

На правах рукописи



Садовникова Мария Анатольевна

**Сухая строительная смесь
для реставрации и отделки зданий**

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Пенза 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Логанина Валентина Ивановна

Официальные оппоненты: **Низина Татьяна Анатольевна**
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», профессор
кафедры «Строительные конструкции»

Гришина Анна Николаевна
кандидат технических наук,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», старший научный сотрудник научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Ивановский государственный политехнический университет**»

Защита состоится 1 октября 2015 года в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 212.184.01, созданного на базе Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, по адресу: 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, корп. 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Пензенского государственного университета архитектуры и строительства и на сайте <http://dissovet.pguas.ru/index.php/contact-us/d-212-184-01/55-43-sadovnikova-mariya-anatolevna>.

Автореферат разослан 1 августа 2015 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.184.01



Бакушев
Сергей Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Для реставрации и отделки зданий и сооружений широкое применение находят известковые составы, в том числе сухие строительные смеси (ССС). Значительную долю составляют СССР, поставляемые зарубежными фирмами «Tikkurila», «Caparol» и др. что удорожает стоимость работ и делает их зависимыми от импортных поставок.

Использование для реставрации памятников архитектуры отечественных известковых составов (продукция под торговой маркой "БИРСС", «Крепс Антик», состав «Холви» производства компании «Финнколор», состав «Силакра-известковая» фирмы «Топаз Плюс») вызывает определенные трудности, связанные с высокой стоимостью, применением целевых добавок, поставляемых из-за рубежа и т.д. В связи с этим актуальным является разработка рецептуры известковых СССР, характеризующихся низкой стоимостью и покрытия на основе которых обладают высокими эксплуатационными свойствами.

Для ускорения твердения и повышения прочности известковых композитов в их рецептуру вводят природные цеолиты. Однако, учитывая локальность запасов природных цеолитов и неоднородность их состава и свойств, представляется перспективным исследование возможности применения синтетических цеолитов при приготовлении СССР.

Работа выполнялась в рамках госзадания Министерства образования и науки Российской Федерации «Исследование закономерностей синтеза, кинетики формирования химического и фазового состава неорганических силикатных нанодисперсных добавок для композиционных строительных материалов различного функционального назначения. Разработка составов, технология изготовления» (рег. номер 7.3772.2011).

Степень разработанности избранной темы. При написании работы был проведен анализ научно-технической, патентной отечественной и зарубежной литературы, а также справочной и нормативной документации. Заметный вклад в исследование проблем, связанных с созданием сухих строительных смесей, покрытия, на основе которых обладают повышенными эксплуатационными свойствами, внесли отечественные ученые Комохов П.Г., Калашников В.И., Шангина Н.Н., Трещев А.А, Акулова М.В., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Пустовгар А.П., Рахимбаев Ш.М., Ерофеев В.Т., Пичугин А.П. и др. Их работы содержат фундаментальные основы создания рецептуры СССР, выбора

компонентов, топологии структуры. Отмечая значимость научных результатов, полученных данными авторами, необходимо обозначить, что некоторые аспекты изучены недостаточно. В связи с этим проблема импортозамещения модифицирующих добавок, расширения номенклатуры известковых ССС с отечественными модифицирующими добавками, способствующими повышению стойкости известковых покрытий, является актуальной современной задачей научно-практических исследований.

Цели и задачи. Целью настоящей работы является разработка составов сухих строительных смесей для реставрации и отделки зданий и сооружений, покрытия на основе которых обладают повышенной стойкостью.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать целесообразность применения синтетических цеолитов в рецептуре известковых ССС;
- выявить закономерности структурообразования известковых композитов в присутствии синтетических цеолитов;
- разработать состав известковой сухой строительной смеси, покрытия на основе которой обладают повышенной эксплуатационной стойкостью;
- определить технологические и эксплуатационные свойства отделочного состава и покрытий на его основе.
- подготовить нормативные документы, провести апробацию и оценить технико-экономическую эффективность применения разработанной ССС.

Научная новизна. Обоснована возможность повышения стойкости покрытий на основе известковых ССС введением добавки на основе синтетического цеолита. Выявлены закономерности структурообразования известкового композита в присутствии добавки на основе синтетического цеолита, заключающиеся дополнительно в образовании гидросиликатов кальция-натрия и минералов группы цеолитов, увеличение количества химически связанной извести на 8,74 %.

Выявлено, что введение в рецептуру известковой сухой смеси добавки на основе синтетического цеолита способствует ускорению отверждения покрытий. Подобрана оптимальная концентрация добавки, составляющая 10 % от массы извести. Показано, что введение в известково-песчаный состав добавки, содержащей синтетический цеолит, способствует повышению

прочности при сжатии в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения в 1,9 раз. Разработана модель твердения известково-песчаных растворов, содержащих добавку на основе синтетического цеолита.

Теоретическая и практическая значимость работы. Основные положения и выводы автора о закономерностях формирования механизма структурообразования известковых систем в присутствии добавки, содержащей синтетический цеолит, представляют несомненный интерес для выработки практических рекомендаций по технологии изготовления известковых сухих строительных смесей, предназначенных для реставраций и отделки зданий и сооружений. Ряд положений диссертационного исследования использованы в учебном процессе при изучении дисциплины «Строительные материалы».

Разработан состав сухой строительной смеси, предназначенный для отделочных работ и содержащий известь-пушонку, кварцевый песок Ухтинского месторождения с соотношением фракций 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм соответственно 80 %:20 %, добавку на основе синтетического цеолита, пластификатор Кратасол-ПФМ и ретардированный порошок Neolit-4400. Отделочный слой на основе разработанной смеси характеризуется следующими показателями: адгезионная прочность $R_{адг} = (0,52 \pm 0,02)$ МПа, когезионная прочность $R_{ког} = (0,53 \pm 0,03)$ МПа, паропроницаемость $\mu = 0,049$ мг/(м·ч·Па), условный коэффициент трещиностойкости $K_{тр} = 0,540$, водопоглощение по массе $W_m = 10,45$ %, коэффициент размягчения $K_p = 0,68-0,71$.

Разработаны технологическая схема производства декоративной сухой отделочной смеси и проект стандарта организации СТО «Смеси сухие строительные. Технические условия». Определены технико-экономические показатели производства сухой строительной смеси.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методологической основой исследования служат общенаучные методы, базирующиеся на обобщении, эксперименте, сравнении, методе математического моделирования, применении принципа рассмотрения во взаимосвязи, системного подхода, принципа детерминизма.

