопоставлением полученных результатов с опытными данными исследований других авторов.

**Практическое значение и реализация работы.** Результаты работы являются новым этапом в развитии и совершенствовании производства и применения в строительстве малоклинкерных вяжущих веществ и бетонов.

Разработанные композиционные малоклинкерные вяжущие вещества пониженной водопотребности позволяют заменить дорогостоящий портландцемент, обеспечить потребность малоэтажного строительства недорогими и достаточно прочными эффективными вяжущими для строительных работ, а также мелкоштучными изделиями из мелкозернистого бетона повышенной прочности по энергосберегающей технологии.

Вовлечение в производство вяжущих и бетонов техногенных продуктов, образующихся при добыче и переработке каменных материалов, а также кремнеземсодержащих отходов сурьмяного производства (ХОСР) способствует расширению сырьевой базы, комплексному использованию природных сырьевых ресурсов, решению экологических вопросов утилизации и очистки окружающей среды, разработке безотходной технологии и снижению себестоимости выпускаемой продукции.

Использование в производстве бетонов различного назначения композиционных вяжущих материалов способствует экономии дорогостоящего портландцементного клинкера, снижению выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу за счет экономии клинкера, повышению эффективности использования клинкера путем полной гидратации его составляющих.

Разработаны технологические регламенты и проведены промышленные испытания по производству малоклинкерных композиционных веществ и изделий на их основе.

Результаты полученных исследований внедрены в производство в АО «Каухар-Таш», ОсОО ЖБИ БС и используются в учебном процессе (лекции, лабораторные работы и практические занятия, выпускные квалификационные работы) при подготовке дипломированных специалистов по специальности 552101.05- Производство строительных материалов, изделий и конструкций.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

-оптимальные составы малоклинкерных смешанных вяжущих пониженной водопотребности, полученные путем тонкого измельчения твердых горных пород совместно с органической добавкой и глинистым компонентом и особенности их структурообразования;

-физико-химические особенности заполнителей в зависимости от структуры, петрографического состава, свойств каменных материалов;

-составы бетонов на основе композиционных малоклинкерных вяжущих пониженной водопотребности, характеризующиеся достаточной прочностью, истираемостью и долговечностью;

-закономерности процессов структурообразования контактной зоны композиционных малоклинкерных вяжущих веществ с заполнителем различного генезиса;

- разработанная рациональная ресурсосберегающая технология производства изделий на основе малоклинкерных смешанных вяжущих с наполнителями и модифицирующими добавками.

**Личный вклад соискателя** заключается в выполнении экспериментальных исследований, их анализе и обобщении результатов, полученных научных и практических данных, выявлении закономерностей и формулировании основных выводов, внедрении результатов исследований в производственную и научно-педагогическую деятельность.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на МНТК «Актуальные проблемы инженерной техники и современных технологий», посвященной 45-летию ОшТУ(16-17 октября 2008 г.) г. Ош; МНТК «Актуальные проблемы механики горного машиноведения, развития науки и интеграции ВУЗов», посвященной 15-летию КУУ (17-18 апреля 2009 г), г. Ош; МНК «Рахматулинские чтения» (26-27 мая 2011 г.) г.Бишкек; МНПК «Инновации в области строительства и образования Кыргызской Республики» (12-13 ноября 2012г.) г. Бишкек; МНПК «Новый архитектурный облик Центральной Азии» (период с 1990 по 2012 гг.), (20-21 ноября 2012 г.) г. Бишкек; I Межд.межвуз.научно-прак.конф.-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (16-17 мая 2013 г.) г. Бишкек; МНПК «Насирдин Исанов–видный государственный деятель»,(1-2 ноября 2013.) г. Бишкек; МНПК «Образование, наука и культура–светлое будущее », (12-13 ноября 2013 г.) г. Ош; МНПК «Моделирование и оптимизация композитов к 80-летию В. А. Вознесенского», (23-24.04.2014) г. Одесса; на ежегодных проф.-преп. конференциях ОшТУ, НТС ОшТУ и КГУСТА им. Н. Исанова.

#### **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях**

По результатам диссертационной работы опубликовано 9 научных статей, в т. ч. в печатных изданиях Украины – 1. Изданы методические пособия к выполнению лабораторных, курсовых и дипломных проектов и получен патент на изобретение-RU №2887 от 18.02.2014 “Вяжущее”.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка литературы, включающего 133 наименования, в т. ч. 15 – на иностранных языках, содержит 168 стр. машинописного текста, 36 рисунков, 45 таблиц и приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** раскрывает и научно обосновывает актуальность и перспективы применения композиционных малоклинкерных вяжущих веществ из местного сырья и бетонов различного назначения на их основе.

Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и направления практической реализации результатов исследований.

**Первая глава** посвящена литературному обзору основных принципов рациональной технологии и составов композиционных вяжущих веществ и высококачественных бетонов и факторов, влияющих на их свойства, анализу сырьевых ресурсов Южного региона КР.

Исследованию свойств и совершенствованию технологии композиционных вяжущих и бетонов на их основе посвящены работы А.А.Абдыкалыкова, Ч.А. Аяпова, Ю.М. Баженова, В.Г. Батракова, Г.И. Горчакова, В.Д. Глуховского, Т.В. Кузнецовой, В.М. Курдюмовой М.Т. Касымовой, Р.В. Лесовик, А.А.Пашенко, М.М. Сычева, В.И. Соловьева и др.

Изучены способы механохимической активации дисперсных материалов, особенности структурообразования композиционных вяжущих в зависимости от химико-минералогического состава сырья, условий гидратации, технологических факторов.

В результате обобщения данных по совершенствованию качественных характеристик композиционных вяжущих и бетонов выдвинута рабочая гипотеза: использование химически активных заполнителей, комплексных модификаторов, композиционных вяжущих веществ способствует улучшению реологических свойств бетонной смеси и направленному структурообразованию с упрочнением контактной зоны заполнителя с вяжущим, с уплотнением структуры бетона и повышением его долговечности.

**Во второй главе** приведены физико-механические характеристики применяемых материалов и методы исследований.

В качестве цементной матрицы композиционных вяжущих веществ использовался Кантский портландцемент, представленный содержанием клинкерных минералов (в%):  $C_3S-61$ ;  $C_2S-17$ ;  $C_3A-6$ ;  $C_4AF-13$ .

Наполнителем в композиционные вяжущие использованы отходы камнеобработки (механогенные) известняка, гранита, глиежа, характеризующиеся различным химико-минералогическим составом и структурой.

