

Месяник Юлия Владиславовна



СМЕШАННОЕ ВЯЖУЩЕЕ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ШЛАМА  
ВОДОУМЯГЧЕНИЯ ДЛЯ СУХИХ ШТУКАТУРНЫХ СМЕСЕЙ

05.23.05. - Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Работа выполнена в Казанской государственной архитектурно-строительной академии

Научный руководитель - кандидат технических наук,  
доцент Н.В. Секерина

Научный консультант - член-корреспондент РААСН,  
доктор технических наук,  
профессор Р.З. Рахимов

Официальные оппоненты: академик РААСН, доктор  
технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ,  
почетный строитель РФ  
Ю.А. Соколова;  
кандидат технических наук,  
доцент В.С. Изотов

Ведущая организация: ОАО «Татагропромстрой»

Защита состоится « 9 » Декабря 2003 г. в 14<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета К212.077.01 в Казанской государственной архитектурно-строительной академии по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, КГАСА, корпус Института транспортных сооружений, ауд. В-209

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанской государственной архитектурно-строительной академии

Автореферат разослан « 14 » ноября 2003 г.

Отзывы на автореферат диссертации в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, Казанская государственная архитектурно-строительная академия, диссертационный совет К212.077.01



• 01102\*

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
К 212.077.01  
кандидат технических  
наук, доцент

А.М. Сулейманов

## Актуальность работы

Общемировой тенденцией развития строительной отрасли является в настоящее время решение проблем энерго-, ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Изменившаяся в России экономическая ситуация вызвала необходимость переоценки материально-сырьевой базы стройиндустрии с целью рационализации ее использования. Многолетний опыт зарубежных фирм и в последние десятилетия - отечественных производителей, показывает, что одним из путей достижения этой цели является создание новых, более эффективных по сравнению с традиционными, строительных материалов, в том числе и сухих строительных смесей.

В Республике Татарстан задача развития производства сухих строительных смесей ставилась в Постановлении Кабинета Министров РТ №33 от 19.01.1996 «О приоритетных направлениях структурной перестройки базы стройиндустрии РТ в условиях рыночных отношений». Однако в настоящее время она еще не решена.

Во многих регионах России уже созданы и успешно работают! предприятия, производящие сухие смеси различного назначения. При этом наибольший объем производства и потребления приходится на долю сухих штукатурных смесей на основе серийно выпускаемых товарных портландцементов марок 400, 500, что приводит к перерасходу вяжущего, а в сочетании с дорогостоящими импортными добавками - к существенному их удорожанию.

Особую остроту вопросы экономии портландцемента имеют в регионах, не имеющих собственного производства этого вяжущего, к числу которых относится и Республика Татарстан. Вместе с тем в энергетической отрасли республики имеется крупнотоннажный побочный продукт, содержащий в своем составе значительное количество карбоната кальция - шлам водоумягчения, образующийся на ТЭЦ при известковании воды. Ежегодно только на одной ТЭЦ в шлам - отстойниках собирается около 5 тыс. тонн шлама, который не находит дальнейшего применения, отвозится на свалку и создает экологическую проблему. Доступность в больших объемах, простота переработки, соответствующий и постоянный химический состав шлама водоумягчения позволяют предположить возможность его использования в качестве полноценного заменителя природных минеральных наполнителей при получении смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей.

Экономическая эффективность при этом может достигаться за счет следующих факторов:

- снижения ввоза товарных портландцементов и сокращения транспортных расходов;
- возможности получения вяжущего не только на цементных заводах, но и на установках местных предприятий стройиндустрии;

- экономии природных ресурсов и расширения местной сырьевой базы для получения наполнителей смешанных вяжущих;
- расширения номенклатуры смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей;
- использования побочных продуктов производства и решения экологической проблемы, уменьшения отводов земель под карьеры и отвалы.

В связи с этим комплексная задача получения смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей на основе товарного портландцемента и карбонатного шлама водоумягчения ТЭЦ, экономии цемента и утилизации одного из побочных продуктов энергетической отрасли промышленности является актуальной.

Работа выполнялась в рамках хоздоговора «Разработка эффективных строительных материалов и технологий на основе нерудного сырья Республики Татарстан» по теме №32/84-01.

#### Цель и задачи исследований.

Целью настоящей работы является разработка рациональных составов и исследование свойств смешанных вяжущих с карбонатной добавкой на основе шлама водоумягчения ТЭЦ для сухих штукатурных смесей.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- определить влияние содержания и тонкости помола наполнителя из шлама водоумягчения на физико-технические свойства цементного теста и цементного камня;
- установить возможность регулирования свойств наполненных цементных композиций введением суперпластификатора С-3 и определить его оптимальное количество;
- определить рациональные составы смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей;
- определить влияние наполнителя из шлама водоумягчения на процессы гидратации и структурообразования цементного камня из смешанного вяжущего;
- изучить влияние условий и длительности хранения смешанного вяжущего на его физико-технические свойства и установить оптимальные сроки хранения;
- разработать составы сухих штукатурных смесей на основе смешанного вяжущего и исследовать их основные строительно-технологические свойства;
- разработать технические требования к шламу водоумягчения ТЭЦ для получения наполнителя смешанных вяжущих и технологический регламент на производство смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей.