Методическую основу диссертационной работы составляют методы количественной и качественной обработки получаемых данных, методы оптической микроскопии, методы качественного и количественного анализа, физико-химические и физико-механические методы, методы рентгенофазового анализа.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований процессов структурообразования и свойств покрытий на основе известковых декоративных ССС в присутствии добавки, содержащей синтетический цеолит;

- составы и технология декоративных ССС для отделки стен и реставрации зданий и сооружений.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов работы обеспечивается сопоставлением результатов экспериментальных исследований с производственным апробированием, статистической обработкой результатов экспериментальных исследований, проведением исследований на оборудовании, прошедшем метрологическую поверку.

Основные результаты работы представлены и доложены на международной конференции «Современное состояние и перспективы развития строительной отрасли» (г. Пенза, 2014 г.), VI международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов» (г. Пенза, 2014 г.), научно-практической конференции «У.М.Н.И.К.» (г. Пенза, 2014 г.), конкурсе проектов «Startup Поиск».

Публикации. Результаты исследований, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 15 научных публикациях, в том числе в семи статьях в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Техническая новизна решений подтверждена патентом на изобретение РФ № 2550172.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка из 163 наименований и трех приложений. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 32 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящее время производство сухих строительных смесей (ССС) является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений строительной индустрии и одним из крупнейших сегментов строительного рынка. В общем объеме выпуска ССС объем штукатурных и шпаклевочных смесей составляет около 48 %. Известковые ССС находят применение в основном при реставрации памятников архитектуры и зданий исторической

застройки, так как реставрация исторических зданий вызывает определенные трудности, связанные с несовместимостью известковой штукатурки с современными отделочными материалами. Однако известковые покрытия обладают низкой эксплуатационной стойкостью, срок их службы составляет 3-4 года.

В связи с этим, в качестве рабочей гипотезы выдвинуто предположение о возможности повышения эксплуатационной стойкости известкового отделочного покрытия за счет введения в рецептуру ССС добавки, содержащей синтетический цеолит, за счет дополнительного образования гидросиликатов кальция-натрия и минералов группы цеолитов.

Исходными материалами для разработки рецептуры ССС являлись известь 1 сорта с активностью 84 %, кварцевый ухтинский песок, пластифицирующие добавки, редиспергируемый порошок компании «Еврохим» Neolith-4400. Для получения добавки, содержащей синтетический цеолит, в работе применялось жидкое натриевое стекло с различным силикатным модулем, сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Добавку получали добавлением раствора жидкого стекла в раствор сульфата алюминия.

Добавка представляет собой порошок белого цвета с удельной поверхностью, определенной методом БЭТ, равной $S_{уд} = (86.5 \pm 3.5) \text{ м}^2/\text{г}$. Истинная плотность добавки составляет $2310 \text{ кг}/\text{м}^3$, насыпная плотность – $568 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Гранулометрический состав добавки, определенный с помощью автоматического лазерного дифрактометра Fritsch Particle Sizer Analysette 22, свидетельствует, что менее 0,01 % составляют частицы размером 0,010–0,500 мкм, содержание частиц размером 100,000–200,000 мкм составляет 0,44 %. Менее 5 % составляют частицы диаметром 3,226 мкм, менее 15 % – частицы диаметром 6,985 мкм.

Минералогический состав добавки представлен тенардитом – ромбической модификацией сульфата натрия Na_2SO_4 ($d=4.6677$; $d=3.1899$; $d=3.0829$; $d=2.6558$; $d=2.3327$; $d=1.8679$); гиббситом $Al(OH)_3$ ($d=1.6820$; $d=1.4404$); алюмосиликатом гидрата натрия $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$ ($d=3.392$; $d=2.7907$; $d=1.554$) (рисунок 1,2). Концентрация аморфной фазы составляет 77,5 %.