Известняк представлен кальцитом,  $R_{сж}89$ МПа; плотность  $2650$ кг/м<sup>3</sup>; В-0,5-2,3%; твердость по шкале Мооса 4,5;  $P_0-0,74-4,21$ %; Гранит представлен кварцем, полевым шпатом, слюдой,  $R_{сж}=110-120$  МПа; плотность  $2600-3050$  кг/м<sup>3</sup>; В-0,3-0,4%; твердость по шкале Мооса 6,5-7;  $P_0-1,2$ %;

В составе бинарных наполнителей совместно с гранитом используется суглинок с содержанием глинистых минералов (30%); высокой карбонатностью (15-18%); загипсованностью, запесоченностью до 6% и глиеж влажностью 0,35%, твердостью 3-4.

В качестве модификаторов использовались С-3 ГОСТ 24211-2003; глениум, микрокремнезем и ХОСР (хвосты флотационного обогащения сурьмяных руд), который представлен частично аморфизированным кремнеземом и кальцитом.

Реологические свойства бетонной смеси определялись согласно ГОСТ 10181-14, прочность-ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» (СТСЭВ 3978-83), морозостойкость – ГОСТ 10060-95; истираемость –ГОСТ 13087-81.

Удельная поверхность материалов определялась на ПСХ -2.

Гидравлическая активность добавок по поглощению извести из насыщенного раствора «Определение активности минеральных добавок».

Адгезионная прочность цементного камня к поверхности заполнителей определялась методом растяжения образцов – восьмерок, содержащих в шейке квадратную пластинку из заполнителя.

Кинетика роста прочности структуры твердеющего пластически-вязкого тела (пластическая прочность) по методу погружения конуса в твердеющую массу.

Степень гидратации устанавливалась по химически связанной воде по потерям при прокаливании.

Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенографического, дифференциально-термического, растрово-электронно – микроскопического (РЭМ) методов.

**Третья глава** посвящена разработке составов и исследованию свойств композиционных цементных вяжущих.

Разработана схема, которая разделяет воздействие основных показателей наполнителя, вяжущей цементной матрицы и технологических процессов на свойства синтезированных композиционных вяжущих веществ. Согласно этой схеме проанализированы свойства тонкоизмельченных известняка, гранита, используемого цемента и обоснован выбор указанных материалов в качестве наполнителя в композиционные вяжущие вещества.

Для безотходного процесса обработки предусматривается изготовление крупного, мелкого заполнителя и наполнителя в композиционные цементные вяжущие из одноименной породы.

Исследована кинетика дробления гранитного щебня, характеризующегося равномернозернистой структурой. Установлено, что при механическом воздействии на породу разрушение происходит по контактам между минеральными агрегатами, в контактах между отдельными зернами и образуется высококачественный заполнитель. Физико-механические свойства каменных материалов, кристаллическая структура обуславливает степень дробления материала, морфологию образующихся частиц и гранулометрический состав заполнителей.

После часа дробления выход измельченной муки составляет 18,6%.

Поверхностно активные вещества (ПАВ) способствуют интенсификации измельчения прочного материала.



Методом ЭСМ рассчитана модель удельной поверхности гранитной муки при измельчении в зависимости от содержания ПАВ и длительности помола и построены их графические образцы:

$$Y=2633,3+58,3x_1-325x_1^2+958,3x_2-475x_2^2-37,5x_1x_2,(1)$$

где  $Y$ —удельная поверхность,  $\text{см}^2/\text{г}$ ;  $x_1$ — добавка, %;  $x_2$ —время помола, ч

Установлено, что при использовании С-3(0,05-0,15%) удельная поверхность измельченного гранита составляет свыше  $3000\text{см}^2/\text{г}$ .

Гидравлическая активность тонкоизмельченных материалов зависит от химико – минералогического состава, потенциала и наличия активных центров на поверхности при измельчении и деформации кристаллической решетки и составляет: глиеж-69,08; известняк молотый -24,13; молотый гранит -18,32 т.е они характеризуются достаточно значимыми величинами и при использовании в качестве наполнителей в композиционные цементные вяжущие вещества принимают участие в процессе гидратации, что обуславливает прочностные характеристики (рис. 1).

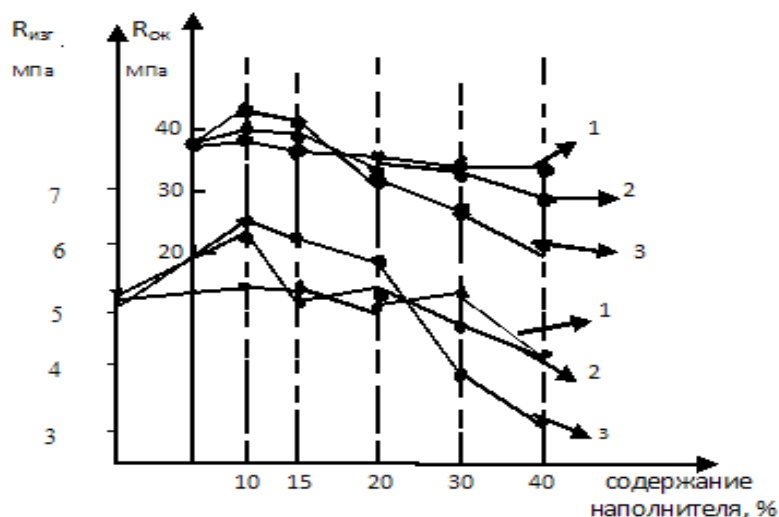


Рис. 1. Влияние наполнителей различного генезиса на прочность портландцемента при сжатии и при изгибе: 1— известковой муки; 2— глиежа; 3— гранитной муки.

Установлено, что при измельчении цемента с 40% известняка, 30% - глиежа, 20% гранита марочность снижается на порядок.

При совместном измельчении портландцемента с 30% известняка и 1% глинума получены ВНВ (вяжущие низкой водопотребности), характеризующиеся ускоренными темпами набора прочности. Период коагуляционного структурообразования сокращается на 30-60 мин, с увеличением адгезионной прочности структуры в 2-3 раза (табл. 1). Второй период кристаллизационного структурообразования характеризуется интенсивным ростом прочности (2-2,5 часа) материала.

Вяжущие характеризуются повышенной прочностью 37,4-48,1 МПа и рекомендуются для бетонов на рядовых марках цемента.