#### Научная новизна работы

- на основании установленного комплекса зависимостей, характеризующих взаимосвязь состава, структуры, свойств и технологии получения наполненных

цементных композиций, разработано новое смешанное вяжущее на основе товарного портландцемента и шлама водоумягчения ТЭЦ;

- установлено влияние наполнителя из шлама водоумягчения на формирование ранней прочности образцов цементного камня и растворов на смешанных вяжущих в зависимости от минералогического состава исходного портландцемента;

- установлено влияние наполнителя из шлама водоумягчения на водоотделение товарных портландцементов и показана возможность применения его в качестве водоудерживающей добавки;

- впервые получены математические модели, описывающие совместное влияние тонкости помола, содержания шлама водоумягчения и суперпластификатора С-3 на изменение физико-технических свойств смешанного вяжущего и оптимизированы его составы;

- исследованы особенности процессов гидратации и структурообразования цементного камня в присутствии наполнителя из шлама водоумягчения и суперпластификатора С-3;

- методом рентгенофазового анализа установлено, что введение наполнителя из шлама водоумягчения приводит к повышению степени гидратации клинкерных минералов, увеличению количества гидросиликатов кальция и образованию гидрокарбоалюминатов кальция в результате взаимодействия кальция с продуктами гидратации алюмосодержащих фаз цементного клинкера;

- показано влияние условий и длительности хранения смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения на изменение его физико-технических свойств.

### **Практическая значимость работы.**

Впервые получены смешанные вяжущие М200-М400 для сухих штукатурных смесей на основе товарных портландцементов и шлама водоумягчения ТЭЦ.

Показана эффективность использования для получения смешанных вяжущих побочного продукта энергетической отрасли - шлама водоумягчения ТЭЦ, тем самым расширена номенклатура наполнителей для их производства и решена проблема утилизации.

Показана возможность получения смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей на отечественном оборудовании.

Разработаны составы сухих штукатурных смесей на смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ и показана возможность и эффективность использования для этих целей местных песков и отсевов песчано-гравийных смесей месторождений Республики Татарстан.

Разработаны «Технические требования к шламу водоумягчения ТЭЦ для получения наполнителя смешанных вяжущих» и «Технологический регламент на производство смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ» (проекты).

### **На защиту выносятся**

- разработанное смешанное вяжущее для сухих штукатурных смесей с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ и технология его получения;
- результаты исследования влияния наполнителя из шлама водоумягчения на физико-технические свойства вяжущего;
- результаты исследования комплексного влияния содержания и тонкости помола наполнителя из шлама водоумягчения и суперпластификатора С-3 на физико-технические свойства смешанного вяжущего;
- результаты оптимизации составов смешанного вяжущего с использованием метода математического планирования эксперимента;
- результаты исследования влияния наполнителя из шлама водоумягчения на процессы гидратации и структурообразования цементного камня;
- результаты исследования влияния условий и длительности хранения смешанного вяжущего на его физико-технические свойства;
- результаты разработки составов и исследования физико-технических свойств сухих штукатурных смесей на основе смешанного вяжущего.

### **Апробация работы.**

Результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на 53-55-й (2001-2003 г.г.) республиканских научно-технических конференциях Казанской государственной архитектурно-строительной академии, г. Казань; на Всероссийской XXXI научно-технической конференции «Актуальные проблемы современного строительства» (2001 г.), г. Пенза; на Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства», посвященной 40-летию строительного факультета Мордовского государственного университета (2002 г.), г. Саранск.

### **Публикации.**

По материалам выполненных исследований опубликовано 9 печатных работ, в т. ч. 8 статей и 1 тезисы доклада.

### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и 4 приложений. Диссертация изложена на 158 страницах машинописного текста, содержит 30 рисунков, 31 таблицу и список литературы из 158 наименований.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** приводится обзор и анализ отечественного и зарубежного опыта производства и применения смешанных вяжущих для сухих строительных смесей, а также рассматриваются факторы, влияющие на их основные строительно-технологические свойства.

Значительный вклад в развитие науки о смешанных вяжущих внесли ученые В.А. Кинд, В.Ф. Журавлев, Н.А. Белелюбский, В.Н. Юнг, Б.А. Кувыкин, И.П. Александрии, Б.Г. Скрамтаев, П.П. Будников, Л.Н. Попов, В.М. Колбасов, В.В. Тимашев, С.В. Шестоперов, А.В. Волженский, Ю.М. Баженов, В.И.