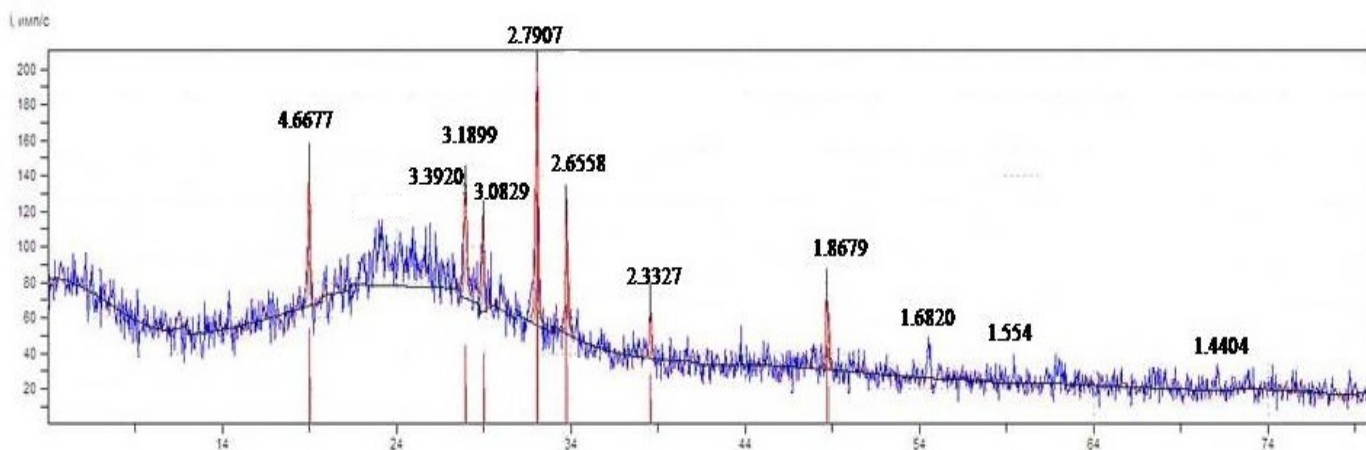


Рисунок 1 – Рентгенограмма добавки на основе синтетического цеолита

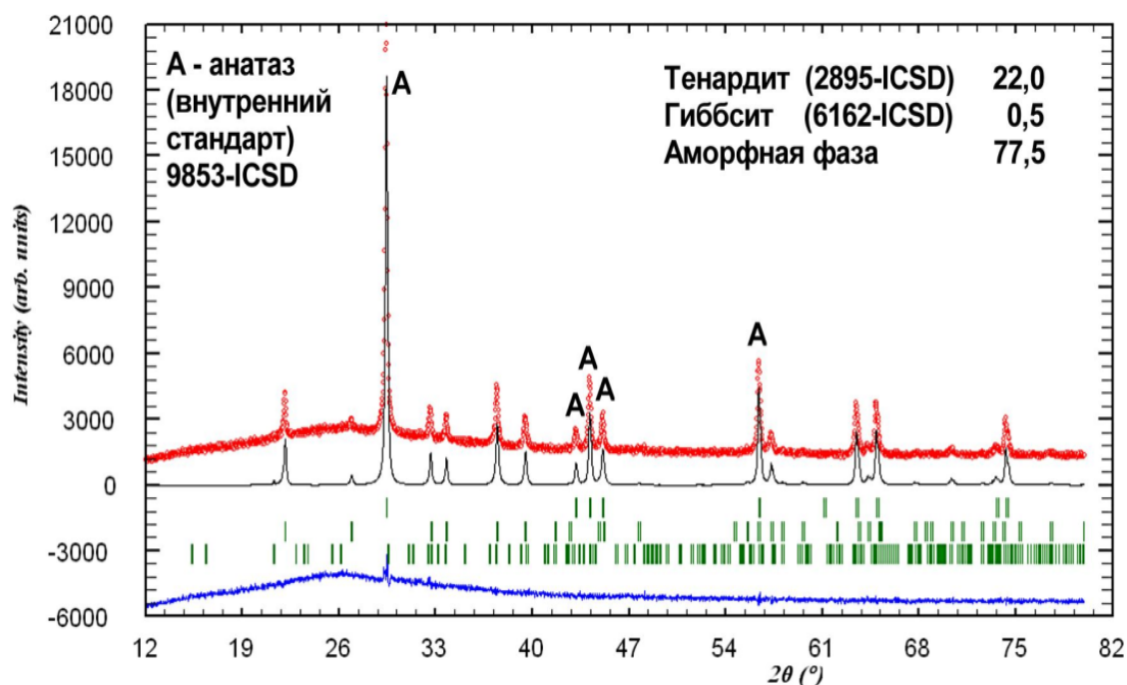


Рисунок 2 – Результат полного количественного РФА добавки на основе синтетического цеолита

Анализ снимков, полученных на электронном сканирующем микроскопе, показывает, что структура добавки представлена, в основном, частицами, размер которых составляет 2,25-8,1 мкм (рисунок 3).

Добавка характеризуется высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Исследование гигроскопических свойств добавки показало, что она обладает высокой сорбционной ёмкостью. При относительной влажности воздуха 97 % сорбционное увлажнение составляет 45 %. Установлено, что при хранении добавки в условиях, исключающих доступ влаги, активность добавки не изменяется.

Был проведён термодинамический анализ возможных реакций при взаимодействии компонентов смеси (известь, добавки на основе синтетического цеолита и воды затворения) в соответствии со вторым законом термодинамики. Результаты расчётов свидетельствуют о вероятности протекания реакций взаимодействия добавки с известью.