Прочность контактной зоны вяжущего с заполнителем является одним из важнейших условий повышения прочности бетона и характеризуется адгезионной прочностью композиционных вяжущих (рис. 2).

У известкового цемента, с содержанием добавки до 20 % повышается адгезионная прочность до 0,32 МПа, т.к. при реакции кальцита с алюмосодержащими фазами клинкера основным продуктом гидратации является гидрокарбоалюминат кальция (ГКАК) состава  $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ , который способствует достаточному сцеплению вяжущего с поверхностью заполнителя.

Таблица 1– Характеристики ВНВ-70

№ п/п	Вид вяжущего	НГ, %	Удельная поверхность, $S \text{ см}^2/\text{г}$	Пластич. прочность в конце схватывания, $R_{пл}$ , МПа	Прочность образцов $R_{сж}$ , твердевших в Н.У. МПа			Прочность образцов $R_{сж}$ , после ТВО по режиму, МПа	
					1	3	28	I	II
1.	П/ц М 400 исходный	24,0 %	3200	0,49	5,4	12,5	33,6	24,01	18,3
2.	Известковый п/ц	23,0 %	3100	0,61	7,3	14,6	36,5	26,1	19,2
3.	Известковый п/ц +1% глиениум ВНВ -70	16,5 %	3200	0,7	7,8	14,9	37,4	26,64	29,2
		18,5 %	4500	0,75	8,3	16,6	41,4	34,44	34,8
		18,5 %	4800	0,8	8,8	19,2	48,1	31,14	31,3

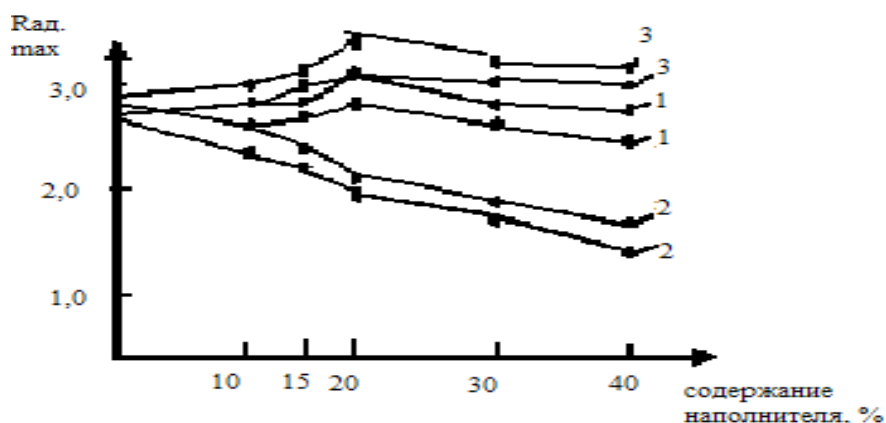


Рис. 2 Адгезионная прочность композиционных цементных вяжущих с поверхностью заполнителя: 2, 2 – адгезионная прочность гранитосодержащего цемента; 1, 1 – известкового портландцемента; 3, 3 – глиежсодержащего портландцемента.

Цемент с добавкой глиежа характеризуется более высоким сцеплением с поверхностью заполнителя, что обусловлено свойствами глиежа, обладающего отчетливо выраженными адсорбционными структурообразующими свойствами, что улучшает адгезию к различным поверхностям, ликвидируя усадочные деформации.

В контактной зоне образуются гидросиликаты тоберморитоподобного типа, а также гидрогранаты с повышенным содержанием SiO<sub>2</sub>. Остроугольные кристаллы гидрогранатов и волокнистые гидросиликаты CSH(B) при переплетении между собой, а также с клинкерными минералами создают монолитный сросток. Поэтому даже при содержании глиежа в цементе до 40 % адгезионная прочность цемента остается выше ее значения бездобавочного цемента (0,35 МПа).

Для регулирования деформационных свойств композиционных вяжущих с наполнителями из твердых пород в состав цемента совместно вводили глинистый компонент.

Обладая химическим и структурным сродством с гидратными новообразованиями вяжущего, добавки глини являются подложкой, на которой конденсируются гидраты, образуя пространственную коллоидную структуру внутри основной пространственной структуры из частичек цементного клинкера, покрытых гидратными новообразованиями.

Глинистый компонент пластифицирует цементноводные дисперсии, уменьшает деструктивные явления, увеличивает количество гелеобразных масс, армированных кристаллическими образованиями портландцемента.

С использованием ЭСМ оптимизированы составы композиционных вяжущих с комплексным модификатором (гранит +суглинок).

При этом получены уравнения моделей основных свойств композиционных вяжущих:

$$Y(\text{НГ})=23,689-0,03x_1-1,033x_1^2+0,007x_1x_2-0,02x_2-0,325x_2^2 \quad (2)$$

$$Y(\text{R}_{\text{изг}})=2,629-0,983x_1+1,157x_1^2+0,095x_1x_2-0,153x_2-0,265x_2^2 \quad (3)$$

$$Y(\text{R}_{\text{сж}})=11,562-6,335x_1+6,792x_1^2+0,568x_1x_2+0,187x_2+2,317x_2^2 \quad (4)$$

Модели свойств композиционных вяжущих веществ, где совместно с гранитом используется глиеж представлены ниже:

$$Y^1(\text{НГ})=23,544+0,5x_1+0,933x_1^2+0,375x_1x_2-0,05x_2-0,717x_2^2 \quad (5)$$

$$Y^1(\text{R}_{\text{изг}})=3,721-0,380x_1+0,263x_1^2+0,087x_1x_2-0,035x_2-0,312x_2^2 \quad (6)$$

$$Y^1(\text{R}_{\text{сж}})=21,522-3,262x_1-1,298x_1^2+0,922x_1x_2-0,255x_2-23,798x_2 \quad (7)$$

С использованием гранитной муки (X<sub>1</sub>=10-12 %) и суглинка (X<sub>2</sub>=5-15 %), или глиежа (8-10%) получены композиционные вяжущие прочностью (R<sub>сж</sub>=24 МПа) при ТВО, что соответствует М 400, т.е. марке исходной цементной матрицы.

Результаты гидратации композиционных вяжущих с гранитом изучены физико- химическими методами исследования (рис. 3 и4).