Соломатов, И.А. Рыбьев, Ю.А. Соколова, Р.З. Рахимов, Н.В. Секерина, В.С. Изотов, В.И. Калашников и другие. В работах этих авторов показано, что применение смешанных цементов позволяет не только получить экономический эффект за счет уменьшения расхода клинкера, но и расширить номенклатуру низкомарочных цементов, а также улучшить ряд строительственно-технологических свойств растворов и бетонов.

Возрождение интереса к смешанным цементам в России в последние десятилетия связано с внедрением в практику строительства новых эффективных материалов - сухих строительных смесей. Ведущие зарубежные и отечественные фирмы («Кнауф», «Лохья», «Супер Караколь», ОАО «Опытный завод сухих смесей», ЗАО «Стройсесь» и др.) предлагают широкий ассортимент сухих строительных смесей на цементной основе, при этом наибольший объем производства и потребления приходится на долю сухих штукатурных смесей. Применение для этих целей серийно выпускаемых товарных портландцементов марок 400, 500 приводит к перерасходу вяжущего, а в сочетании с дорогостоящими импортными добавками - к существенному их удорожанию.

Одним из способов регулирования строительственно-технологических свойств сухих штукатурных смесей, снижения их себестоимости, а также расширения номенклатуры и повышения потребительского спроса является применение в их составах смешанных вяжущих с наполнителями из местного минерального сырья и побочных продуктов производства.

В Республике Татарстан особый интерес представляет возможность использования в качестве заменителя природных карбонатных наполнителей при получении смешанных цементов для сухих штукатурных смесей одного из крупнотоннажных побочных продуктов энергетической промышленности - шлама водоумягчения ТЭЦ. В связи с этим были рассмотрены основные факторы, влияющие на свойства смешанных вяжущих с карбонатсодержащими наполнителями - количество и тонкость помола наполнителя, наличие химических добавок, технология производства, условия и сроки хранения смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей.

Установлено, что в литературных источниках отсутствуют какие либо данные о влиянии тонкости помола и содержания карбонатного шлама водоумягчения на водопотребность, сроки схватывания, водоотделение, прочность и другие физико-технические свойства смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей и растворов на его основе. Не изучено влияние наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ на процессы гидратации и структурообразования наполненного цементного камня. Не исследованным на сегодняшний день остается вопрос эффективности применения пластифицирующих добавок (в частности суперпластификатора С-3) в комплексе с наполнителем из шлама водоумягчения и их влияния на свойства смешанного вяжущего. Отсутствуют разработки в области технологии получения смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ для сухих штукатурных смесей.

В целом анализ литературных источников позволил сделать заключение, что потенциальные возможности применения побочных продуктов производства, в частности карбонатного шлама водоумягчения, в качестве заменителя природного минерального сырья при получении смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей используются не в полной мере.

В основу выполненной работы была положена рабочая гипотеза о том, что шлам водоумягчения ТЭЦ, имея в своем составе значительное количество карбоната кальция, может химически взаимодействовать с минералами цементного клинкера, положительно влияя на процессы гидратации, твердения цемента и структуру цементного камня и, следовательно, служить полноценным заменителем природных карбонатных наполнителей в смешанном вяжущем для сухих штукатурных смесей, регулирование свойств которого может достигаться путем подбора оптимальной степени наполнения и дисперсности карбонатного шлама, а также введением химических добавок.

Во второй главе приводятся характеристики используемых материалов, оборудования и методов исследования.

В качестве основного компонента смешанного вяжущего использовались товарные портландцемента, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики цементов

Показатели	Вид цемента		
	Ульяновский ПЦ400-Д20	Мордовский ПЦ400-Д20	Вольский ПЦ500-Д0
1. Нормальная густота, %	25,7	32,0	24,7
2. Сроки схватывания, час-мин.:			
- начало	2-25	2-50	4-00
- конец	4-45	5-20	6-00
3. Тонкость помола, %	9,5	7,3	8,2
4. Предел прочности в возрасте 28 суток, МПа:			
- при сжатии	41,3	39,7	51,0
- при изгибе	7,4	6,2	8,5
5. Минералогический состав:			
$C_3S$	56,9	62	63
$C_2S$	18,1	19	18,8
$C_3A$	7,6	6	4,2
$C_4AF$	13,1	12	14
6. Количество минеральной добавки, %	шлак 10,8 опока 4,0	опока 8,0	—

Исходным сырьем для получения наполнителя смешанного вяжущего служил шлам водоумягчения Казанской ТЭЦ-1. Химический состав шлак приведен в таблице 2.

## Химический состав шлама водоумягчения

Содержание, %											
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп
5,44	0,07	1,48	5,73	0,08	42,5	4,29	0,11	0,21	0,16	0,37	39,6

В качестве химической добавки применялся суперпластификатор С-3 химкомбината г. Дзержинск по ТУ 6-36-0204229-625-90 в твердофазном состоянии.

Для приготовления стандартных цементно-песчаных растворов использовался песок Вольского месторождения, отвечающий требованиям ГОСТ 6139-91 «Песок стандартный для испытаний цемента. Технические условия». Для приготовления сухих штукатурных смесей в качестве заполнителя применялись природные пески и отсеvy песчано-гравийных смесей месторождений Республики Татарстан.