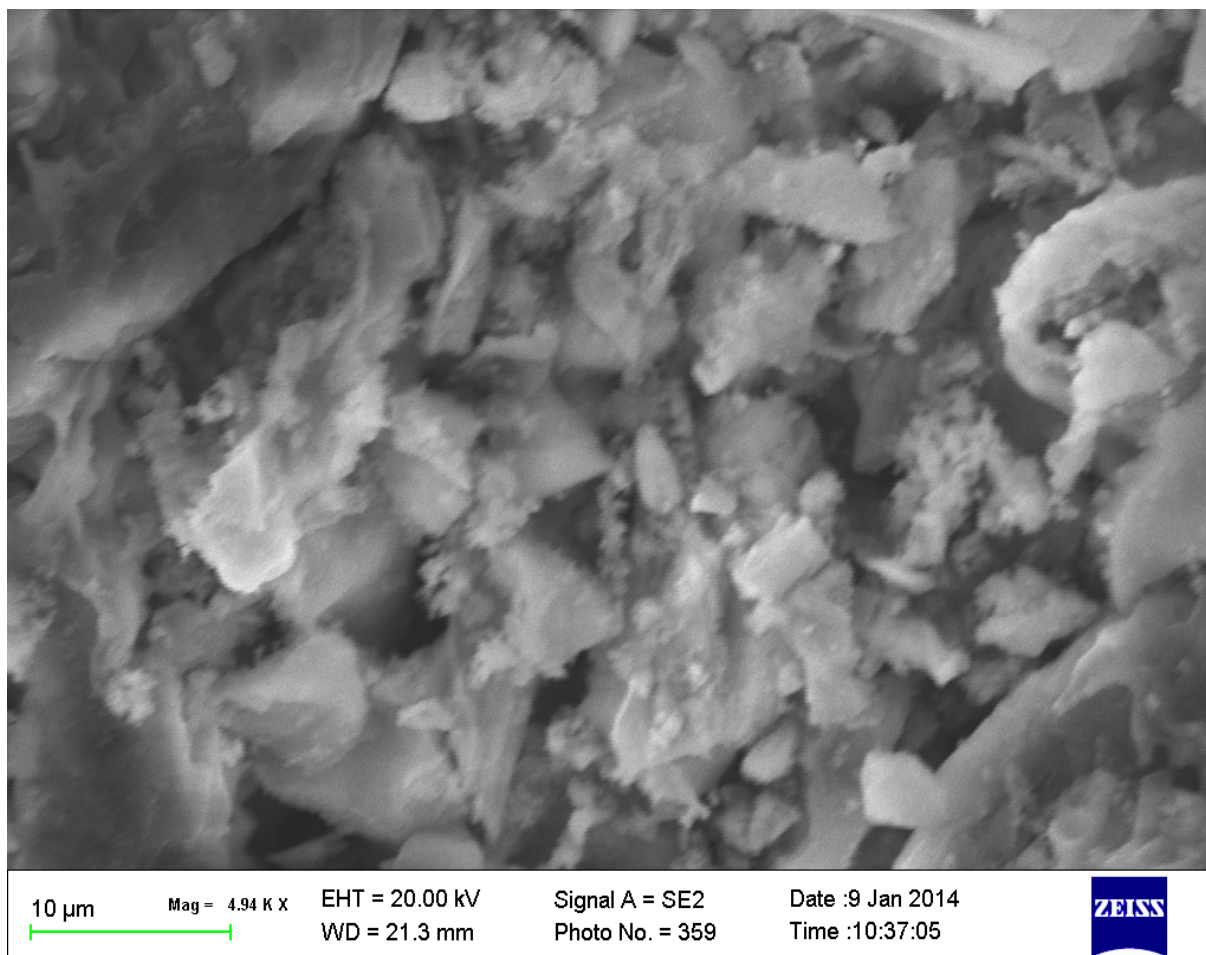


Рисунок 3 – Электронно-микроскопический снимок порошка $\times 20000$

Для исследования твердофазовых реакций, происходящих в процессе структурообразования известковых композиций, был применен качественный рентгеноструктурный анализ на дифрактометре марки Thermo Scientific модели ARLX'TRA (рисунок 4). Методом рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что при введении добавки в известь образуются: гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d=4.911$; $d=3.856$; $d=3.11$; $d=2.627$; $d=1.687$); кальцит CaCO_3 ($d=3.036$; $d=2,491$; $d=2,287$; $d=2.094$; $d=1.926$; $d=1.91$); минералы группы цеолитов ($d=6.501$; $d=3.514$; $d=3.251$; $d=1.876$); гидросиликаты кальция-натрия CaNaHSiO_4 ($d=1.769$; $d=1.428$; $d=1.422$; $d=1.22$) (рисунок 4).

Результаты анализа рентгенограмм подтверждает химическое

взаимодействие добавки на основе синтетического цеолита с известью. Дополнительным подтверждением химического взаимодействия добавки на основе синтетического цеолита с известью служат данные количества химически связанной извести. Установлено, что количество химически связанной извести в контрольных образцах (известь+вода) в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения составляет 46,5 %, а с применением добавки – 55,28 %.

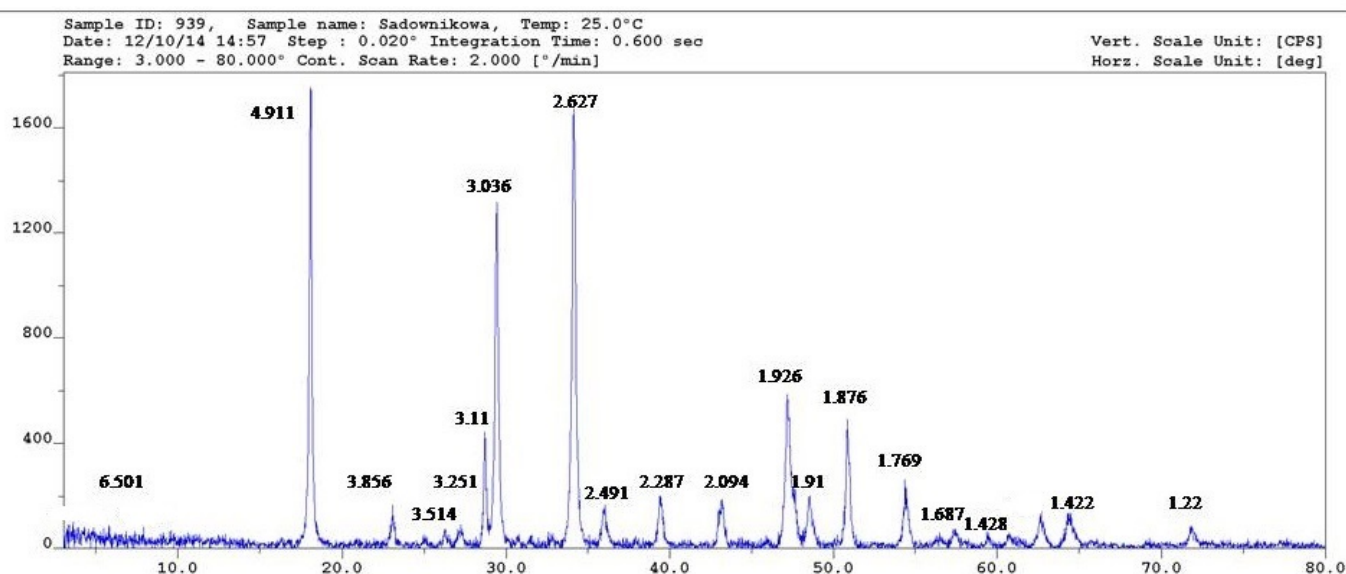


Рисунок 4 – Рентгенограмма известкового композита с добавкой на основе синтетического цеолита

Для изучения закономерностей формирования структуры и свойств отделочных составов и покрытий на их основе были исследованы образцы с различным соотношением известь:добавка.

На рисунке 5 приведены экспериментальные данные кинетики пластической прочности известкового теста при введении добавки. Для сравнения в рецептуру вводилась добавка диатомита, каолинита и метакаолинита.

Анализ пластограмм свидетельствует, что введение диатомита вызывает более раннее структурообразование известкового теста. Так, при введении добавки на основе синтетического цеолита в количестве 10 % от массы извести пластическая прочность в возрасте 2 часов с момента затворения составляет $\tau = 0,018$ МПа, а при применении диатомита – $\tau = 0,0382$ МПа.

Обжиг добавки при температуре 500°C способствует повышению ее активности, в результате чего наблюдается ускорение процесса

структурообразования известкового теста (рисунок 5, кривая 3). При содержании добавки в количестве 1-3 % от массы извести пластическая прочность в возрасте 2 часа с момента затворения составляет $\tau = 0,012-0,63$ МПа (рисунок 5, кривая 4,5).

Увеличение содержания обожженной добавки до 10 % вызывает большую скорость роста пластической прочности, в возрасте 2 часа пластическая прочность составляет $\tau = 0,080$ МПа (рисунок 5, кривая 6). Добавка метакаолинита при содержании 1-3 % от массы извести не вызывает раннего структурообразования (рисунок 5, кривая 1,2).