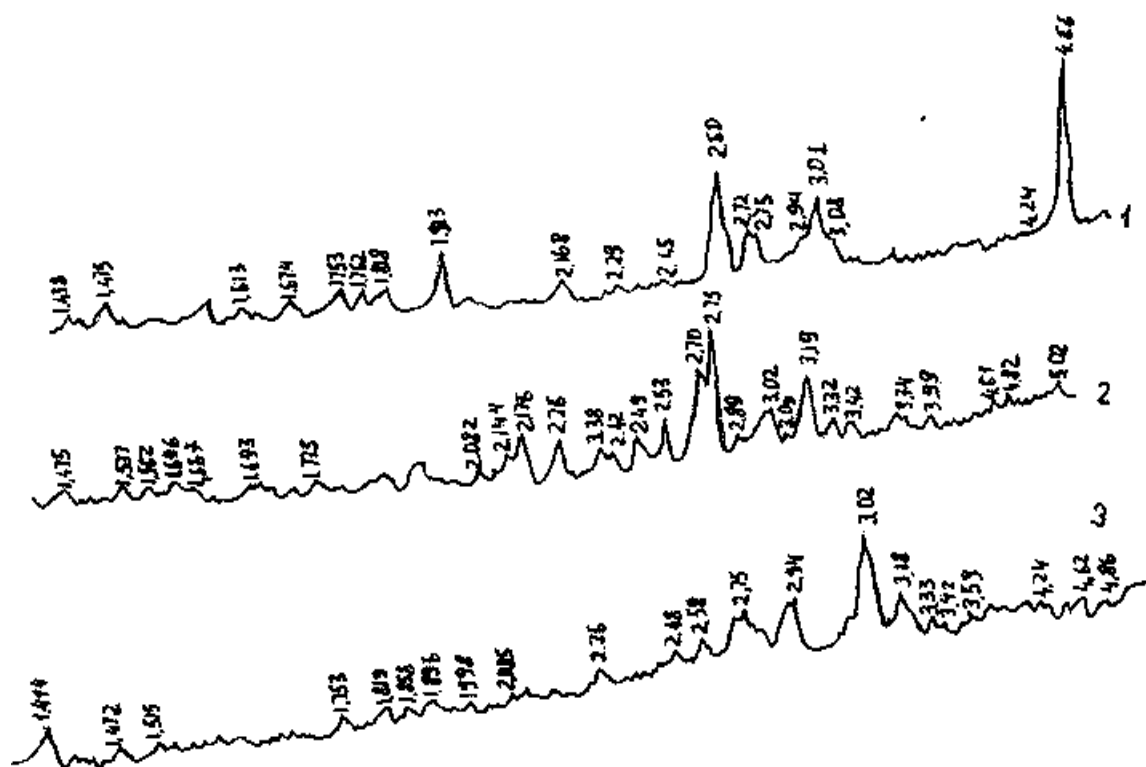


Рис.3. Дифрактограммы образцов продуктов гидратации: 1-чистого портландцемента; с содержанием гранитной муки; 2-10 %, 3-20 %.

На дифрактограммах цемента с гранитом (рис. 4) наблюдаются отражения волокнистых гидросиликатов типа CSH(B) с  $d=1,83$ ;  $2,75$ ;  $3,02$ , а также низкоосновных гидросиликатов кальция с  $d= 1,537$ ;  $1,66$ ;  $1,83$ ;  $2,25$ ;  $2,77$ ;  $2,94$ ;  $3,02$ , которые характеризуются более высокими прочностями, что подтверждает упрочняющее воздействие гранита на портландцемент.

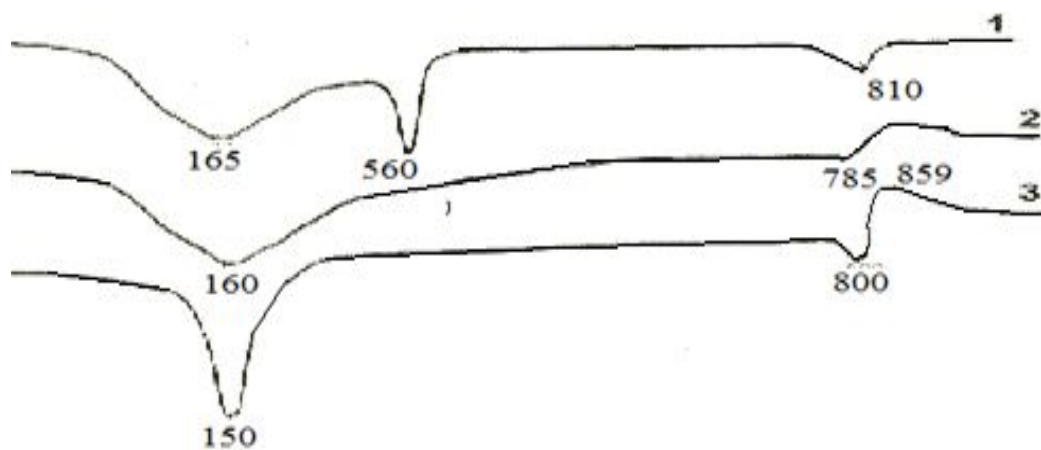


Рис. 4. Дифференциально-термический анализ продуктов гидратации: 1-чистого портландцемента; с содержанием сложного наполнителя гранитной муки и суглинка; 2- (гранитной муки 10 %+ суглинков 5%), 3- (гранитной муки 20 %+ суглинков 5%)

Дифференциально-термические исследования подтверждают активность гранита по отношению к клинкерным минералам. Эндотермический эффект при 560<sup>0</sup>С, характерный для Са(ОН)<sub>2</sub> исчезает в продуктах гидратации цемента с гранитом. Возникновение тоберморитоподобной фазы подтверждается наличием глубокого эндоэффекта при 150<sup>0</sup>С, а экзоэффект при 855...860<sup>0</sup>С показывает образование волокнистых гидросиликатов кальция типа CSH(V). С повышением количества гранита указанные процессы усугубляются.

**Четвертая глава** посвящена разработке составов бетона на основе композиционных цементных вяжущих и местных заполнителей различного химико – минералогического состава.

Разработаны составы тяжелого бетона М200 на основе композиционных цементных вяжущих веществ и заполнителях, одноименных с наполнителями в цемент, прочностные характеристик которых обусловлены особенностями гидратации смешанных вяжущих.

По степени гидратации можно судить об особенностях гидратации смешанных цементов в бетоне.

Количество связанной воды в процессе твердения бетона на основе смешанных вяжущих (известковых:13,3; 16,8; 21,67; гранитных:14,8; 18,2; 21,2) превышает ее количество в образцах на основе портландцемента во все сроки твердения (12,4; 16,3; 20,5). Это свидетельствует о более полной гидратации клинкерных минералов, содержащихся в составе смешанных вяжущих, т.к. цемент подвергался более тонкому измельчению.