Для получения добавки-наполнителя смешанных цементав шлам водоумягчения высушивался в сушильном шкафу марки СНОЛ-3,5/3М до постоянной массы при температуре 105-110°С. Охлаждение полученного материала осуществлялось на воздухе. Помол наполнителя производился в лабораторной шаровой мельнице марки МБЛ до достижения тонкости помола, равной 25, 15 и 5% по остатку на сите №008. Смешанные вяжущие получали путем перемешивания в фарфоровой мельнице предварительно размолотого шлама и товарных портландцементов.

Тонкость помола товарных и смешанных цементав определялась по ГОСТ 310.2-76\*. Нормальная густота и сроки схватывания цементного теста определялись на приборе Вика по ГОСТ 310.3-76\*. Активность вяжущих определялась по ГОСТ 310.4-81\*, водоотделение - по ГОСТ 310.6-85.

Исследование прочности образцов цементного камня производилось на образцах размером 2х2х2 см. Хранение образцов-кубиков производилось в течение первых суток в камере нормального твердения, затем - в воде.

Физико-технических свойства штукатурных растворов на основе смешанного вяжущего определялись по стандартным методикам. Определение деформаций усадки производилось в соответствии с методикой ГОСТ 24544-81 на образцах - балочках размерами 4х4х16 см. Сцепление штукатурки с основанием (адгезия) определялось по ТУ 5745-001-46561502-01 «Смеси сухие строительные. Технические условия».

Исследование степени гидратации и фазового состава новообразований проводилось с применением автоматизированного дифрактометра ДРОН-3М, управляемого от ПЭВМ «БК-0010-01».

Пористость образцов цементного камня, показатели среднего размера пор и однородности размеров пор определялись по ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости».

Для описания совместного влияния содержания, тонкости помола шлама и количества суперпластификатора С-3 на сроки схватывания наполненного цементного теста, прочность цементного камня и активность смешанного вяжущего использовался метод полного трехфакторного эксперимента с оптимизацией состава смешанного вяжущего графо-аналитическим способом.

Обработка результатов испытаний образцов производилась статистическим методом.

В третьей главе исследовано влияние содержания и тонкости помола наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ, а также условий и длительности хранения смешанного вяжущего на его физико-технические свойства.

Установлено, что введение наполнителя из шлама водоумягчения в товарные портландцементы в количестве 5-10% ускоряет начало схватывания и не оказывает существенного влияния на изменение конца схватывания цементного теста. Введение шлама свыше 20% и увеличение его тонкости помола с 25 до 5% по остатку на сите №008 приводит к замедлению сроков схватывания цементного теста независимо от минералогического и вещественного состава исходного портландцемента, что позволяет использовать наполнитель из шлама водоумягчения в качестве добавки-замедлителя.

Установлены количество и тонкость помола наполнителя, при которых не происходит снижения прочности образцов цементного камня из смешанного вяжущего: для Ульяновского портландцемента - 5% при тонкости помола шлама 25-15% по остатку на сите №008, для Мордовского портландцемента - до 15% при любой тонкости помола шлама, для Вольского портландцемента - 5% при тонкости помола шлама 25 и 5% по остатку на сите №008.

Исследована кинетика изменения прочности образцов наполненного цементного камня и установлено его положительное влияние на формирование ранней прочности, что имеет важное значение в технологии производства штукатурных работ. Показано, что наибольшие значения ранней прочности цементного камня достигаются при введении наполнителя из шлама водоумягчения в товарные портландцементы с повышенным содержанием СзА, что связано с более интенсивным отвердеванием алюминатных составляющих цементного клинкера в присутствии тонкодисперсного карбоната кальция. При введении 40% шлама в портландцемент Ульяновского завода и 20% шлама в портландцемент Мордовского завода прочность образцов цементного камня в возрасте 7 суток составляет не менее 70% прочности в стандартном возрасте, что находится на уровне с образцами, приготовленными на товарных портландцементях. Установлено также, что образцы цементного камня из смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения отличаются более интенсивным нарастанием прочности в поздние сроки твердения по сравнению с образцами, приготовленными на товарных портландцементях.

Исследовано влияние наполнителя из шлама водоумягчения на водоотделение товарных портландцементов в зависимости от их минералогического и вещественного состава. Показано, что наибольший

эффект снижения водоотделения (в 2-3 раза) достигается при введении шлама в портландцемента с низким содержанием СзА или с добавками доменных гранулированных шлаков, что позволяет использовать наполнитель из шлама водоумягчения в качестве водоудерживающей добавки в составах смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей.

Показана эффективность введения суперпластификатора С-3 в смешанные цементы с наполнителем из шлама водоумягчения. Установлено, что с повышением содержания шлама в составе смешанного вяжущего до 20% оптимальная дозировка суперпластификатора С-3 снижается по сравнению с цементом без наполнителя: для Ульяновского портландцемента с 1% до 0,5-0,7%, для Мордовского портландцемента - с 0,8-1% до 0,4-0,6%. Введение оптимального количества С-3 позволило снизить нормальную густоту цементного теста в среднем на 8-10%, повысить прочность на 17-20%. При этом не выявлено отрицательного влияния суперпластификатора С-3, вводимого в смешанное вяжущее в количестве 0,2-1,2%, на формирование ранней прочности образцов цементного камня.

Исследовано влияние условий и длительности хранения смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения на его физико-технические свойства. Установлено, что введение шлама водоумягчения в товарные портландцементы способствует уменьшению сорбционного влагопоглощения полученных смешанных вяжущих, предотвращая значительные изменения их физико-технических показателей при хранении в различных условиях. Срок хранения смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения, в течение которого не наблюдается существенных изменений его физико-технических свойств, составляет 6 месяцев.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования совместного влияния наполнителя из шлама водоумягчения и суперпластификатора С-3 на физико-технические свойства смешанного вяжущего, а также изучены особенности процессов гидратации и структурообразования цементного камня из смешанного вяжущего оптимального состава.

Впервые получены математические модели, описывающие зависимость начала ( $Y_H$ ) И конца ( $Y_K$ ) схватывания цементного теста, прочности цементного камня ( $Y_R$ ) И активности смешанного вяжущего ( $Y_A$ ) от содержания ( $X_1$ ), тонкости помола ( $X_2$ ) наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ и количества суперпластификатора С-3 ( $X_3$ ):

$$Y_H = 199,37 + 67,37X_1 + 24,37X_2 - 14,37X_3 + 21,87X_1X_2 - 6,88X_2X_3 \quad (1)$$

$$Y_K = 422,5 + 102,5X_1 + 32,5X_2 - 27,5X_3 + 27,5X_1X_2 \quad (2)$$

$$Y_R = 44,93 - 28,4X_1 - 2,4X_2 + 2,13X_1X_3 + 2,46X_2X_3 - 3,36X_1X_2X_3 \quad (3)$$

$$Y_A = 25,3 - 13,54X_1 + 0,455X_2 - 0,4X_3 - 0,51X_1X_2 + 0,695X_2X_3 - 0,695X_1X_2X_3 \quad (4)$$

Установлено, что наибольшее влияние на сроки схватывания цементного теста оказывают количество и тонкость помола наполнителя из шлама водоумягчения. С увеличением количества (от 10 до 50%) и тонкости помола шлама (с 25 до 5%) сроки схватывания цементного теста замедляются.

Наибольшее влияние на прочность цементного камня и активность смешанного вяжущего оказывают количество наполнителя и суперпластификатора С-3. С уменьшением степени наполнения портландцемента шламом (от 50 до 10%) и тонкости его помола (с 25 до 5% по остатку на сите №008) эффективность влияния С-3 на формирование прочности цементного камня повышается.

Графо-аналитическим способом (рис.1) определены области допустимых рецептурных решений и оптимизированы составы смешанных вяжущих марок 200-400, при которых достигаются наилучшие показатели сроков схватывания и активности смешанного вяжущего с наименьшим расходом портландцемента, суперпластификатора С-3 и энергетическими затратами на помол наполнителя при содержании шлама 10-35% и С-3 0,2-0,7%.

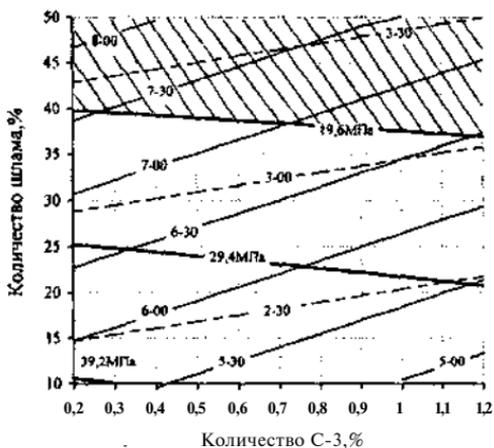
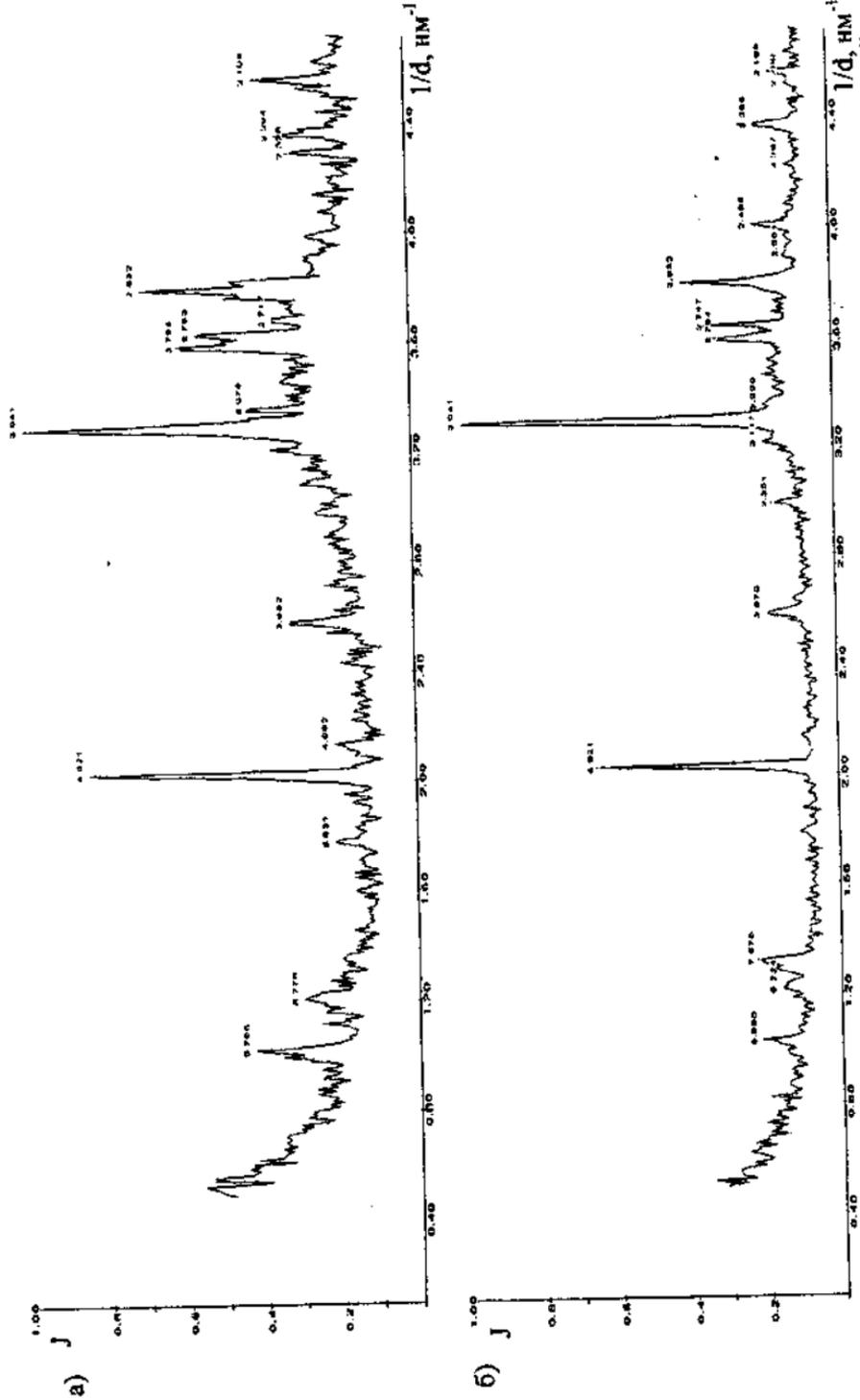


Рис.1. Возможные составы смешанных вяжущих марок 200-400 (незаштрихованные области); изолинии——активности, МПа;———начала схватывания, час-мин.;———конца схватывания, час-мин.

Исследование образцов наполненного цементного камня из смешанного вяжущего оптимального состава методом рентгенофазового анализа показало, что введение шлама водоумягчения в товарные портландцементы способствует более интенсивному протеканию процессов гидратации клинкерных минералов, что объясняется гетерогенным зарождением частиц новообразованной фазы на подложке, в роли которой выступают частицы кальцита. Установлено, что рост прочности цементного камня с наполнителем из шлама водоумягчения в процессе длительного твердения (рис.2) происходит за счет увеличения количества гидросиликатов кальция, карбонизации портландита и образования гидрокарбоалюминатов кальция ( $3CaOAl_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ ).



Установлено, что наполнитель из шлама водоумягчения оказывает влияние на поровую структуру образцов цементного камня из смешанного вяжущего. Показано, что введение шлама в товарные портландцементы приводит к увеличению отношения  $R_{акт}/R_{откр}$  в 5,5-9,5 раз, а количества закрытых пор в 6 - 12,5 раз, что объясняется улучшением процессов гидратации цементных минералов в присутствии добавки шлама, увеличением объема гелеобразных масс и степени перекристаллизации новообразований.

В пятой главе обоснован выбор технологической схемы получения смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения, а также разработаны составы и исследованы свойства сухих штукатурных смесей на его основе.

Показана целесообразность приготовления смешанного вяжущего по схеме, предусматривающей совместный помол шлама с суперпластификатором С-3 и последующее перемешивание полученного наполнителя с товарным портландцементом. Приготовление вяжущего по такой схеме позволило повысить прочность образцов цементного камня на 15% по сравнению с образцами из смешанного вяжущего, полученного обычным перемешиванием шлама, С-3 и товарного цемента.

Разработана технологическая схема получения смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей, включающая операции складирования и сушки материалов, получения наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ, дозирования и перемешивания компонентов, хранения смешанного вяжущего и его отгрузки потребителю. Предложенная схема получения смешанного вяжущего послужила основой для разработки технологического регламента.

Разработаны составы сухих штукатурных смесей для внутренних и наружных работ марок по прочности М50-М100, по морозостойкости F50-F75. Физико-технические свойства сухих штукатурных смесей, приготовленных из смешанных вяжущих на основе Ульяновского портландцемента, приведены в таблице 3. Аналогичные показатели свойств штукатурных смесей были получены с применением смешанных вяжущих, приготовленных на Мордовском и Вольском портландцементах.

Показано, что растворы из сухих штукатурных смесей на смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения отличаются более высокими значениями ранней прочности по сравнению с товарными растворами.

Показана возможность использования песков и отсевов песчано-гравийных смесей различного минералогического состава месторождений Республики Татарстан для приготовления сухих штукатурных смесей для наружных и внутренних работ, что позволит расширить номенклатуру заполнителей из местного минерального сырья.

Ожидаемая себестоимость 1 т сухой штукатурной смеси на основе смешанного вяжущего марки 300 составляет 554 руб./т. Предполагаемый экономический эффект при производстве 20 тыс. тонн сухой штукатурной смеси в год с учетом цен на 1 квартал 2003 г. составит 4,0 млн. рублей.

Основные физико-технические свойства сухих штукатурных смесей  
(из смешанных вяжущих на основе Ульяновского портландцемента)

Показатели свойств	Соотношение вяжущее : заполнитель				
	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3	
Водовязущее отношение	<u>0,7</u> 0,78	<u>0,69</u> 0,74	<u>0,96</u> 1,09	<u>0,95</u> 1,0	<u>1,02</u> 1,07
Плотность растворной смеси, г/см <sup>3</sup>	<u>2,08</u> 2,07	<u>2,09</u> 2,09	<u>2,0</u> 2,03	<u>2,09</u> 1,98	<u>2,1</u> 2,06
Водоудерживающая способность, %	<u>97,5</u> 97,0	<u>97,3</u> 97,2	<u>97,2</u> 96,8	<u>97,1</u> 96,9	<u>97,1</u> 97,0
Прочность при сжатии, МПа	<u>7,9</u> 7,6	<u>11,8</u> 11,2	<u>6,4</u> 5,8	<u>12,9</u> 11,9	<u>7,9</u> 7,6
Прочность сцепления с основанием, МПа	<u>0,45</u> 0,4	<u>0,5</u> 0,48	<u>0,42</u> 0,43	<u>0,56</u> 0,49	<u>0,45</u> 0,43
Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	<u>2,09</u> 2,08	<u>2,09</u> 2,09	<u>2,02</u> 2,03	<u>2,08</u> 2,07	<u>2,09</u> 2,06
Морозостойкость	F75	F50	F50	F75	F50
Марка смешанного вяжущего	200	300	200	400	300

Примечания: 1. В числителе приведены показатели свойств для растворов с кварцевым песком Буинского месторождения, в знаменателе - для растворов с полевошпаткварцевым песком-отсевом ПГС Усть-Камского месторождения.

2. Максимальная крупность частиц заполнителя - 1,25 мм.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Получены смешанные вяжущие марок 200-400 на основе товарных портландцементов с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ, модифицированные суперпластификатором С-3, для сухих штукатурных смесей для внутренних и наружных работ.

2. Установлены закономерности влияния содержания и тонкости помола наполнителя из шлама водоумягчения на сроки схватывания цементного теста. Показано, что введение шлама свыше 20% и увеличение тонкости его помола с 25 до 5% по остатку на сите №008 приводит к замедлению сроков схватывания цементного теста из смешанного вяжущего независимо от минералогического и вещественного состава исходного портландцемента, что позволяет использовать его в качестве добавки-замедлителя.

3. Изучены особенности процесса твердения образцов цементного камня с наполнителем из шлама водоумягчения. Показано, что образцы цементного

камня из смешанного вяжущего отличаются интенсивным нарастанием прочности как в ранние, так и в более поздние сроки твердения. Установлено, что наибольшие значения ранней прочности образцов цементного камня достигаются при введении наполнителя из шлама водоумягчения в товарные портландцементы с повышенным содержанием  $C_3A$ .

4. Исследовано влияние наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ на водоотделение товарных портландцементов в зависимости от их минералогического и вещественного состава. Показано, что введение шлама в цементы с добавками доменных гранулированных шлаков и в цементы с низким содержанием  $C_3A$  в количестве до 50% позволяет снизить их водоотделение в 2-3 раза, что дает возможность использования шлама в качестве водоудерживающей добавки в составах смешанных вяжущих для сухих штукатурных смесей.

5. Установлено, что хранение смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения в течение 6 месяцев приводит к снижению их водопотребности, замедлению сроков схватывания и не оказывает существенного влияния на изменение прочности образцов цементного камня. Допустимый срок хранения смешанных вяжущих, в течение которого не происходит значительного изменения их физико-технических свойств, составляет не менее 6 месяцев.

6. Впервые получено математическое описание зависимости сроков схватывания, прочности цементного камня и активности смешанного вяжущего от содержания, тонкости помола наполнителя из шлама водоумягчения ТЭЦ и количества суперпластификатора С-3. Путем оптимизации определены составы смешанных вяжущих марок 200-400, при которых достигаются наилучшие показатели сроков схватывания и активности смешанного вяжущего с наименьшими расходом портландцемента, суперпластификатора С-3 и энергетическими затратами на помол наполнителя.

7. Выявлены особенности процессов гидратации и структурообразования цементного камня в присутствии наполнителя из шлама водоумягчения и суперпластификатора С-3. Методом рентгенофазового анализа установлено, что введение шлама в товарные портландцементы способствует более интенсивному протеканию процессов гидратации клинкерных минералов. Рост прочности цементного камня с наполнителем из шлама водоумягчения в процессе длительного твердения происходит за счет увеличения количества гидросиликатов кальция, карбонизации портландита и образования гидрокарбоалюминатов кальция ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ ).

8. Изучено влияние способа введения суперпластификатора С-3 на физико-технические свойства смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения. Установлено, что наиболее целесообразным является совместное измельчение шлама и суперпластификатора С-3, с учетом чего разработана технологическая схема получения смешанного вяжущего для сухих штукатурных смесей.

9. Разработаны составы сухих штукатурных смесей для внутренних и наружных работ марок по прочности М50-100, по морозостойкости F50-F75 с повышенными значениями ранней прочности. Показана возможность и эффективность использования для этих целей природных песков и отсевов песчано-гравийных смесей различного минералогического состава месторождений Республики Татарстан, что позволит расширить номенклатуру заполнителей из местного минерального сырья.

10. Разработаны «Технические требования к шламу водоумягчения ТЭЦ для получения наполнителя смешанных вяжущих» и «Технологический регламент на производство смешанного вяжущего с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ» (проекты).

11. Ожидаемая себестоимость 1 т сухой штукатурной смеси на основе смешанного вяжущего марки 300 составляет 554 руб./т. Предполагаемый экономический эффект при производстве 20 тыс. тонн сухой штукатурной смеси в год с учетом цен на 1 квартал 2003 г. составит 4,0 млн. рублей.

#### Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Марданова Э.И., Рахимов Р.З. О многофункциональных химических добавках в сухие строительные смеси // Тез. докл. Всероссийской XXXI научно-технической конференции «Актуальные проблемы современного строительства». - Ч.4 Строительные материалы и изделия. - Пенза, 25-27 апреля 2001 г. - с.70-71

2. Медяник Ю.В. К вопросу о долговечности штукатурных покрытий фасадов зданий // Материалы 53-й республиканской НТК. - Казань: КГАСА. - 2001. - с. 95-98

3. Медяник Ю.В. О модификации сухих строительных смесей многофункциональными добавками // Материалы 53-й республиканской НТК. - Казань: КГАСА. - 2001. - с. 21-25

4. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Рахимов Р.З. Эффективные сухие строительные смеси на основе минерального сырья РТ // Строительные материалы и изделия. Межвузовский сборник научных трудов. - Магнитогорск: МГТУ. - 2002. - с.186-192

5. Медяник Ю.В. Исследование свойств сухих штукатурных смесей с использованием побочных продуктов производства // Материалы 54-й республиканской НТК. - Казань: КГАСА. - 2002. - с. 77-80

6. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Рахимов Р.З. О перспективах использования минерального сырья Республики Татарстан в производстве сухих строительных смесей // Материалы Всероссийской НТК, посвященной 40-летию строительного факультета МГУ, «Актуальные вопросы строительства». Вып.1 - Саранск: Изд-во Мордовского ун-та. - 2002. - с.269-273

7. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Рахимов Р.З. Штукатурные сухие смеси с использованием минерального сырья РТ // Известия КГАСА. - Казань: КГАСА. - №1. - 2003. - с. 51-53

8. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Рахимов Р.З. Смешанные цементы с карбонатным наполнителем из шлама водоумягчения // Вестник ВРО РААСН. - Вып.6.- ННГАСУ. - 2003. - с.55-58

9. Медяник Ю.В., Секерина Н.В., Рахимов Р.З. Влияние количества и дисперсности наполнителя из шлама водоумягчения на свойства смешанного цемента // «Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе». Труды годичного собрания РААСН. - Казань: КГАСА. - 2003. - с. 381-384

Корректурa автора

Подписано в печать

3.11.03.

Формат 60x84/16

Заказ №627 Печать RISO

Усл.-печ. л. 1,0

Тираж 100 экз. Бумага тип № 1

Учетн.-изд. л. 1,0

Печатно-множительный отдел КазГАСА

420043, Казань, Зеленая, 1