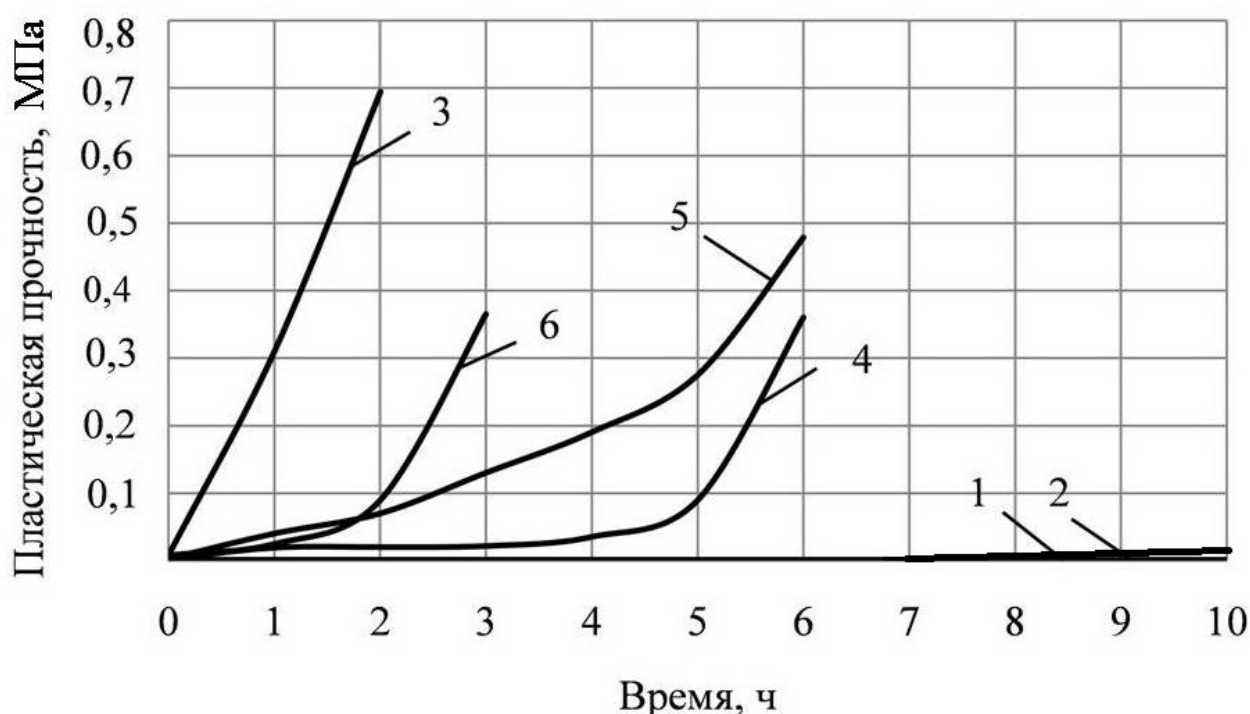


Рисунок 5 – Изменение пластической прочности известкового теста при введении добавки метакаолинита и добавки на основе синтетического цеолита:

- 1 – содержание добавки метакаолинита 1 % от массы извести;
- 2 – содержание добавки метакаолинита 3 % от массы извести;
- 3 – содержание добавки метакаолинита 10 % от массы извести;
- 4 – содержание добавки на основе синтетического цеолита 1 % от массы извести (добавка обжигалась при температуре 500°C);
- 5 – содержание добавки на основе синтетического цеолита 3 % от массы извести (добавка обжигалась при температуре 500°C);
- 6 – содержание добавки на основе синтетического цеолита 10 % от массы извести (добавка обжигалась при температуре 500°C).

В работе исследовалось также влияние различных пластификаторов (Sika 3180, С-3, Кратасол-ПФМ) на скорость структурообразования.

Анализ пластограмм (рисунок 6) свидетельствует, что применение пластифицирующих добавок приводит к более замедленному структурообразованию. Так, в возрасте 5 часов с момента затворения пластическая прочность состава с добавкой Кратасол-ПФМ в количестве 1 % от массы извести составляет $\tau = 0,000690$ МПа (рисунок 6, кривая 4), а при добавлении Sika 3180 в количестве 1 % от массы извести, – $\tau = 0,000810$ МПа (рисунок 6, кривая 2).

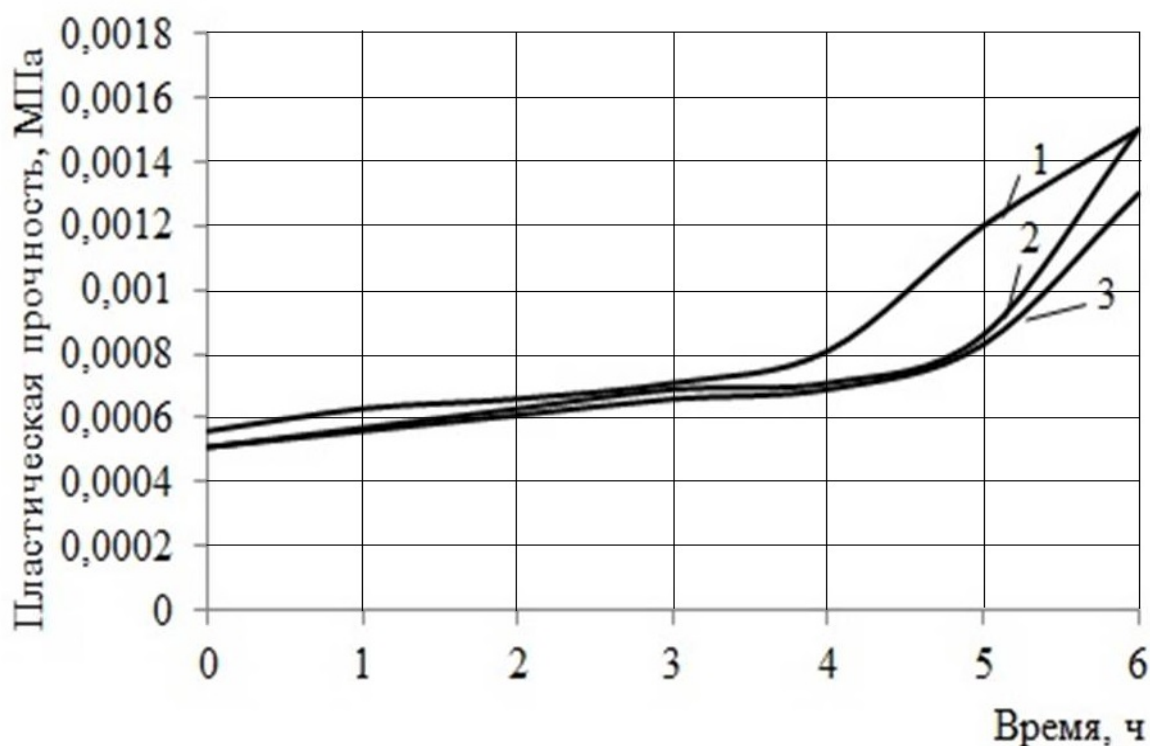


Рисунок 6 – Кинетика пластической прочности известкового теста:

1 – с добавкой на основе синтетических цеолитов с добавкой Sika 3180 в количестве 1 % от массы извести;

2 – с добавкой на основе синтетических цеолитов с добавкой С-3 в количестве 1 % от массы извести;

3 – с добавкой на основе синтетических цеолитов с добавкой Кратасол-ПФМ в количестве 1 % от массы извести

Установлено, что пластификаторы на основе карбоксилатов обладают более высоким пластифицирующим действием. Так, начальная пластическая прочность с добавкой С-3 в количестве 1 % от массы извести составляет $\tau = 0,00058$ МПа, а с пластификатором Sika 3180 – $\tau = 0,00051$ МПа. Однако, в более

поздние сроки твердения добавка Sika 3180 вызывает ускорение структурообразования по сравнению с добавками С-3 и Кратасол-ПФМ.

Для повышения значений когезионной и адгезионной прочности покрытий на основе ССС в рецептуру вводился редицергируемый порошок Neolith-4400 в количестве 1 % от массы извести в соответствии с рекомендациями производителя FAR SPA (Италия), поставляемый компанией «ЕвроХим-1». Установлено, что совместное введение в рецептуру ССС редицергируемых порошков, пластифицирующих добавок, добавки на основе синтетических цеолитов приводит к увеличению прочности при сжатии и адгезии, составляющих, соответственно, $R_{сж}=2,675$ МПа и $R_{ад}=0,520$ МПа. Покрытия на основе таких составов характеризуются повышенной водостойкостью. Коэффициент размягчения составляет 0,68-0,71.

Для оценки трещиностойкости отделочного слоя на основе разработанной рецептуры ССС в работе исследовалось напряженное состояние покрытий от действия температуры как одного из факторов старения. Расчет был выполнен с помощью программного модуля SCAD Office. Конструктивное решение стены следующее: кирпичная кладка из сплошного кирпича силикатного (ГОСТ 379) плотностью 1800 кг/м^3 на цементно-песчаном растворе, теплоизоляционный слой, декоративный отделочный слой на основе разработанного состава. В качестве теплоизоляционного слоя в работе приняты плиты из пенополистирола плотностью $\rho=40 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. Значения температур по толщине конструкции определялись в соответствии с теплотехническим расчетом для различных климатических условий и зон влажности: г.г. Москва, Краснодар, Новосибирск.

На рисунке 7 приведено распределение напряжений по протяженности отделочного и теплоизоляционного слоя. Установлена неравномерность распределения напряжений по толщине и простиранию отделочного слоя. Максимальные напряжения на поверхности отделочного слоя, составляющие $0,101-0,1098$ МПа, наблюдаются в зоне расположения анкеров.

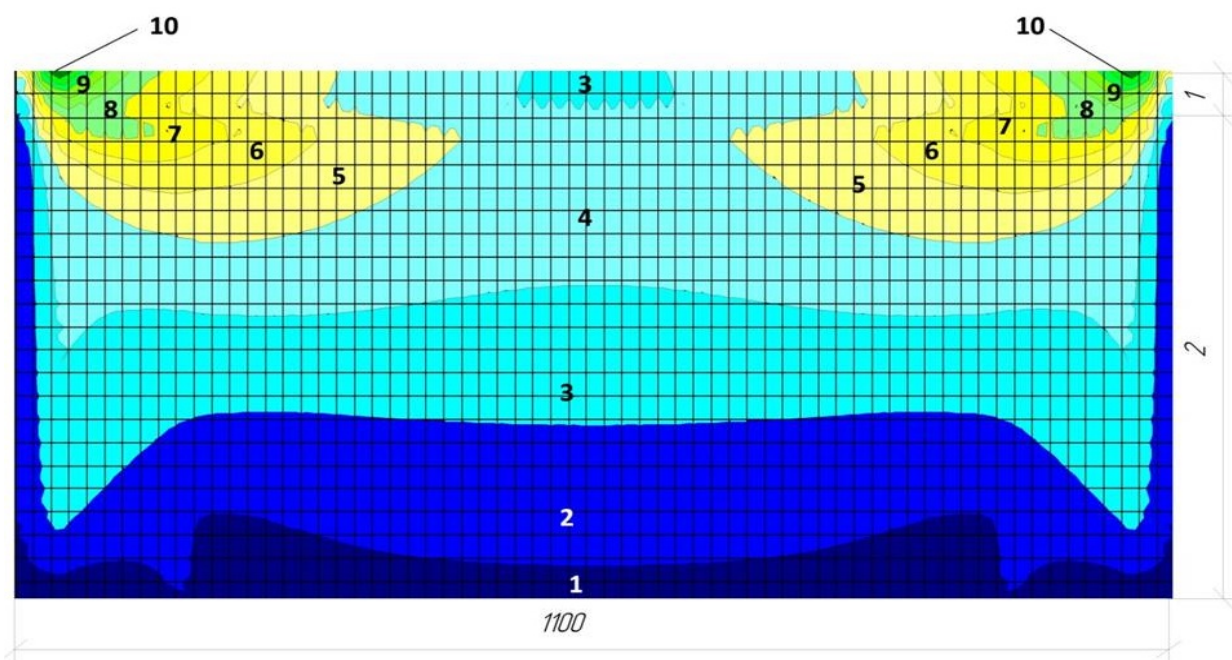


Рисунок 7 – Концентрация напряжений по оси X:

1 – декоративный отделочный слой;

2 – пенополистирол;

1 – (-0,0133)-(-0,0042) МПа; 2 – 0,0042-0,013 МПа; 3 – 0,013-0,0218 МПа;

4 – 0,0218-0,0306 МПа; 5 – 0,0306-0,0394 МПа; 6 – 0,0394-0,0482 МПа;

7 – 0,0482-0,057 МПа; 8 – 0,057-0,0658 МПа; 9 – 0,0658-0,101 МПа;

10 – 0,101-0,1098 МПа

На рисунке 8 приведено распределение напряжений по оси X в апреле месяце по протяженности контакта отделочного слоя с теплоизоляционным слоем. Максимальные напряжения наблюдаются на длине 500 мм (зона анкеров) и составляют для г. Краснодар $\sigma_x = 0,0385$ МПа, г. Москвы $\sigma_x = 0,0503$ МПа, г. Новосибирска $\sigma_x = 0,061$ МПа.

Выявлено, что максимальные напряжения, возникающие в покрытии, равные $\sigma_x = 0,101-0,1098$ МПа, значительно меньше когезионной прочности, составляющей $R_{kog} = 0,53$ МПа, что обуславливает достаточную трещиностойкость покрытий.

Дополнительно трещиностойкость оценивалась по условному показателю трещиностойкости K_{mp} , который определялся как отношение прочности на растяжение при изгибе к прочности при сжатию.

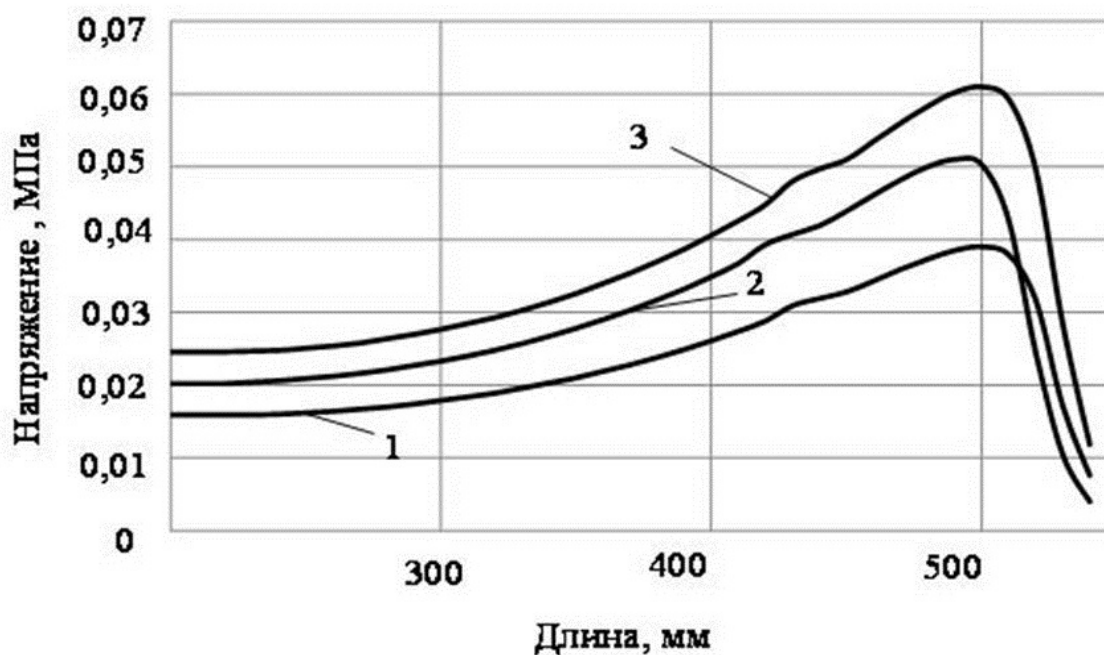


Рисунок 8 – Зависимость растягивающих напряжений σ_x от протяженности контакта в апреле:

1 – г. Краснодар; 2 – г. Москва; 3 – г. Новосибирск

Результаты расчета показывают, что образцы покрытий обладают достаточной трещиностойкостью, так как значения условного коэффициента трещиностойкости $K_{тр}$ составляют для образцов на основе контрольного состава $K_{тр} = 0,46$, на основе состава при введении добавки – $0,54$.

Для регулирования цветовой гаммы покрытий в отделочный состав предложено вводить пигменты, при этом содержание пигмента составляло 1-5 % от массы извести. Подобраны различные цветовые гаммы покрытий в зависимости от вида пигментов.

Для оценки эксплуатационной стойкости покрытий на основе разработанной известковой ССС были проведены испытания на морозостойкость путем попеременного замораживания-оттаивания отделочного слоя, нанесенного на цементно-песчаное основание. Оценку внешнего вида покрытий проводили по ГОСТ 6992-68 «Покрытия лакокрасочные. Метод определения устойчивости покрытия в атмосферных условиях». За «отказ» принималось состояние покрытия, оцененное III.4 баллами. Такое состояние характеризуется потерей блеска до 5 %, едва заметным изменением цвета и отсутствием отслаивания, растрескивания поверхности. Таким образом, «отказ» покрытия наступил после 33 циклов испытаний. Следовательно, марка морозостойкости составляет F25. Это свидетельствует о том, что известковую

сухую строительную смесь с применением добавки на основе синтетического цеолита можно применять только для реставрации и внутренней отделки зданий.

В таблице 1 приведены показатели технологических и эксплуатационных свойств отделочного состава на основе разработанной ССС, предназначенной для реставрации и отделки зданий.

Таблица 1 – Свойства разработанных составов ССС и отделочного покрытия на их основе

Наименование показателя	Величина показателя отделочных составов	
	разработанного	прототипа
Средняя плотность ССС, $\rho_{ср}$, кг/м ³	1290-1304	1575
Плотность покрытия, кг/м ³	1470-1500	1650
Жизнеспособность при хранении в открытых емкостях, час	2-5	≥ 2
Удобоукладываемость	хорошая	хорошая
Рекомендуемая толщина одного слоя, мм	до 20	до 20
Расход отделочного состава при нанесении толщиной слоя в 10 мм, кг/м ²	12-14	15-17
Водоудерживающая способность, %	96,0-97,9	95,0-97,0
Время высыхания при 20°C до степени «5», мин	не более 30	не более 45
Адгезионная прочность $R_{адг}$, МПа	0,52±0,025	0,40
Прочность при сжатии, $R_{сж}$, МПа	2,61±0,163	0,40
Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/(м·ч·Па)	0,049	0,047
Наличие трещин вследствие усадки	нет	нет
Температура применения, °C	5-35	5-35

В качестве прототипа выбран известковый штукатурный состав Рунит на основе воздушной извести, производимой компанией ООО «Ажиопроект».

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработан состав сухой строительной смеси, предназначенный для реставрации и отделки зданий и содержащий известь-пушонку, кварцевый песок Ухтинского месторождения с соотношением фракций 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм соответственно 80 %:20 %, добавку на основе синтетического цеолита, пластификатор Кратасол-ПФМ и релаксифицируемый порошок Neolit-4400. Отделочный слой на основе разработанной смеси характеризуется следующими показателями: адгезионная прочность $R_{адг} = 0,52$ МПа, когезионная прочностью $R_{ког} = 0,53$ МПа, паропроницаемость $\mu = 0,049$ мг/(м·ч·Па), условный коэффициент трещиностойкости $K_{тр} = 0,54$, водопоглощение по массе $W_m = 10,45$ %, коэффициент размягчения $K_p = 0,68-0,71$.

2. Обоснована возможность повышения стойкости покрытий на основе известковых ССС введением добавки, содержащей синтетический цеолит. Выявлены закономерности структурообразования известкового композита в присутствии добавки, содержащей синтетический цеолит, заключающиеся дополнительно в образовании гидросиликатов кальция-натрия и минералов группы цеолитов, увеличение количества химически связанной извести на 8,74 %.

3. Выявлено, что добавка на основе синтетического цеолита характеризуется высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Гранулометрический состав, выполненный с помощью автоматического лазерного дифрактометра *Fritsch Particle Sizer Analysette 22*, представлен содержанием частиц размером 0,010-0,500 мкм менее 0,01 %, содержанием 0,44 % частиц размером 100,000-200,000 мкм. Менее 5 % составляют частицы диаметром 3,226 мкм, менее 15 % – частицы диаметром 6,985 мкм.

5. Выявлено, что введение в рецептуру известковой сухой смеси добавки на основе синтетического цеолита способствует ускорению отверждения покрытий. Подобрана оптимальная концентрация добавки, составляющая 10 % от массы извести. Показано, что введение в известково-песчаный состав добавки на основе синтетического цеолита способствует повышению прочности при сжатии в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения в 1,9 раз. Разработана модель твердения известково-песчаных растворов, содержащих добавку на основе синтетического цеолита.

6. Методами рентгенофазового и химического анализа, и при применении термодинамических расчетов выявлено, что образцы на основе известковых составов с добавкой на основе синтетического цеолита характеризуются содержанием гидросиликатов кальция-натрия, кальцитом, гидроксидом кальция и минералами группы цеолитов, увеличением количества химически связанной извести на 8,74 %.

7. Установлены закономерности изменения реологических и технологических свойств известково-песчаных растворных смесей в зависимости от рецептурно-технологических факторов.

8. Оценена трещиностойкость отделочного слоя на основе разработанного состава ССС. Установлено, что введение в рецептуру известковой сухой смеси добавки на основе синтетического цеолита способствует повышению трещиностойкости отделочного слоя. Выполнен анализ распределения напряжений в отделочном слое от действия температуры как одного из факторов старения. Установлено, что максимальные растягивающие напряжения в отделочном слое, составляющие 0,101-0,1098 МПа, наблюдаются в зоне расположения анкеров. Выявлено, что максимальные касательные напряжения наблюдаются в концевой зоне покрытия. Максимальные напряжения характерны для апреля месяца и составляют для г. Краснодар $\sigma_{xy} = 0,062$ МПа, г. Москвы $\sigma_{xy} = 0,075$ МПа, г. Новосибирска $\sigma_{xy} = 0,096$ МПа. Установлены низкие значения касательных напряжений в зоне контакта, максимальные значения которых характерны для анкерной зоны и составляют для условий г. Краснодара $\sigma_{xy} = 0,0125$ МПа, г. Москвы $\sigma_{xy} = 0,0098$ МПа, г. Новосибирска $\sigma_{xy} = 0,0152$ МПа.

9. Разработаны технологическая схема производства декоративной сухой отделочной смеси и проект стандарта организации СТО «Смеси сухие строительные. Технические условия». Определены технико-экономические показатели производства сухой строительной смеси.

**Основные положения и результаты диссертационной работы
изложены в изданиях, входящих в перечень ВАК:**

1. Логанина, В.И. Реологические свойства композиционного известкового вяжущего с применением синтетических цеолитов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, Л.В. Макарова, М.А. Садовникова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2013. – №4. – С. 37-42.

2. Логанина, В.И. Известковые отделочные составы с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, И.В. Жерновский, М.А. Садовникова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – №2. – С. 55-57.

3. Логанина, В.И. Применение синтетических цеолитов в известковых отделочных составах / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.А. Садовникова // Приволжский научный журнал. – 2014. – №1. – С. 27-30.

4. Логанина, В.И. Оценка трещиностойкости отделочного слоя на основе сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.В. Арискин, О.В. Карпова, М.А. Садовникова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – №5. – С. 7-10.

5. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.А. Садовникова // Строительные материалы. – 2014. – №4. – С. 87-89.

6. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезированной алюмосиликатной добавки для сухих строительных смесей / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.А. Садовникова // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2 (18). – С. 54-57.

7. Логанина, В.И. Оценка напряженного состояния отделочного слоя на основе состава с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.В. Арискин, З.Н. Родионова, М.А. Садовникова // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. – 2014. – №2. – С. 77-79.

Публикации в прочих изданиях:

8. Loganina, V.I. Effect on Structure of Synthetic Zeolite Lime Composites / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, M.A. Sadovnikova // European Science and Technology: materials of the Vinternational reaserch and practice conference, Germany. – 2013. – pp. 429-432.

9. Логанина, В.И. Добавка на основе синтезированных алюмосиликатов для цементных систем / В.И. Логанина, И.В. Жерновский, К.В. Жегера, М.А. Садовникова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №6. – С. 8-11.

10. Садовникова, М.А. Модифицирующая добавка для известковых отделочных сухих строительных смесей / М.А. Садовникова // Научно-

практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2014. – №2. – С. 21-23.

11. Садовникова, М.А. Свойства синтезированной добавки на основе алюмосиликатов для известковых сухих строительных смесей / М.А. Садовникова // Молодой ученый. – 2014. – №3. – С. 15-16.

12. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезированной алюмосиликатной добавки для известковых сухих строительных смесей/ В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.А. Садовникова // Научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2014. – №5 1(37). – С.10.

13. Садовникова, М.А. Свойства известкового композиционного вяжущего с применением синтезированных алюмосиликатов / М.А. Садовникова // Молодой ученый. – 2014. – №16. – С. 401-403.

14. Логанина, В.И. Известковые отделочные сухие строительные смеси с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, М.А. Садовникова // Сухие строительные смеси. – 2015. – №1. – С. 14-15.

15. Loganina, V.I. Composition limy binder with the use of the size of aluminosilicates for dry construction blends / V.I. Loganina, R.V. Tarasov, L.V. Makarova, M.A. Sadovnikova // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol.977. – pp. 34-37.