Степень гидратации цемента в образцах повышается равномерно.

Через год твердения, степень гидратации у образцов на портландцементе ниже (84,5%), чем у образцов на основе смешанных вяжущих (86,2). Наиболее высокая степень гидратации у образцов на основе гранит содержащих вяжущих (89,6%).

Увеличение количества химически связанной воды в растворной части бетона и степени гидратации на основе смешанных вяжущих обусловлено тем, что в составе смешанного вяжущего уменьшается количество цементной матрицы, поэтому избыточное количество влаги, адсорбируется на поверхности наполнителя и создает благоприятные условия для протекания дальнейшей гидратации.

Адсорбционное связывание значительного количества воды в процессе увеличения поверхности «твердая фаза-жидкость» на поверхности наполнителя в сильной степени сказывается не только на плотности структуры бетона, но и на формирование его структуры в ходе самоуплотнения в процессе его твердения. В более поздние сроки, когда практически физико-механическая влага связалась в кристаллогидраты, процесс гидратации протекает за счет адсорбционно-связанной влаги.

Наличие адсорбционной влаги в твердеющем бетоне, степень измельчения цементной матрицы способствует более полной гидратации и образованию более плотной структуры материала.

Увеличение степени гидратации вяжущих и содержания количества химически связанной влаги в процессе дальнейшего твердения приводят к повышению плотности цементного камня, вследствие увеличения объема твердой фазы. Чем глубже прогидратировались цементные зерна, тем прочнее и плотнее цементный камень, что и определяет повышенные физико-механические свойства.

Прочность бетона обусловлена также адгезионной прочностью сцепления между вяжущим и активным заполнителем, на которую влияет качественный и количественный состав контактной зоны, которая обусловлена химико-минералогическим составом природного и цементного камней, их структурой и условий твердения.

При использовании известкового заполнителя и известковосодержащих цементов повышается подвижность смеси и адгезионная прочность вяжущего к заполнителю. Карбонатные породы характеризуются прочностью сцепления 0,19-0,28 МПа, гранит-0,12-0,13 МПа. Сцепление цемента с поверхностью заполнителя обусловлено их химической активностью, химико-минералогическим составом, структурой. Вследствие взаимодействия  $\text{CaCO}_3$  с составляющими цемента в контактной зоне образуется гидрокарбоалюминат кальция:  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ .

Состав контактной зоны с гранитным заполнителем представлен гидросиликатами кальция разной степени основности, гидрогранатами, известковощелочными гидросиликатами.

Содержание в составе смешанных цементов одноименных наполнителей, обуславливают повышение адгезии цемента к поверхности заполнителя благодаря эпитаксии.

Электронная микрофотография с поверхности контактного слоя цементного камня с гранитным и карбонатным заполнителем (рис.5) показывает, что в центре микрофотографии (а) контактного слоя гранита с цементным камнем видна песчинка, окруженная продуктами гидратации цемента в виде кристаллов призматического вещества, заполняющих свободные пространства. На электронной микрофотографии (б) с карбонатным заполнителем видна структура карбонатного слоя, представленная крупными ромбоэдрическими кристаллами кальцита и плотно упакованными и ориентированными пластинками гидрокарбосоединений кальция. Показано очертание кристаллов кальцита, объем которых заполнен пластичными кристаллами гидрокарбоалюмоферрита кальция.

При использовании в бетоне композиционных вяжущих снижается воздухоовлечение и наблюдается ускорение темпов набора прочности в сравнении с образцами, изготовленными на обычном портландцементе, в связи с чем снижается температура и длительность тепловой обработки. На основании экспериментов предложен режим тепловой обработки 2-4-2 при  $t$  45<sup>0</sup>С.

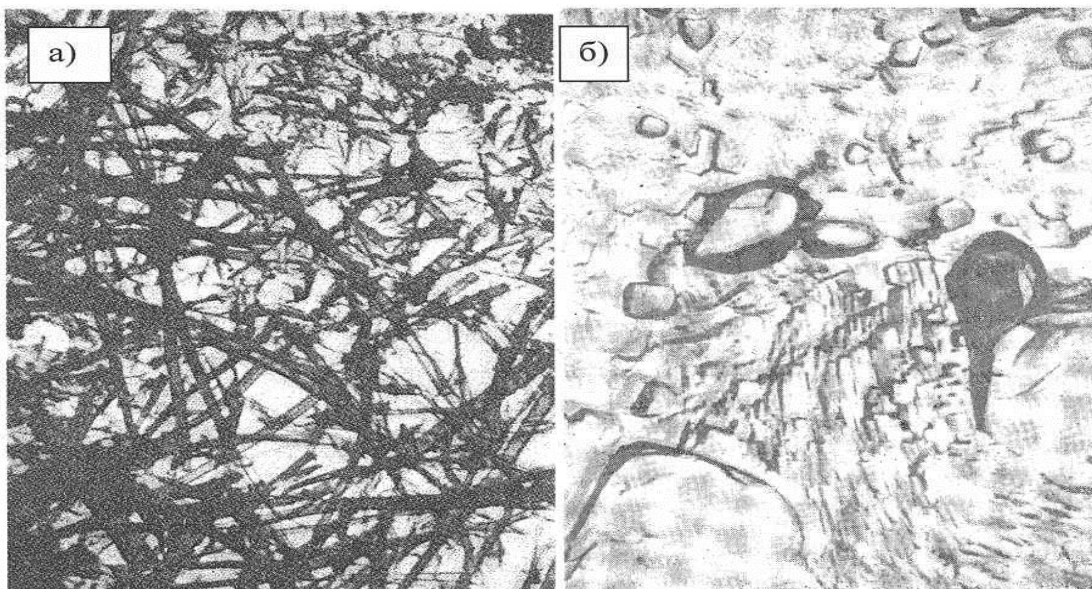


Рис. 5. Электронная микрофотография поверхности контактного слоя цементного камня: а) гранитным заполнителем; б) с карбонатным заполнителем (увеличен в 18000 раз)

Бетоны характеризуются М200, (В 15), Мрз 100, В 8. При этом экономия портландцемента на 1 м<sup>3</sup> бетона составляет свыше 15%.

Разработаны модифицированные бетоны с использованием в процессе изготовления бетонной смеси пластификаторов совместно с кремнеземсодержащим компонентом ХОСР (отходы сурьмяного производства)

Добавка в бетонную смесь до 1% глениума повышает подвижность и гомогенность смеси. Осадка конуса составляет 11,5 см. Прочность образцов с глениумом, твердевших в НУ (22,6 МПа), выше бездобавочного бетона (19,6 МПа). При совместном использовании микрокремнезема (5%) с глениумом (1%) прочность повышается (29,7 МПа).

При гидратации цемента в обычных условиях в структуре цементного камня образуется до 40% портландита, крупнокристаллической гидроксида кальция, легко растворяющейся в воде (1,65 г/л при 20<sup>0</sup>С), обладающей низкой прочностью и твердостью 2. При использовании ХОСР, состоящего из аморфизированного кремнезема взаимодействие с Са(ОН)<sub>2</sub> идет на границе микро- и макро- пористости образца и способствует снижению дефектности структуры, образованию мелкокристаллической структуры и значительному повышению эксплуатационных и прочностных характеристик бетона, с образованием низкоосновных гидросиликатов.

При замене микрокремнезема кремнеземсодержащим отходом (ХОСР) также происходит значительный эффект упрочнения.

Используя химически активные заполнители, пластифицирующие добавки (до 1 %) совместно с активными кремнеземсодержащими отходами, получены модифицированные бетоны, структура которого характеризуется повышенной прочностью и плотной контактной зоной цементного камня с заполнителем.

Использование кремнеземсодержащей добавки до 15% взамен портландцемента с 1% пластификатора способствует повышению удобоукладываемости бетонной смеси, ее гомогенизации, дальнейшему направленному структурообразованию бетона, повышению его прочностных характеристик (на 25%), снижению расхода цемента, утилизации промышленного отхода и снижению себестоимости продукции.

На основе композиционных известковых вяжущих веществ (КИВ) с использованием природного (П) и дробленого известкового песков И<sub>п</sub> был получен мелкозернистый бетон.

Путем регулирования соотношения фракций были получены пески, которые характеризовались наибольшей насыпной плотностью 1690 кг/м<sup>3</sup> и 1750 кг/м<sup>3</sup>; модулем крупности 2,3 (I); 2,5 (II); удельной поверхностью 39,6 см<sup>2</sup>/г и 49,5 см<sup>2</sup>/г; пустотностью: 34,3 и 39,6%.

Получен МЗБ на основе фракционированных (2,3), нефракционированных (4) и дробленных песков (5)(табл. 2).

Таблица 2- МЗБ на портландцементно-композиционных вяжущих и природном песке состава 1:1

№ п/п	Наименование состава	В/Ц	Подвижность	Плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Прочность R <sub>сж</sub> , МПа	
					ТВО	Н.У.28 сут.
1	Ц:П	0,30	107	2300	22,8	35,2
2	Ц:П (фр. I)	0,28	115	2390	28,9	41,3
3	Ц:П (фр. II)	0,27	114	2350	31,01	44,3
4	КИВ:П	0,32	108	2330	20,3	29,0
5	КИВ:Ип	0,30	106	2200	17,1	26,8

МЗБ на основе ПЦ М400 и природном песке характеризуется прочностью 35,2 МПа при твердении вНУ.

Составы 2 и 3 отличаются фракционированной гранулометрией песков и отличаются повышенной прочностью 41,3-44,3 МПа, максимальной упаковкой зерен песка, удельной поверхностью заполнителя, влияющей на водопотребность смеси и площадь сцепления зерен заполнителя с цементной матрицей. Образцы на известковых композиционных вяжущих и природном песке, характеризуются прочностью 29,0 МПа, а на дробленных песках 26,8 МПа.

При использовании композиционных вяжущих (КИВ) и, как природных, так и дробленных песков, прочность образцов МЗБ состава 1:1; 1:2 достаточно высокая и соответствует М300 (1:1); М150 (1:2), F 200; истираемостью 0,16-0,18 г/см<sup>2</sup>.

На рис. 6 приведена технологическая схема по производству композиционных вяжущих веществ и изделий на их основе



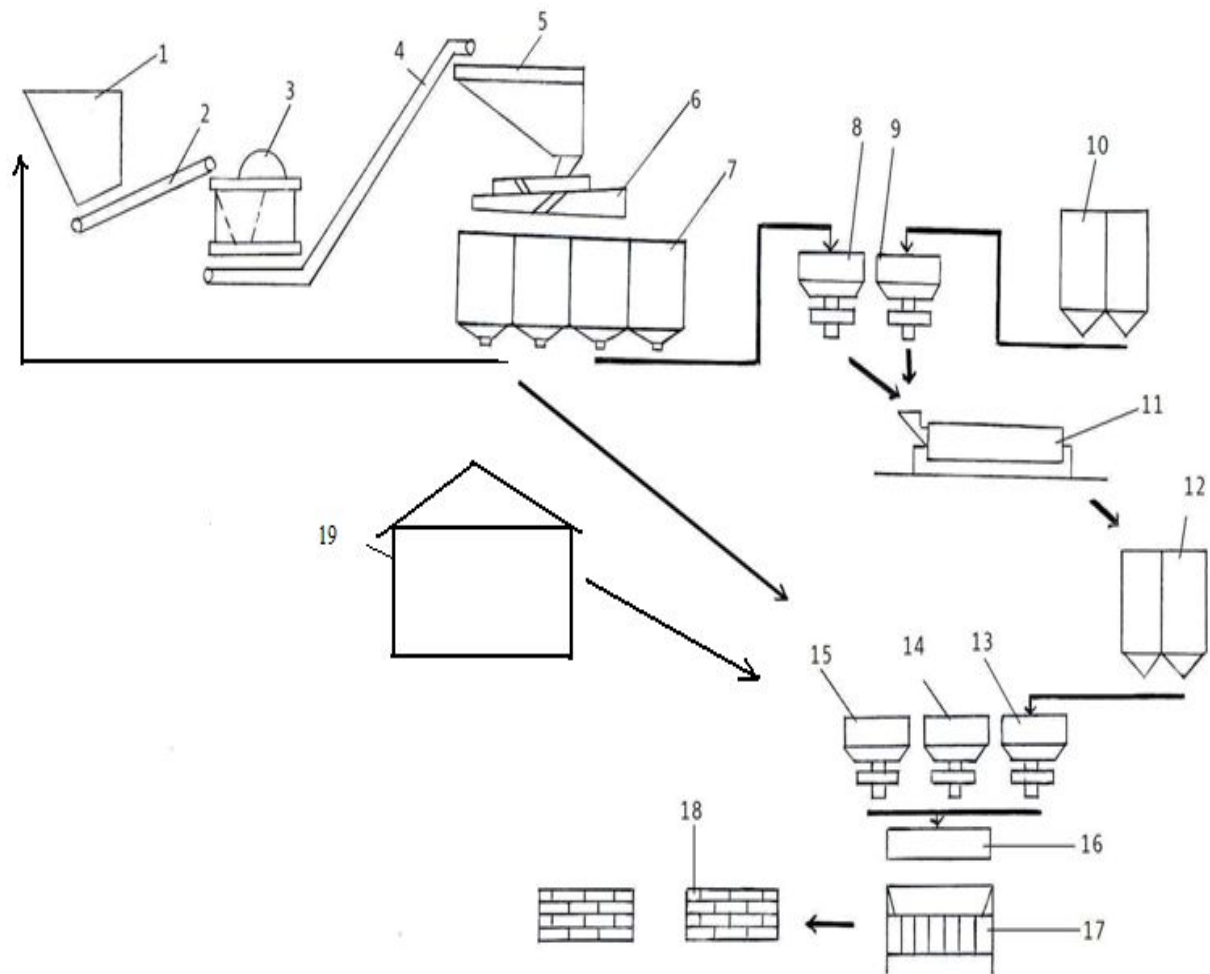


Рис.6 Технологическая схема производства композиционных вяжущих веществ и изделий на его основе. 1- приемный бункер; 2-4-ленточный транспортер; 3- щековая дробилка; 6-грохот; 7-силосы для разных фракций; 8-бункер с питателем; 9-бункер цемента с питателем; 10-силос для хранения цемента; 11-шаровая мельница; 12-силос для композиционных вяжущих; 13-бункер для вяжущего с питателем; 14- бак для воды и химических добавок с дозатором; 15-бункер для заполнителя; 16-бетономешалка; 17-вибропрессовочная установка для формования брусчаток; 18-склад готовой продукции; 19-промежуточный склад для песка.

**В пятой главе** приведены результаты испытаний композиционных вяжущих веществ в промышленных условиях и выполнен расчет экономической эффективности от внедрения разработанной ресурсосберегающей технологии.

В условиях производства АО «Каухар-Таш» получены композиционные гранит содержащие вяжущие вещества (КГВВ), которые отвечают требованиям ГОСТ 10178-85.

В ОсОО ЖБИ БС изготовлена партия тротуарных брусчаток из мелкозернистого бетона на основе композиционных цементных вяжущих.

Экономический эффект от разработанной технологии:

а) при условии выпуска КГВВ 10000т в год экономический эффект составит 3818000 сом.

б) при условии выпуска брусчатки 1000000 шт. в год экономический эффект составит 1150000 сом.

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ:**

1. Разработана ресурсосберегающая технология изготовления мелкоштучных изделий на основе композиционных цементных вяжущих из модифицированного мелкозернистого бетона (МЗБ), характеризующегося повышенными эксплуатационными свойствами.

2. При совместном измельчении цемента, пластифицирующей добавки с известняком получены вяжущие низкой водопотребности, характеризующиеся НГ 16,5-18,5%, ускоренными темпами набора прочности, позволяющими изготавливать изделия на их основе по короткому режиму ТВО при пониженной температуре или без него.

3. При совместном использовании глинистого компонента и прочной каменной породы в составе композиционных цементов устраняются деструктивные процессы, происходящие при гидратации клинкерных минералов, повышаются плотность упаковки гидратированных зерен цемента и адгезионные связи вяжущего с заполнителем.

С использованием ЭСМ оптимизированы составы и свойства композиционных вяжущих с комбинированным наполнителем (гранитной мукой ( $X_1=10-12\%$ ) и суглинком ( $X_2=5-15\%$ )), которые характеризуются прочностью, соответствующей марке исходной цементной матрицы.

4. Композиционные вяжущие с содержанием глиежа характеризуются повышенной адгезией к различным поверхностям ( $R_{изг}$  выше 3 МПа), пониженными усадочными деформациями, т. к. глиеж обладает отчетливо выраженными адсорбционными и структурообразующими свойствами. В контактной зоне глиежсодержащих – цементов с заполнителями образуются волокнистые гидросиликаты тоберморитоподобного типа и остроугольные кристаллогидрогранаты с повышенным содержанием  $SiO_2$ , которые при переплетении между собой и с клинкерными минералами создают монолитный сросток.

5. Использование химически активных заполнителей, пластифицирующих добавок (до 1%) совместно с активными кремнеземсодержащими отходами способствует повышению реологических свойств смеси и направленному структурообразованию, и получению бетона, характеризующегося плотной структурой с прочной контактной зоной, повышением его прочностных характеристик и снижением расхода цемента.

6. При использовании крупного дробленого известкового песка и композиционного известкового вяжущего с химической добавкой происходит

оптимизация микроструктуры цементного камня и макроструктуры МЗБ за счет регулирования пластичности цементного теста с образованием насыщенного цементного геля, обволакивающего зерна наполнителя с образованием при твердении плотного и прочного конгломерата.

7. Разработка технологии композиционных малоклинкерных цементов, полученных с использованием микронаполнителей из отходов камнеобработки карбонатных пород, гранита, гниежа и модифицированных бетонов с использованием кремнеземсодержащих отходов сурьмяного производства, является решением экологических проблем очистки и охраны окружающей среды, расширения сырьевой базы, экономии цементных вяжущих и снижения себестоимости продукции.

8. На основе разработанной технологии выпущена опытная партия композиционных вяжущих веществ, тротуарных брусчаток, по физико-механическим характеристикам соответствующая требованиям ГОСТ 17608-91, ТУ 5716-001-208130-2000.

При условии выпуска композиционных гранитсодержащих вяжущих веществ 10000 т в год экономический эффект составит 3818000 сом.

#### **Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах:**

1. Мамытов А.С. Экспериментально-теоретические исследования смешанных малоклинкерных вяжущих и особенности их структурообразования на основе местных ресурсов юга Кыргызстана [Текст] / Б.М. Сеитов, А.С. Мамытов // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2009. – №2. – С.9-15.
2. Мамытов А.С. Перспективы и развитие цементного производства в Кыргызской Республике [Текст] / Б.М. Сеитов, А.С. Мамытов // Наука, образование, техника КУУ – Ош, 2009. – №1/2. – С. 142-148.
3. Мамытов А.С. Влияние глинистой составляющей на свойства композиционных вяжущих [Текст] / А.С. Мамытов // Известия ОшТУ.– Ош, 2010. – №1. – С. 79-84.
4. Мамытов А.С. Разработка создания малоклинкерных композиционных вяжущих веществ на основе местных сырьевых ресурсов юга Кыргызстана /А.С. Мамытов // Известия ОшТУ. – Ош, 2010. – №2. – С. 55-59.
5. Мамытов А.С. Влияние структурных особенностей каменных материалов на физико-механические свойства заполнителей. /А.С. Мамытов // Известия ОшТУ. – Ош, 2012. – №1. – С. 88- 94.
6. Мамытов А.С. Влияние отходов камнеобработки на свойства портландцемента /А.С. Мамытов // Известия ОшТУ. – Ош, 2010.– №2. – С. 153-159.

7. Мамытов А.С. Влияние материалов различного химико-минералогического состава на свойства портландцемента /А.К. Абдылдаева, А.С Мамытов // Материаловедение МУИТ. –Бишкек, 2013. – №1. – С.93-96.
8. Мамытов А.С. Композиционные цементные вяжущие с глиежом и глинистым добавкой. /А.С. Мамытов // Инженер ИА КР. – Бишкек, 2013. – №1. – С.153-159.
9. Мамытов А.С. Оптимизация состава малоклинкерного композиционного вяжущего. / Г. А. Джусупова, А.С. Мамытов // Научный и информационный журнал МОК Одесская госуд. акад. строит. и архит.,– Одесса, 2014. – №1.– С. 17-21.
10. Вяжущее [Текст]: Патент КГ № 1716 Кыргызской Республики, С04В 7/28 / Мамытов А.С./ заявитель и патентообладатель /Омурбеков И.К., Мамытов А.С., Иманалиева Д.А./ №20140019.1; заявл. 18.02.2014; опубл. 31.03.2015, Бюл. №3.

Мамытов Акпарали Сыдыковичтин 05.23.05 – курулуш материалдары жана буюмдары адистиги боюнча «Кыргыз Республикасындагы жергиликтүү чийки заттарды колдонуу менен композиттүү аз клинкердүү чапташтыргыч затты жана анын негизиндеги бумдардын технологиясын иштеп чыгуу» аттуу темада техника илимдеринин кандидаты окумуштуулуук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

### **КОРУТУНДУСУ**

Негизги создор: майдалоо жөндөмдүүлүгү, беттик жайылуусу, түзүлүштүн пайда болуусу, гидратация, толуктагыч, гидросиликат, гидравликалык жөндөмдүүлүк, адгезиялык бышыктык, тийишүү аймагы, реология, суу талап кылуусу, пластификатор, катуулануу шарты.

Бул жумуш бышык таш тегиндеги толуктагычтар менен композиттүү чапташтыргыч зат жана анын негизинде модифицирленген бетон буюмдарын алуу үчүн ресурсүнөмдөөчү технологиясын иштеп чыгуусуна арналат. Активдүү толуктагычтарды, композиттүү цемент чапташтыргычын пайдаланып, пластификациялык компонент менен бышык таш материал толуктагычын механо-химиялык активдештирүүнүн жолу менен алынуусу бетон аралашмасынын чыныгы касиетин жогорулатуусун жөнгө салат жана тыгыздалган синтездөөнүн жана бышык конгломерат менен түзүлүш пайда болуусу багытталат, пайдалануу мүнөздөмөсүн жана узак убакытка чыдамдуулугунун жогорулашына өбөлгө түзөт.

Өндүрүштүк шартта композиттүү чапташтыргычы чыгарылды, ал пайдалануу мүнөздөмөсүн жогорулатуусу менен бирге майда дааналык буюмдарды чыгарууда өндүрүлгөн буюмдун өздүк наркын жогорулатылган эксплуатациялык мүнөздөгү колдонулушу, цементти үнөмдөөгө өбөлгө түзөт

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Мамытова Акпарали Сыдыковича на тему «Разработка технологии композиционных малоклинкерных вяжущих веществ и изделий на их основе с использованием местного сырья Кыргызской Республики» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05- Строительные материалы и изделия**

*Ключевые слова: размалываемая способность, удельная поверхность, структурообразование, гидратация, наполнитель, гидросиликат, гидравлическая активность, адгезионная прочность, контактная зона, реология, водопотребность, пластификатор, условия затвердения.*

Работа посвящена разработке ресурсосберегающей технологии получения изделий из модифицированных бетонов на основе композиционных вяжущих веществ с наполнителем из прочных каменных пород. Использование активных заполнителей, композиционных цементных вяжущих, полученных путем механо-химической активации наполнителей из прочных каменных материалов с пластифицирующим компонентом способствует повышению реологических свойств бетонной смеси и направленному структурообразованию с синтезом плотного и прочного конгломерата, обуславливающего повышенные эксплуатационные характеристики и долговечность.

В производственных условиях выпущена опытная партия композиционных вяжущих, которая использована при выпуске мелкоштучных изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками, что способствует экономии цемента и снижению себестоимости продукции.

## SUMMARY

**Thesis Mamytov Akparali Sydykovich on "Development of maniklinkernyh composite binders and wakes technology based on them using local raw materials of the Kyrgyz Republic" for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.23.05- Building materials and wakes**

*Key words: grind ability, specific surface area, structure, hydration, filler, hydrous, hydraulic activity, adhesion strength, the contact zone, rheology, water demand, plasticizer, curing conditions.*

The work is dedicated to the development of technology of products from modified concrete, based on composite binders filled with solid rock. The use of active fillers, composite cementitious binders obtained by mechano-chemical activation of fillers from durable stone materials with a plasticizing component, which contributes to the rheological properties of the concrete mix and the directed structure formation with the synthesis of dense and durable conglomerate, which causes an increase in performance and durability. A pilot batch of composite binders was produced in industrial environment, which was used in the release of small sized wares with high exploitation characteristics, saving cement and loving production costs.

**Мамытов Акпарали Сыдыкович**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАЛОКЛИНКЕРНЫХ  
ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И ИЗДЕЛИЯ НА ИХ ОСНОВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МЕСТНОГО СЫРЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

Редактор *С.Е. Аксененко*

Подписано в печать 18.05.2015.  
Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.  
Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Тираж 150 экз. Заказ 59

---

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры