

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

В.И. Логанина, М.А. Садовникова

**СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ
ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ**

Пенза 2016

УДК 691.3:620.197.6(035.5).

ББК 38.639.1+38.7с

Л69

Рецензент – кандидат технических наук
В.Ю. Нестеров

Логанина В.И.

Л69 Сухая строительная смесь для реставрации и отделки зданий:
моногр. / В.И. Логанина, М.А. Садовникова. – Пенза: ПГУАС, 2016. –
120 с.

ISBN 978-5-9282-1366-4

Приведены сведения о рецептуре и свойствах известковой сухой строительной смеси с применением добавок на основе синтетических алюмосиликатов. Рассмотрены вопросы технологии получения алюмосиликатов.

Подготовлена на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначена для научных и инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство».

ISBN 978-5-9282-1366-4

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Логанина В.И., Садовникова М.А., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

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», «Saraol» 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 актуальной является разработка рецептуры известковых СССР, характеризующихся низкой стоимостью, 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.

В первом разделе монографии представлен материал о сухих строительных смесях для реставрации зданий исторической застройки. Рассмотрена динамика развития производства СССР в России. Описаны модифицирующие добавки для известковых сухих строительных смесей. Значительное внимание уделено технологии синтеза цеолитов.

Во втором разделе рассмотрена технология получения синтетических цеолитов. Описан минералогический состав кристаллической фазы добавки на основе синтетического цеолита, представленный тенардитом, гиббситом, а также минералами группы цеолитов. Показано, что содержание аморфной фазы составляет 77,5 %.

Показано, что добавка на основе синтетического цеолита характеризуется высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Гранулометрический состав добавки представлен содержанием частиц менее 0,01 % размером 0,010-0,500 мкм, частиц размером 100,000-200,000 мкм – 0,44 %, менее 5 % составляют частицы диаметром 3,226 мкм, менее 15 % – частицы диаметром 6,985 мкм.

В третьем разделе приведены сведения о закономерности структурообразования известковых отделочных составов с добавлением добавок на основе синтетических цеолитов. Показано, что известковые композиты на основе составов с добавкой на основе синтетических цеолитов характеризуются увеличением количества химически связанной извести, более

высокой прочностью при сжатии образцов. Разработана модель твердения известково-песчаных растворов с добавкой на основе синтетического цеолита.

Приведены закономерности изменения реологических и технологических свойств известково-песчаных растворных смесей в зависимости от рецептурно-технологических факторов. Установлен большой пластифицирующий эффект добавок на основе поликарбоксилатных эфиров по сравнению с добавками на основе модифицированных лигносульфонатов натрия.

Четвертый раздел содержит сведения об эксплуатационных свойствах отделочного состава на основе разработанной известковой сухой строительной смеси. Оценена трещиностойкость отделочного слоя на основе разработанного отделочного состава. Показано, 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 наблюдаются в зоне расположения анкеров. Выявлено, что максимальные касательные напряжения наблюдаются в концевой зоне покрытия. Приведены значения максимальных напряжений для г.г. Краснодар, Москвы, Новосибирск.

Представлена технологическая схема производства декоративной сухой отделочной смеси и проект стандарта организации СТО 3.003-2013 «Смеси сухие строительные. Технические условия». Определены технико-экономические показатели производства сухой строительной смеси.

Издание может использоваться в качестве дополнительной литературы студентами, инженерно-техническими работниками, занимающимися вопросами производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Авторы будут признательны за все замечания, высказанные по содержанию книги.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки

Особое место среди современных строительных материалов занимают сухие строительные смеси (ССС) [11,20,39,40]. СССР имеют неоспоримые преимущества и высокую эффективность как в техническом, так и в экономическом отношении.

Использование СССР в строительстве позволяет повысить производительность труда в 1,5-5 раз, снизить материалоемкость (снижение потерь на доставках, при производстве работ – в 3-10 раз), повысить качество и долговечность выполненных строительных работ. Именно с этим связаны столь широкое применение СССР в развитых странах и высочайшие темпы роста их использования в РФ. Так, темпы ежегодного прироста выпуска модифицированных СССР в РФ составляют около 50 % в объемном выражении, для районов же, не входящих в группу депрессивных, эти темпы еще выше. На данный момент годовое потребление СССР в РФ в пересчете на душу населения составляет 9-10 кг, тогда как в странах ЕС этот показатель превышает 30 кг/чел., а в отдельных странах ЕС – свыше 80 кг/ чел. [9, 126, 138].

Сухие строительные смеси впервые появились на российском рынке только в 90 х годах прошлого столетия. До этого все строительные отделочные материалы, такие, как монтажно-кладочные растворы на цементных связующих, шпаклевки, клеи, известковые и меловые пасты, готовились на заводах в «мокром» виде – готовыми к употреблению. В худшем случае они замешивались непосредственно на месте работ. Главным недостатком заводских смесей был ограниченный срок годности – от нескольких часов у растворов до пары месяцев у шпаклевок и паст. При «полевом» способе производства сложно соблюсти необходимые пропорции, а потому технология приготовления практически всегда нарушалась – и, соответственно, падало качество.

Первые СССР, пришедшие на рынок, были изготовлены в Польше, Финляндии и Германии: это финские материалы марки Vetonit, немецкие штукатурные смеси Knauf и т.д. Их стоимость по отечественным меркам была очень высокой – из-за больших транспортных расходов и низкого уровня конкуренции. Уже через несколько лет после прихода «иностранцев» в России стали производиться свои сухие строительные смеси. В магазинах появилась продукция таких торговых марок, как «Бирсс»,

«Глимс», «Крепс», «Боларс», «Юнис», «Старатели». Рынок стал расти быстрыми темпами, прибавляя примерно 40–50 % в год.

В настоящее время в России функционирует несколько сотен фирм, предлагающих сухие строительные смеси. Этот рынок изначально обрел ориентацию на дорогостоящую продукцию, но постепенно, с развитием конкуренции на нем, приобретает четкую ценовую дифференциацию. Как правило, рынок ССС состоит из трех ценовых групп:

- дорогостоящие импортные смеси
- отечественные смеси средней ценовой группы, ориентированные на использование импортных химических добавок и технологий
- смеси, ориентированные полностью на отечественные составляющие.

Именно третья группа представляет наибольший интерес для отечественных производителей сухих строительных смесей, поскольку невысокая цена при приемлемом качестве и широком ассортименте наиболее предпочтительна для большинства россиян, планирующих строительство или ремонт. В последнее время ведется активное строительство и модернизация заводов по производству ССС, что неизбежно приведет к увеличению производства высококачественной продукции.

Рассматривая тенденцию развития производства ССС, следует выделить два основных фактора, тормозящих и ускоряющих развитие их производства. К тормозящему фактору, оказывающему значительное влияние на замедленное развитие производства ССС, можно отнести, прежде всего, отсутствие нормативной базы производства и применения ССС. К сожалению, имеющиеся нормативные документы, как правило, не соответствуют требуемому уровню, а зарубежные не адаптированы к российским условиям [96].

Положительным моментом, вызывающим рост потребительского спроса на ССС, являются высокие эксплуатационные и технологические показатели растворов и покрытий на их основе, дающие несомненное преимущество при применении данного вида продукции.

Для рынка модифицированных сухих смесей характерна умеренная степень концентрации. В прошлом году пять компаний – лидеров по объемам реализации контролировали около половины рынка. Заметим, что в разных товарных группах состав лидирующих групп отличается. Среди клеев наибольшую долю занимают материалы Юнис, лидер рынка штукатурок – материалы Кнауф, шпатлевок – ССС Ветонит, которые прочно утвердились и удерживают свои позиции за счет выпуска продукции стабильного качества (рис. 1.1).

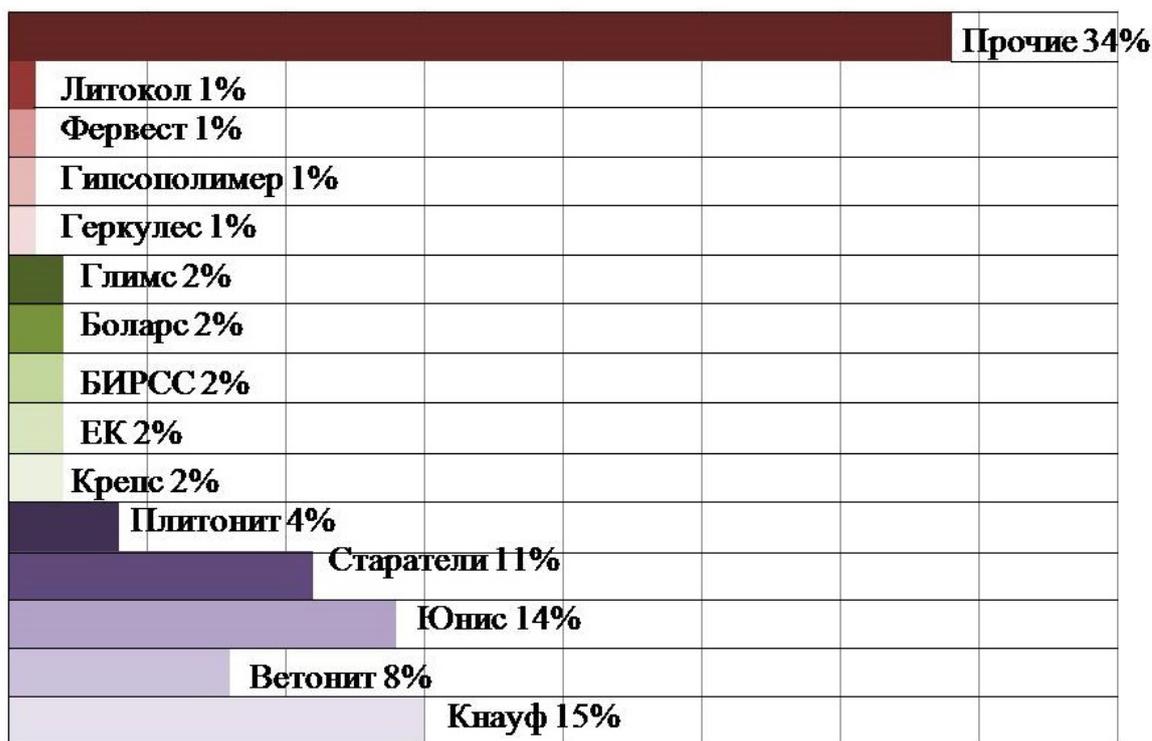


Рис. 1.1. Основные производители сухих строительных смесей России и их доли рынка в натуральном выражении (по данным 2014 г.) [93]

По мнению аналитиков, наиболее популярный вид сухих строительных смесей – шпаклевки, их покупают более 60 % потребителей. Около 50 % используют штукатурку и универсальные смеси. Чуть меньшую долю занимает клей для плитки, грунтовка и затирки для швов (рис.1.3). Гидроизоляция и наливные полы в последнее время всё шире применяются строителями. Некоторые торговые марки насчитывают до сотни и более различных видов смесей. Сегодня в нашей стране потребление ССС на душу населения составляет от 2 до 3 кг в год, в то же время в Германии этот показатель равен 30кг, а во Франции, Польше и Финляндии – 20 кг в год. Исследования российского рынка сухих строительных смесей за последние годы показывают, что в целом он рос и развивался опережающими темпами по сравнению с другими сегментами индустрии строительного-отделочных материалов. При этом в Москве и Санкт-Петербурге, где высококонкурентные рынки насыщены и организации строительного комплекса стали широко использовать сухие смеси гораздо раньше, чем их коллеги в других городах России, рост объемов потребления колебался в пределах 20-25 %. В регионах рост был еще выше, и именно региональные рынки имеют наибольший потенциал роста.

По мнению аналитиков, на рост рынка ССС влияют:

- увеличение объемов строительных и ремонтно-отделочных работ;
- увеличение расхода материалов на единицу таких работ.

Именно второй фактор оказывает определяющее влияние на рост региональных рынков ССС. Сырьевая база в стране почти полностью своя, начиная от цемента и заканчивая всевозможными минеральными наполнителями.

Рост рынка обеспечивают в основном отечественные предприятия, и на этом фоне доля импортируемых смесей постоянно снижается.

В настоящее время в отрасли действует порядка шестидесяти производителей ССС и за последние два года это число не менялось в сторону увеличения.

Около половины рынка ССС традиционно приходится на несколько компаний-лидеров, представляющих торговые марки Knauf, Vetonit, «Плитонит» и «Юнис». Практически во всех крупных городах, помимо дилеров, есть свои предприятия-производители, которые реализуют продукцию в этом же регионе.

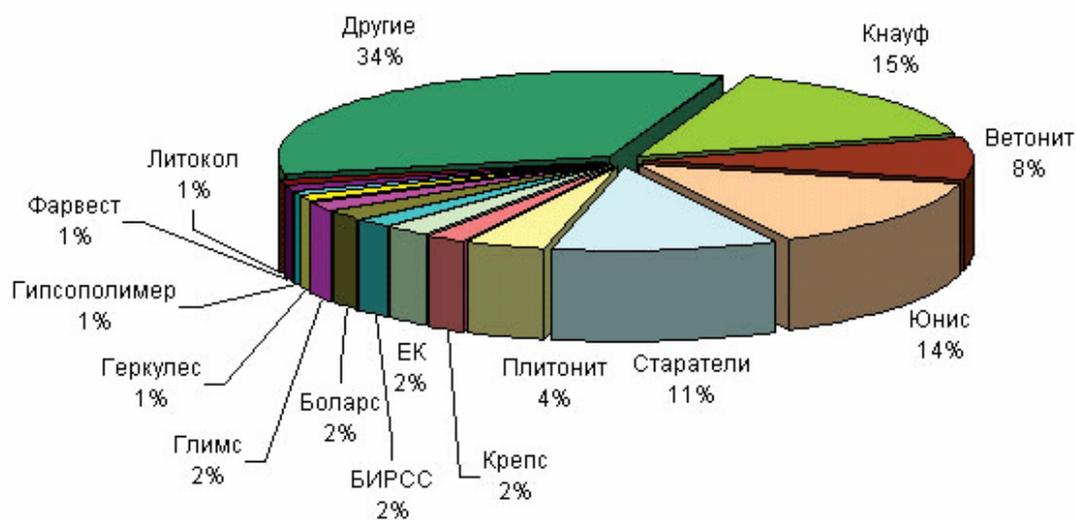


Рис. 1.2. Доли отечественных производителей модифицированных ССС

Большую долю – почти треть российского рынка занимает производитель гипсовых смесей **Кнауф (Knauf)**. Шпаклевки, штукатурки, смеси для наливных полов, плиточные клеи, кладочные и затирочные смеси, ровнители – темпы роста продаж сухих смесей Кнауф удивляют. Каждый год заводы Кнауф увеличивают продажи на 35%. В России Кнауф известен с 1993 года, а по всему миру имеет около 250 предприятий.

Сухие смеси Волма широко известны потребителю в России и представлены несколькими десятками наименований. Штукатурки, шпатлевки, ровнители, монтажные смеси, плиточные клеи, гипс и т.д. – это второе место на рынке гипсовых сухих смесей в России, 5 заводов и 3 гипсовых карьера.

Заметные объемы материалов на гипсовой основе производят заводы **Старатели**. Штукатурки, шпатлевки, затирки, гидроизоляция – компания имеет 4 филиала по России и 15 высокотехнологичных линий под Москвой. Продукция фирмы насчитывает более 80 наименований – это один из крупнейших производителей сухих смесей в России.

Группа компаний Юнис (UNIS) уверенно держит второе место в России по объему выпускаемых смесей, и занимает первое место в России по производству плиточного клея. Ассортимент UNIS содержит 8 направлений – это клеи, штукатурки, ровнители, шпатлевки и пр. Продукция UNIS имеет 5-летнюю гарантию на результаты работ с использованием своих материалов.

Филиал в России **Weber-Vetonit** французской компании **Сен-Гобен** – крупнейшего производителя сухих смесей в мире, работающего в 42 странах, производит в России штукатурки, шпатлевки, плиточные клеи, ровнители для пола, затирки для швов и др.

Продукция немецкой фирмы **Henkel** – под марками **Ceresit** и **Момент** стабильно наращивает прибыли на российском рынке. Штукатурки, шпатлевки, плиточные клеи, клеи для обоев, затирки, ровнители, гидроизоляция – далеко не полный список ассортимента немецкого концерна. В России CERESIT входит в тройку ведущих западных марок по производству цементных строительных смесей.

Нельзя обойти вниманием широко известного производителя торговой марки **Крепс**, который основал известный **Союз производителей сухих строительных смесей**, в который входят практически все известные производители сухих смесей в России. С 2010 года Крепс прирастает каждый год на 30 %, быстрее всех в отрасли за исключением гипсовых производителей.

«Консолит» – самая молодая и динамично развивающаяся марка на этом рынке. Под маркой «Консолит» производятся качественные сухие строительные смеси с использованием целого ряда специальных полимерных добавок. Это ставит марку на один уровень с ведущими игроками рынка по качеству продукции.

При этом в отличии от мировых лидеров, «Консолит» представляет полный ассортимент материалов для отделки (штукатурки, шпатлевки, грунтовки, наливные полы).

Цена продукции «Консолит» выше, чем цена обычной смеси из песка и цемента и других «простых» по составу сухих смесей, но ниже, чем цены

лидеров рынка, специализирующихся на производстве определенных видов смесей.

Позиционирование. Консолит позиционирует себя как качественный продукт, в средней ценовой категории и в ассортименте, необходимом для проведения полного цикла ремонтно-отделочных работ.

На сегодня больше половины всех потребляемых в России сухих строительных смесей — цементные. Однако наблюдается уверенная тенденция к росту потребления гипсовых смесей.

Исследования рынка строительных материалов показывают, что значительная доля ССС (52 – 55 %) уходит не на отделку новых зданий, а на ремонтные работы. Их динамика, в свою очередь, определяется темпами жилищного и коммерческого строительства и уровнем износа жилищного фонда.



Рис. 1.3. Соотношение объемов реализации сухих строительных смесей различных торговых марок [56]

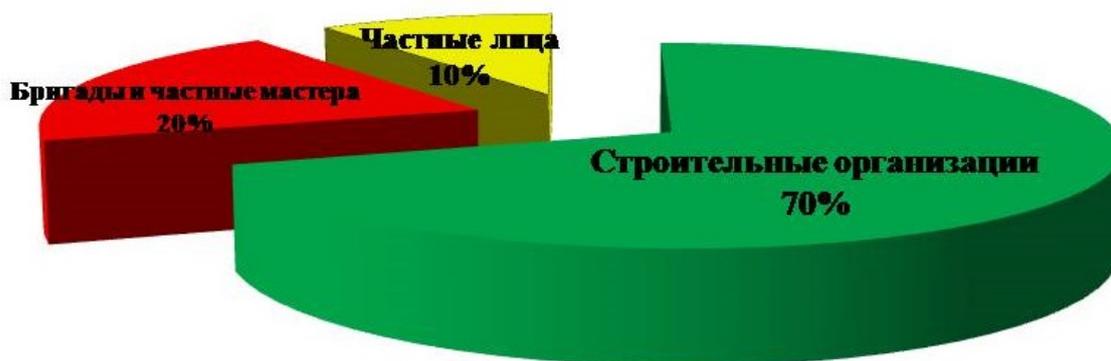


Рис. 1.4. Распределение сухих строительных смесей среди потребителей [52]

При застройки исторических сооружений, памятников архитектуры, храмов использовался природный камень и материалы, основным компонентом которых являлась известь. Однако, со временем состояние атмосферы значительно изменилось, особенно в мегаполисах, увеличилось коррозионное воздействие на материал. Поверхностная «пatina» (CaCO_3) известковых покрытий стен, деталей и форм разрушается под действием кислотных дождей и агрессивной углекислоты. Активная градостроительная политика часто приводит к нарушению гидрогеологической ситуации в исторической части городов, что вызывает вполне обоснованную тревогу за физическое состояние архитектурных памятников.

В настоящее время можно выделить несколько основных направлений обеспечения сохранности памятников старины. К ним относятся:

- технические способы защиты сооружений от воды и атмосферных воздействий: устройство дренажных систем, горизонтальная отсечка грунтовой влаги, защита наружных икон органическим стеклом, тентовые конструкции и т.д.;

- теплофизические методы: теплоизоляционные устройства, препятствующие теплопереносу через стены, а также создание искусственного микроклимата вокруг сооружения путем ограниченного воздушного обогрева;

- химические методы, применение которых возрастает ежегодно в связи с прогрессом в области создания новых строительных материалов с заданными свойствами и внедрением новых технологий.

Наиболее сложной и ответственной частью реставрационных работ является структурное укрепление материала. Сложность проблем заключается в достижении необходимой прочности: когезионной между частицами старого материала и адгезионной, обеспечивающей сцепление ремонтного материала с основным. Кроме того, ремонтные составы не должны вносить химических изменений в структуру основы, ибо это может

повлечь возможную деструкцию материала. Исходя из этих основных предпосылок, целесообразно использование химически родственных систем, близких по составу и свойствам природным материалам. Именно поэтому чаще всего для реставрации зданий исторической застройки применяют сухие строительные смеси на основе воздушной извести [54].

Замена известковых растворов на цементные при проведении реставрации объектов может нарушить процессы миграции влаги через ограждающие конструкции и вызывать негативные проявления в виде морозного разрушения, отслоения отделочных покрытий и пр.

Высокая паропроницаемость известковых составов способствует улучшению микроклимата отделанных ими помещений, что должно учитываться и при новом строительстве. Известковые растворы регулируют влажность внутри зданий – они легко поглощают избыточную влагу из воздуха и также легко её отдают при снижении относительной влажности в помещении.

Качество отделки также во многом определяется отсутствием трещин. Известно, что трещины появляются под действием внутренних и внешних факторов, вызывающих деформаций растяжения, превышающие предельную растяжимость материала. Косвенно о трещиностойкости материалов можно судить по соотношению $R_{изг}/R_{сж}$ (чем выше отношение, тем выше трещиностойкость), а также по времени появления трещины в образце-кольце (метод Лермита). На рис. 1.5 представлены данные, которые позволяют судить о более высокой трещиностойкости известковых растворов по сравнению с цементными [116].

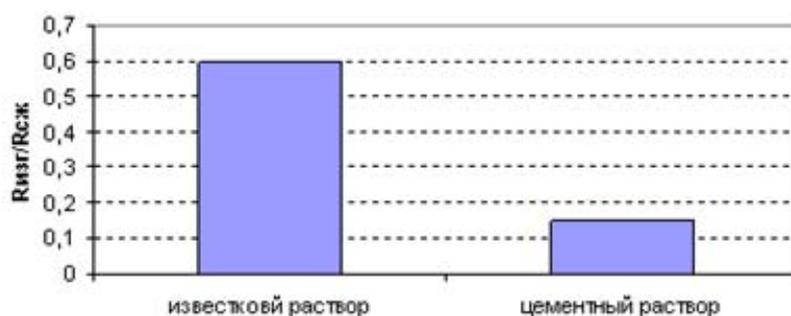


Рис. 1.5. Отношение $R_{изг}/R_{сж}$ для известковых и цементных растворов

При соблюдении технологического регламента известковые растворы имеют хорошее сцепление с основанием, что также защищает штукатурный раствор от появления трещин.

Важным положительным свойством строительных растворов на основе извести является их устойчивость к биоповреждениям. Растворы, полученные из сухих строительных смесей на основе извести устойчивы к биологической коррозии, что обусловлено высоким значением pH (щелочная среда), использованием песка, прошедшего термообработку и удаление илестых частиц, а также отсутствием в составе растворов органических добавок.

Немаловажным для практики, как реставрационных работ, так и нового строительства, является возможность выполнения отделочных работ при низких положительных или умеренно отрицательных температурах.

Однако недостаточно высокая прочность и водостойкость, а также усадка при испарении влаги в первый период твердения, требуют дальнейших исследований по улучшению свойств известковых сухих смесей.

При проектировании состава сухих строительных смесей на основе извести необходимо решить одну важную задачу – получить раствор с надлежащими физико-механическими свойствами независимо от колебаний температуры и влажности окружающей среды. Известен метод, когда в раствор на гашеной извести добавляют молотую негашеную известь. Теплота, выделяемая при гашении части извести ускоряет один из известных процессов твердения известковых растворов — выделение кристаллов гидроксида кальция. Прочность таких растворов существенно выше, чем изготовленных на гидратной извести, а усадочные деформации проявляются в меньшей степени.

Использование в составе известковой сухой смеси модифицирующих добавок является необходимым условием. В практике производства известковых сухих смесей основное внимание уделено активным минеральным добавкам. Критерием выбора минеральных добавок для известковых смесей должна быть не только гидравлическая активность добавки, но и ее способность влиять на развитие ранней прочности и снижение усадочных деформаций за счет водоудержания.

Предложена добавка, получаемая термической обработкой каолина при $t=650-700$ °С. При обжиге из кристаллической решетки удаляются гидроксиды и кристаллическая структура преобразуется в аморфный метакаолин, с большим количеством пустот в структуре частицы. Химический состав получаемой добавки: 43-47 % Al_2O_3 ; 50-54 % SiO_2 и 0,5 % Fe_2O_3 . Ценным для известковых растворов свойством является пористая структура частицы аморфного метакаолина и состояние его поверхности.

Таким образом, применение современных минеральных добавок открывает новые перспективы по улучшению свойств известковых сухих смесей, как для нового строительства, так и для реставрационных работ на объектах исторического наследия.

На рынке хорошо известна известковая штукатурка фирмы Sapaol. Особенностью этой штукатурки является то, что высокой степени измельчения подвергается гидроксид кальция (для осуществления этого процесса не у всех производителей красочных материалов имеются технические возможности) [38].

Свойства покрытия благодаря новым промышленным технологиям значительно улучшаются:

- химическая реакция отверждения покрытия идет более активно;
- чем меньше частицы материала, тем больше прочность сцепления известкового состава с подложкой.

Эти факторы улучшают сопротивляемость краски внешним воздействиям.

Таким образом, известковое покрытие на основе сухой строительной смеси фирмы Sapaol, сохраняют все необходимые качества известковых материалов, которые необходимы для проведения реставрационных работ, а с другой стороны благодаря новым технологическим решениям вполне способны эффективно бороться с негативными разрушительными воздействиями, возникающими вследствие загрязнения атмосферы.

Смесь фирмы Sapaol имеет естественный серый цвет.

Свойства данного продукта:

- высокая пропускающая способность водяного пара;
- очень слабое натяжение;
- может подвергаться механическим нагрузкам;
- хорошо наносится машинным способом;
- длительное время применения;
- хорошая устойчивость;
- экологически чистый.

Известковая штукатурка Quick-Mix МКЕ – представляет собой натуральный продукт, соответствует всем строительным и гигиеническим требованиям, которые на данный момент предъявляются к штукатуркам. Чистое природное сырье позволяет получить отличные характеристики паропроницаемости и подкупает своей способностью к «регулированию влажности». В то же время вредные для здоровья человека организмы лишаются питательной среды. Создает комфортный микроклимат в помещении [63].

Основание под штукатурку должно быть прочным, сухим, очищенным от пыли, масел и прочих веществ. Перед нанесением основание следует увлажнить или прогрунтовать. Такая штукатурка наносится в два этапа. Первый этап включает в себя нанесение на основание методом набрызга, спустя 3-4 часа следует нанести верхний слой. Общая толщина штукатурного слоя должна составлять примерно 10 мм. В зависимости от основания

и температуры окружающей среды затирка войлоком осуществляется примерно спустя 2-5 часов.

Характеристики штукатурки Quick-Mix МКЕ представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристики известковой штукатурки Quick-Mix МКЕ

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Цвет	Белый
2	Назначение	Для строительного кирпича
3	Прочность при сжатии	1,5 кгс/см ²
4	Зернистость	0-1 мм
5	Выход раствора из 1 упаковки	21,0 л
6	Расход воды на 1 упаковку	7,0 л
7	Температура применения	От +5 до +30°С
8	Рекомендуемая толщина слоя	10 мм
9	Срок хранения	12 мес

В последнее время на российском рынке появилось большое количество отечественных производителей сухих строительных смесей для реставрации и отделки зданий исторической застройки, а также вновь возведенных зданий: известковая штукатурка «Экстра Б», известковая штукатурка «Рунит Классическая крупная» и т.п.

На сегодня одной из самых популярных известковых красок является краска «Холви» производства компании «Финнколор». Особенность этой краски в том, что она выпускается уже готовая к применению, то есть не в виде сухой смеси, а в виде пасты. Уже порядка десяти лет назад этот материал использовался при реставрации гостиницы «Англетер», а совсем недавно краской «Холви» был покрыт Витебский вокзал. Стоимость такой краски от 1 740 до 2 380 рублей за 25 кг [119].

Штукатурка «Экстра Б» – это сухая известково-песчаная смесь натурального белого цвета, состоящая из гидратной извести, кварцевого песка и модифицирующей добавки концентрата «Экстра». Без цемента, клеев и полимеров. Приготовление смеси происходит непосредственно на месте проведения работ [55].

«Экстра Б» термостойкая, кислотостойкая. Для ускорения становления готового штукатурного слоя, его необходимо смачивать водой несколько раз в день, в зависимости от влажности окружающей среды. При нанесении известковой штукатурки, допускается окружающая температура воздуха от +50°С до +3°С. Возможно использование смеси до минус 3°С, при условии нанесения разового слоя до 30 мм и последующей затирки по

«Сухому» без применения воды. У «Экстра Б» отсутствует разграничение по назначению – для наружных или внутренних работ, по предварительной или окончательной стадии отделки поверхности, по применению в сухой или влажной среде. Смесь предназначена для ручного и машинного нанесения.

Известковая штукатурка «Рунит Классическая крупная» – сухая строительная крупнозернистая штукатурная смесь на основе воздушной извести, включающая пуццолановую добавку, карбонатный наполнитель, фракционированный песок НК 2,5 мм [54]. Предназначена для грубого выравнивания стен и потолков по кирпичным и деревянным основаниям, известковым и известково-гипсовым штукатуркам. Рекомендована для отделки фасадов и интерьеров, а также для реставрации и реконструкции памятников архитектуры.

Преимущества покрытий на основе известковой штукатурки «Рунит»: высокая паропроницаемость, высокая стойкость к биопоражениям, экологичность.

Толщина слоя обрызга составляет ~5 мм, время твердения 1-2 дня, максимальная толщина штукатурки при однослойном нанесении – 15 мм. При нанесении нескольких слоев нижние слои выравниваются, но не заглаживаются. Каждый последующий слой наносится после приобретения несущей способности предыдущего (~24 часа).

Время твердения всех штукатурных слоев перед окраской – не менее 10 дней на каждый сантиметр толщины.

В практике производства реставрационных работ нашли применение составы серии Петромикс, которые состоят из извести, цемента, фракционированного кварцевого песка, а также специально подобранных высококачественных экологически чистых дисперсионных добавок (фирм «Wacker» (Германия), «Bayer» (Германия), «Rhodia» (Франция), «Akzo Nobel» (Швеция)), делающих штукатурную смесь пластичной и удобной в работе. Состав является морозо- и водостойким. Технические характеристики приведены ниже

Соотношение известь/цемент, по вяжущему	67 %/33 %
Максимальная фракция	2,5 мм
Работоспособность после смешивания с водой	не менее 2 часов
Расход воды на 1 кг сухой смеси	170-180 г
Толщина слоя.....	от 5 до 30 мм
Предел прочности на отрыв через 28 суток	не менее 0,3 МПа
Предел прочности при сжатии через 28 суток	не менее 2 МПа
Расход при толщине 5 мм.....	9 кг/м ²
Морозостойкость, не менее.....	F 50
ТУ 5745-003-45518852-2001	

Составы рекомендованы для ведения отделочных работ на фасадах памятников архитектуры и обычных зданий государственным предприятием «Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектный институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация» при министерстве культуры РФ.

Компания «Крепс» успешно выпускает несколько видов известковых штукатурок с гидравлической добавкой и без нее – серия «Крепс Антик».

Известковые штукатурки «Антик 1» и «Антик 2» можно наносить на старые кирпичные, бетонные, оштукатуренные составами на известковом вяжущем стены. Различие в фракционном составе наполнителя позволяет использовать «Антик 1» и «Антик 2» при различных видах отделочных работ.

«Антик 1» с максимальным размером зерна наполнителя 0,63 мм обладает повышенной пластичностью и может использоваться как финишная отделочная штукатурка в труднодоступных местах. Также штукатурка «Антик 1» применяется в качестве выравнивающего слоя толщиной до 2 см внутри и снаружи помещений. Эта штукатурная смесь прекрасно подходит именно для реставрации старых оштукатуренных поверхностей, т.к. обладает оптимальной прочностью и плотностью.

«Антик 2» обладает большей прочностью и содержит более крупный наполнитель с размером частиц до 2 мм, эта смесь предназначена для оштукатуривания стен внутри и снаружи зданий. Сейчас при реставрации зданий часто практикуется полное устранение старой штукатурки до основания стены, а затем оштукатуривание поверхности новыми материалами. Для такого вида работ можно применять более крупную по своему фракционному составу, и также более плотную штукатурку «Крепс Антик 2».

Однако, рецептура отечественных ССС, предназначенных для выполнения реставрационных работ, содержит в своем составе значительное количество модифицирующих добавок (5-8 наименований) зарубежного производства, что на сегодняшний момент в силу финансовых причин значительно удорожает стоимость ССС.

1.2. Модифицирующие добавки для известковых сухих строительных смесей

Современное производство сухих строительных смесей немислимо без использования модифицирующих добавок. Несмотря на то, что основные процессы формирования свойств строительных растворов определяется взаимодействиями в системе «минеральное вяжущее – заполнитель – вода», введение в такую систему неорганических и органических модифицирующих добавок позволяет изменять практически все характеристики материала.

Применяемые для модификации строительных материалов добавки различны по химическому составу и физическим характеристикам, таким как содержание и состав активной фазы, размер частиц и их распределение по размерам, удельная площадь поверхности, степень кристалличности и цвет, и таким образом обладают различным уровнем активности и другими характеристиками.

Применение модифицирующих добавок в составах сухих строительных растворных смесей позволило изменять в широких пределах технологические свойства растворных смесей и строительно-технические свойства растворов и открыло возможность широкого применения тонкослойных технологий и технологий машинного нанесения, позволило изменять в широких пределах технологические свойства растворов. Номенклатура таких добавок на сегодняшний день велика: к ним относятся поверхностно активные вещества (ПАВ), водорастворимые полимеры, водные дисперсии полимеров, добавки-электролиты и др. [1, 5, 6, 127-130].

В соответствии с основными принципами классификации модифицирующих добавок, изложенными в ГОСТ 24211-91, и с учетом специфики производства сухих строительных смесей, модифицирующие добавки для сухих строительных растворных смесей в зависимости от основного эффекта действия классифицируют следующим образом:

- модифицирующие добавки – регуляторы реологических свойств;
- модифицирующие добавки – регуляторы процессов схватывания и твердения;
- модифицирующие добавки – регуляторы структуры;
- модифицирующие добавки – специального назначения;
- модифицирующие добавки – полифункционального действия.

В табл. 2 приведены модифицирующие добавки, наиболее широко используемые производителями сухих строительных смесей.

Т а б л и ц а 2

Классификация модифицирующих добавок для сухих строительных смесей

Класс	Вид	Основа добавки	Основные эффекты от применения
1	2	3	4
Регуляторы реологических свойств сухих строительных смесей	1. Пластифицирующие 1.1. Суперпластифицирующие 1.2. Гиперпластифицирующие 1.3. Сильнопластифицирующие 1.4. Слабопластифицирующие	Поликарбоксилаты, полиакрилаты, меламинасульфонаты, нафталинсульфонаты, лингвасульффонаты	Увеличение подвижности или снижение водоотделения, повышение прочности непроницаемости и морозостойкости

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
	2. Водоудерживающие	Водорастворимые эфиры целлюлозы, поливиниловый спирт, полиэтиленоксид полисахариды, ксантан, сукциногликан	Повышение водоудерживающей способности, снижение водоотделения
	3. Стабилизирующие (структурирующие)	Водорастворимые эфиры крахмала, полидисперсная аморфная окись кремния, бентониты	Снижение водоотделения, улучшение тиксотропных свойств, увеличение времени переработки
Регуляторы схватывания и твердения	4.1. Замедлители схватывания	Фосфаты, сахара, декстрин, соли лимонной и винной кислот, дигидросульфат калия	Увеличение времени переработки
	4.2. Ускорители схватывания (твердения)	Алюминат натрия, фторид натрия, карбонат калия, хлорид кальция, аморфная окись алюминия, карбонат лития, формиат кальция, тонкодисперсный аморфный кремнезем	Ускорение схватывания, ускорение набора прочности
Регуляторы структуры	5.1. Воздухововлекающие	Ионогенные и неионогенные ПАВ, лаурил сульфат натрия, элкенсульфаты натрия, этоксилированные жирные спирты	Повышение морозостойкости, непроницаемости, стойкости в агрессивных средах, снижение средней плотности. Улучшение удобоукладываемости, повышение морозостойкости
	5.2. Уплотняющие	Нитрат кальция, сульфат алюминия, хлорид железа, нитрат железа, аморфная окись кремния, бентонит	Повышение водонепроницаемости
Специального назначения	6.1. Гидрофобизирующие	Стеараты кальция, цинка, алюминия, олеатнатрия, полисилоксаны, силаны на твердых носителях	Снижение водопоглощения раствора, повышение морозостойкости и стойкости в агрессивных средах
	6.2. Повышающие адгезию	Редиспергируемые порошки сополимеров винилацетата, этилена, акрилата, версатата, виниллаурата, бутадиенстирола	Увеличение прочности сцепления с основанием, повышение водонепроницаемости

1	2	3	4
	6.3. Повышающие стойкость к биологической коррозии	Оловоорганические соединения соли фтористой и кремнефтористой кислот, соли высших жирных аминов	Повышение биостойкости
	6.4. Ингибиторы коррозии стали	Нитрит натрия, фосфаты, бораты щелочных металлов, декстрин, крахмал	Повышение коррозионной стойкости арматурных сеток
	6.5. Противоморозные	Карбомид, карбонат натрия, формиат натрия, формиат кальция, нитрат кальция	Обеспечение твердения раствора при отрицательной температуре

Наиболее широкое применение в производстве сухих строительных смесей нашли модифицирующие добавки первого класса – регуляторы реологических свойств. Добавки данного класса используют для модификации сухих строительных смесей практически любого назначения.

Второй класс модифицирующих добавок – регуляторов сроков схватывания и твердения используют для модификации ремонтных составов, составов для устройства полов, составов для механизированного нанесения, сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих и т.д.

Модифицирующие добавки третьего класса – регуляторы структуры используются для модификации ремонтных, гидроизоляционных, штукатурных и т.п. составов.

Модифицирующие добавки четвертого класса – придающие растворам специальные свойства, используют для составов сухих строительных смесей, к которым предъявляются особые, функциональные требования по условиям применения или эксплуатации.

К сожалению, каждый класс модификаторов в отдельности не может наряду с основным эффектом действия изменить в нужном направлении другие важные технологические и строительно-технические свойства растворных смесей и растворов, а в ряде случаев даже ухудшают их. Поэтому применение модифицирующих добавок пятого класса – полифункционального действия позволяет ослабить или совсем исключить отрицательное действие отдельных компонентов, сохранив при этом положительный эффект их действия. Добавки данного класса нашли применение в составах для устройства полов, штукатурных составах ручного и машинного нанесения и особенно в составах сухих строительных смесей со специальными свойствами.

Рассмотренная система классификации добавок касается различных типов сухих смесей как общестроительного назначения, так и узкоспециального: жароупорных, защищающих от ионизирующих излучений, химически стойких и т.п. В специальных смесях основной эффект достигается не за счет добавок, а в результате замены вяжущего, заполнителя или того и другого на специальные компоненты. Например, для получения растворов, защищающих от проникающих (ионизирующих) излучений, в зависимости от вида излучения используют в качестве заполнителя: барит, железные руды, металлический скрап в случае γ -излучения и заполнители из гранул полимеров в случае нейтронного излучения. Добавки в таких смесях играют такую же роль, как и в общестроительных: регулируют реологические свойства, кинетику схватывания и твердения и т.п. [19,121].

Следует отметить, что производителями большинства добавок для производства сухих строительных смесей являются зарубежные фирмы, например, такие как: EVONIK, Wacker Chemie AG, BASF Construction Polimers, AGRANA Starch, Samsung Fine Chemicals. [19,31,146,153].

Внедрение в технологию строительных материалов новых отечественных эффективных модификаторов структуры и свойств позволяют повысить их эксплуатационные характеристики.

Как известно, известковое вяжущее очень медленно твердеет, что затрудняет производство отделочных работ [65, 88, 120, 139].

Для ускорения твердения и повышения прочности известковых композитов, как отмечалось выше, в рецептуру вводят добавки (алюминат натрия, фторид натрия, карбонат калия, хлорид кальция, аморфная окись алюминия, карбонат лития, формиат кальция, тонкодисперсный аморфный кремнезем и др.).

Действие добавок-ускорителей схватывания и твердения заключается в активизации процесса гидратации, приводящей к ускоренному образованию гелей, которые захватывают в свои ячейки большое количество жидкой фазы и вследствие этого вызывают быстрое схватывание и последующее интенсивное упрочнение известкового камня. По механизму действия добавки-ускорители разделяют на два класса.

Добавки электролитов первого класса (ХК, НК, ННК, ННХК), содержащие одноименные с вяжущими веществами кальций-ионы, повышают их растворимость и ускоряют процессы гидратации и твердения преимущественно на ранней стадии, интенсифицируя образование трехмерных зародышей новой фазы и увеличивая дисперсность продуктов гидратации [21].

Добавки электролитов второго класса (П, СН, ХН, ННj, ТН, ТНФ, ЗЦ и другие), реагируя с минеральными вяжущими материалами, образуют труднорастворимые или малодиссоциированные комплексные соединения [6].

При взаимодействии добавок второго класса с клинкерными минералами в основном получают двойные соли-гидраты. Соли натрия и калия,

при условии поступления в жидкую фазу гидроксида кальция, в результате реакции присоединения образуют наряду с основным продуктом и побочный – щелочь.

В реакциях присоединения может участвовать, кроме добавки, гидроксид кальция, поставляемый за счет гидратации элита.

В результате реакций добавок второго класса наблюдается повышение прочности структур твердения. Это, главным образом, обусловлено тем, что в соответствии с механизмом действия добавок происходит быстрое образование первичного структурного каркаса, обрастающего затем гидросиликатами кальция. Наличие структурного каркаса облегчает выкристаллизовывание на матричной фазе из двойных солей основных – силикатных, составляющих, что способствует повышению прочности материала.

Для добавок второй группы, вступающих с вяжущими веществами в обменные реакции, характерно то, что во взаимодействие с алюминийсодержащими фазами в присутствии гидроксида кальция (выделяющегося в процессе гидролиза трехкальциевого силиката) вступают только их анионы, тогда как катионы сохраняются в поровой жидкости.

Действие добавок, участвующих в обменных реакциях, многообразно. В их присутствии возрастает удельная поверхность известкового камня и уменьшается средний размер пор. Одновременно с развитием микропористой структуры происходит более интенсивное связывание влаги адсорбционными силами.

Количество адсорбционно-связанной влаги в присутствии добавок увеличивается в 1,1-1,3 раза в зависимости от вида и концентрации добавки.

Для того чтобы ускорить процесс твердения извести, предлагается также введение в рецептуру известковых ССС добавки на основе цеолитов [100].

Цеолиты являются водными алюмосиликатами щелочных и щелочно-земельных металлов с открытой каркасно-полостной структурой. Их кристаллический трехмерный каркас состоит из алюмокремнекислородных тетраэдров $[(\text{Si},\text{Al})\text{O}_4]$, объединенных в простые, двойные и более сложные кольца; каждое кольцо включает 4, 5, 6, 8 и более тетраэдров. Поскольку часть четырехвалентных ионов кремний (Si^{+4}) замещена трехвалентными ионами алюминия (Al^{+3}), этот каркас имеет отрицательный заряд, компенсируемый присутствием на стенках полостей одно- и двухвалентных катионов натрия, калия, кальция, магния, реже бария, стронция, лития и других металлов. Суммарный объем полостей и соединяющих их каналов в цеолитах составляет около 50 % объема кристалла, а диаметр этих каналов на поверхности кристалла варьирует от 0,26 до 0,8 нм. Внутренние полости и соединяющие их каналы заполнены молекулами так называемой «цеолитной» воды. В общем виде состав цеолитов может быть выражен формулой:



где М и D – одно- и двухвалентные катионы, соответственно.

К цеолитам, имеющим в настоящее время наибольшую практическую ценность (то есть образующим крупные, почти мономинеральные, промышленные скопления и характеризующимся высокой адсорбционной способностью, каталитической активностью, термостойкостью, кислотостойкостью и др.), относятся клиноптилолит, морденит, шабазит.

Что касается химической природы заключенных в цеолите силикатов, то только некоторые из них являются солями ортокремниевой кислоты (именно те, которые образовались через разрушение группы нефелина и близких ему минералов), большинство же являются солями метакремниевой и различных поликремневых кислот, причем в формулах их находят много общего с минералами группы полевых шпатов, разрушение которых и дает в большинстве случаев материал для образования цеолитов [79].

Вопрос о том, в каком виде заключается в силикатах вода, еще далеко нельзя считать решенным. Дело в том, что вода, заключающаяся в них, выделяется из них при различной температуре: у одних при нагревании до сравнительно низкой температуры, у других же только прокаливанием можно выделить всю воду (например, у натролита вся вода может быть удалена только нагреванием до 300 °С). Лишенные воды цеолиты способны во влажном воздухе снова возмещать потерянную воду, причем все прежние физические свойства тоже восстанавливаются.

Академиком В.П. Селяевым установлено, что при введении в цемент частиц цеолитсодержащей породы, которая отличается сорбционными свойствами, ионы фтора и кальция образуют труднорастворимые соединения, которые заполняют поры наполненного цементного камня. Это приводит к уменьшению концентрации фторид-ионов, утолщению диффузионного слоя, понижению температуры при гидратации за счет уменьшения доли цемента при введении наполнителя, повышению прочности цементного камня, а также выделению свободной извести [101].

Высокие пуццолановые свойства природных цеолитов позволили активно применять их в строительной отрасли. Применение цеолитов в качестве активной добавки в строительные материалы очень распространено в мире. Сегодня мировая добыча природных цеолитов составляет около 30 млн тонн в год, из которых более 50 % применяется в строительной отрасли. Страны лидеры – США, Япония, Китай.

Природные цеолиты – активная минеральная добавка, применяемая при производстве строительных материалов, в том числе, цемента и бетона. Природные цеолиты введены в перечень активных минеральных добавок в соответствии с ГОСТ 24211-2008, а их применение в производстве цементов регламентировано ГОСТ 10178-85. Природные цеолиты Сокирницкого месторождения обладают высокой пуццолановой активностью (до 300 мг СаО на 1 грамм) и могут вводиться в дозах 10-20 % от массы

клинкера. Кроме того, природный цеолит может играть роль интенсификатора помола клинкера, увеличивая производительность мельницы на 5-15 %.

Высокая пуццолановая активность цеолитовых туфов и изученный механизм их взаимодействия в твердеющих системах предопределили возможность получения гипсоцементноцеолитовых вяжущих (ГЦЦВ) и изделий на их основе по аналогии с гипсоцементнопуццолановыми вяжущими (ГЦПВ) [82].

В результате подбора оптимальной дозировки цеолита в ГЦЦВ по методике А.В. Волженского установлено, что условию снижения концентрации СаО в жидкой фазе на 7 сутки менее, чем до 0,85 г/л, соответствуют соотношения: «цемент/цеолит» 1/(0,2-0,8). При изучении влияния степени цеолитизации (на примере Пегасского месторождения) получена экстремальная зависимость количества необходимой добавки к цементу для связывания выделяющейся при гидратации извести [13,14].

Частичная, на 15-20 %, замена клинкера цеолитом позволяет получать цемент марки 400, 500, пуццолановый портландцемент марки 300 с сокращенным временем начала и конца схватывания. Цеолиты находят применение в строительстве также в качестве активной минеральной добавки и компонента вяжущего силикатных бетонов и гипсоцементопуццоланового вяжущего и бетонов на их основе. Испытания проведены в Ангарском цементно-горном комбинате, институте СибНИИпроектцемент, Тимлюйском цементном заводе, институте ДальНИМС, Киевском политехническом университете. Приняты соответствующие технические условия: «Цеолиты природные для цементной промышленности» и «Цеолиты природные в строительных материалах и строительстве».

Цеолиты природные марки ЦПС могут применяться в тампонажных растворах, широко используемых при оборудовании нефтяных и газовых скважин.

Учитывая локальность запасов природных цеолитов и неоднородность их состава и свойств, представляется перспективным использование синтетических цеолитов при приготовлении ССС.

В 1862 г. Сент-Клер Девиль получил синтетический калиевый филлипсит при нагревании силиката и алюмината калия при 200°C. В близких условиях при температуре до 170°C был получен синтетический шабазит. В 1948 г. профессором Баррером Р. начаты работы по синтезу цеолитов [15].

В 50-х годах в лаборатории Баррера Р. был осуществлен синтез морденита, шабазита, филлипсита, фожазита, стронциевых и бариевых цеолитов. Опытами Баррера были намечены пути синтеза в условиях пониженных температур (100°C) при нормальном давлении.

Брек Д. с сотрудниками нашли условия получения основных цеолитов общего назначения типа NaX и NaA [12].

Первые попытки получить цеолиты синтетическим путем были сделаны более 100 лет назад. Впервые синтез силикатов в гидротермальных условиях был осуществлен Шафотле в 1845 г. [15]. В нашей стране исследования по синтезу цеолитов были начаты в 1957 г. в Грозненском нефтяном научно-исследовательском институте (ГрозНИИ), там же в 1961 г. был осуществлен первый промышленный синтез цеолита [44].

Еще в 1959 г. в ГрозНИИ были разработаны пропись и технологическая схема производства цеолитов типа А и X, сформованные со связующим – глиной. Следует отметить, что технологическая схема производства таких цеолитов в основных чертах сохранила свое значение до настоящего времени.

Катализаторно-адсорбентное производство, в особенности производство синтетических цеолитов – сравнительно молодая отрасль в отечественной нефтепереработке и нефтехимии. Тем не менее, за относительно короткий период коллективами катализаторных фабрик совместно с научно-исследовательскими и проектными институтами накоплен большой материал по эксплуатации отечественных катализаторных фабрик.

Республика Башкортостан является крупнейшим центром промышленного производства цеолитов на территории России и стран СНГ.

Существует различная технология приготовления синтетических цеолитов.

В научно-технической и патентной литературе описаны способы получения цеолитов. Так, один из авторов [79] предлагает называть цеолитами алюмосиликаты с каркасной структурой, в которой имеются полости, занятые большими ионами и молекулами воды, причем, и те, и другие характеризуются значительной подвижностью, что обеспечивает возможность ионного обмена и обратимой гидратации. Каркасная структура построена из соединенных вершинами тетраэдров, в которых малые атомы (называемые Т-атомами) лежат в центрах тетраэдров и атомы кислорода – в их вершинах. Положения Т в природных цеолитах заняты преимущественно атомами Al и Si, но в синтетических цеолитах их можно заменить на близкие по природе атомы Ga, Ge и P. Роль больших ионов в полостях природных цеолитов выполняют одно- и двухзарядные катионы Na, Ca, K, Mg и Ba, содержание которых зависит от геохимического состава среды минералообразования и распределения элементов между кристаллизующимися минералами. В лабораторных условиях в цеолит можно путем ионного обмена или прямым синтезом ввести широкий набор других катионов. Общая формула цеолита $M_pD_q[Al_p+2qSi_rO_{2p+4q+2r}] \cdot nH_2O$.

Одним из способов получения цеолитов является способ непрерывной гидротермальной кристаллизации алюмосиликата [85]. По этому способу суспензию, содержащую щелочной алюмокремнегидрогель, непрерывно подают в колонну, снабженную валом, мешалкой с диском и спиральной

лентой, которая вращается вокруг вала. Вращение спирали и дисков приводит к интенсивному перемешиванию во всех направлениях, поэтому процесс кристаллизации протекает в смешанном режиме вытеснения и смешения. После кристаллизации проводят отмывку цеолита в другом аппарате с мешалкой в режиме смешения.

Такой процесс приводит к образованию цеолита с разными размерами частиц, в период выгрузки цеолита и подачи его на отмывку происходит рост кристаллов.

Существует способ получения цеолитов типа NaX [86]. Этот способ заключается в приготовление растворов метасиликата натрия и алюмината натрия, добавление в растворы аминосодержащего соединения из ряда: триэтаноламин, полиэтиленполиамин или мфенилендиамин, приготовление геля путем смешивания полученных растворов. Гель смешивают с диметилсульфоксидом и проводят гидротермальную кристаллизацию при температуре 70-100°C.

Известен еще один способ получения синтетических цеолитов NaX, NaY или их смесей, или их смесей с цеолитом NaA [87], при котором алюмосиликатный гель готовят при интенсивном смешивании раствора алюмината натрия, раствора жидкого стекла и воды (раствор А), смеси жидкого стекла и воды (раствор Б), с последующим интенсивным смешиванием раствора А и раствора Б. После такого смешивания в геле образуются зерна синтеза. Гидротермальную кристаллизацию полученного геля с зернами синтеза осуществляют при медленном перемешивании до момента наивысшей скорости кристаллизации. После этого в реакционную систему добавляют гель для выращивания кристаллов без зерен кристаллизации, но с молярными соотношениями в тех же пределах, что и исходный гель. Добавление ростового геля ведут одноактно или несколькими порциями. Кристаллизация продолжается при медленном перемешивании. Полученные кристаллы отделяют, промывают и сушат. Способ включает также другие варианты приведенного способа, незначительно различающиеся в подаче дополнительного ростового геля или в концентрации исходных растворов.

В [81] технология приготовления адсорбентов включает приготовление гидрореакционной гетерогенной композиции, содержащей порошок алюминия, метасиликат натрия и воду, и взаимодействие исходных компонентов. При этом в качестве метасиликата натрия используют кристаллогидрат метасиликата натрия в твердом виде. Вначале смешиванию подвергают порошок алюминия и кристаллогидрат метасиликата натрия, после чего к полученной смеси небольшими порциями добавляют воду. Изобретение позволяет получить аморфный алюмосиликатный сорбент без применения внешнего источника энергии. Алюмосиликатный адсорбент представляет собой легкий пористый порошок белого цвета с размерами

частиц 2-20 мкм, насыпной плотностью ~ 0.3 г/см³, удельной поверхностью ~ 1000 м²/г, не растворяющийся в кислотах и щелочах.

В патенте [83] описана композиция аморфного алюмосиликата, характеризующаяся поверхностно-объемным отношением Si/Al (SB отношение) в диапазоне от 0,7 до 1,3 и содержащая менее 10 % фазы кристаллического алюминия. Этот аморфный алюмосиликат получают путем смешивания раствора силиката (силикат натрия) и раствора кислой соли алюминия (сульфат алюминия), при этом поддерживают рН перемешиваемого раствора меньше 3, затем к перемешиваемому раствору постепенно добавляют основной осаждающий реактив с целью образования осажденного ко-геля, который может быть извлечен, промыт и подвергнут сушке распылением. Этот ко-гель может быть использован для производства алюмосиликатного катализатора или подложки катализатора.

В патенте описано использование в различных вариантах гидропереработки композиций, включающих аморфный алюмосиликат, изготовленный обычно путем приготовления золя, содержащего оксид кремния и оксид алюминия, и последующего огеливания этого золя. Ко-гель может быть использован в качестве материала подложки катализатора или может быть соединен с другими компонентами в матрицы. Этот ко-гель применим в гидрокрекинге, депарафинизации и каталитической гидроочистке.

Известен еще один способ получения алюмосиликата натрия, включающий взаимодействие раствора силиката натрия и соли алюминия в смеси трибутилфосфата, несмешивающегося с водой [84, 115]. В процессе взаимодействия, 1-2 мин, соли алюминия в смеси с трибутилфосфатом образуется алюмосиликат, который скапливается на поверхности воды. Органическую фазу из реакционной массы сливают, а осадок отделяют фильтрацией и промывают ацетатом и водой.

Высушенный при температуре 150°C алюмосиликат имеет удельную поверхность по БЭТ 452-476 м²/г.

Этот способ позволяет повысить выход алюмосиликата до 96-99 %.

В лабораторных условиях в цеолит можно путем ионного обмена или прямым синтезом ввести широкий набор других катионов. Общая формула цеолита $M_pD_qAlr_2qSi_rO_{2p+4q+2r}nH_2O$. Поскольку каждая вершина принадлежит двум тетраэдрам, атомов кислорода в каркасе должно быть вдвое больше, чем Т-атомов. Чтобы заряд компенсировался, число трехзарядных ионов Al должно быть равно сумме р число однозарядных катионов и 2q удвоенное число двузарядных катионов.

Цеолиты имеют широкие поры, в которые после дегидратации могут проникать молекулы.

Обменные катионы и алюмосиликатный каркас можно модифицировать химической обработкой, что позволяет регулировать химические силы, действующие на сорбированные молекулы.

При правильном выборе условий модифицирования цеолит действует как катализатор, что приводит к химическому превращению адсорбированных молекул в желаемом направлении. Топология алюмосиликатного каркаса является единственным признаком, по которому можно точно идентифицировать структуру цеолита.

Несмотря на значительный объем исследований, посвященных методам получения синтетических цеолитов, вопросы их применения в строительной отрасли освещены не полностью. Между тем, наличие в составе синтетических цеолитов аморфного алюмосиликата создает предпосылки использования их в известковых композитах.

При взаимодействии аморфного алюмосиликата с известью возможно образование кальциевого алюмосиликата и гидросиликатов кальция, что будет способствовать ускорению отверждения и повышению прочности известковых композитов.

2. СВОЙСТВА ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА ДЛЯ ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

2.1. Влияние технологии приготовления синтетического цеолита на состав и структуру добавки

Для приготовления добавки на основе синтетического цеолита использовались следующие материалы:

- сульфат алюминия технический (очищенный) (ГОСТ 12966-85 с изм. 1,2) характеризуется показателями, представленными в табл. 2.1;
- жидкое натриевое стекло (ГОСТ 18958-71) характеризуется показателями, представленными в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

Физико-химические показатели сульфата алюминия технического
(очищенного)

№ п/п	Наименование показателя	Норма для сорта			Результат анализа	
		высшего	1-го	2-го		
1	Внешний вид	Однородный сыпучий материал с размером частиц не более 20 мм белого цвета	Неслеживающиеся пластинки, брикеты, куски неопределенной формы и разного размера массой не более 10 кг белого цвета		Соответствует 1 сорту по ГОСТ 12966-85	
		Допускаются бледные оттенки серого, голубого или розового цвета				
2	Массовая доля оксида алюминия, %, не менее	16	16	15	16	
3	Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,3	0,3	0,7	0,3	
4	Массовая доля железа в пересчете на оксид железа (III), %, не более	0,02	0,02	0,3	0,02	
5	Массовая доля свободной серной кислоты H ₂ SO ₄ , %, не более	Выдерживает испытание по пункту 4.8			0,1	Выдерживает
6	Массовая доля мышьяка в пересчете на оксид мышьяка, %, не более	0,001	0,001	0,003	Отсутствует	

Т а б л и ц а 2.2

Физико-химические показатели жидкого натриевого стекла

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя в соответствии с ГОСТ 18958-71
1	Силикатный модуль	2,66-2,88
2	Плотность при 20°С, г/см ³	1,36-1,48
3	Массовая доля оксида кремния, %	10,2-12,5
4	Массовая доля оксида натрия, %	20,0-26,0
5	Массовая доля нерастворимого в воде остатка не более, %	1,8

Технология получения синтетического цеолита заключалась в осаждении алюмосиликатов из натриевого жидкого стекла сульфатом алюминия $Al_2(SO_4)_3$.

Готовились растворы натриевого жидкого стекла и сульфата алюминия различной плотности, после чего раствор жидкого стекла добавлялся в раствор сульфата алюминия.

Осадок тщательно промывался и отфильтровывался на фильтровальной бумаге «Белая лента». Затем помещался в сушильный шкаф и сушился при температуре 100-110°С до постоянной массы, после чего размалывался в порошок.

Исследовали влияние режима введения и количества сульфата алюминия, рН смеси, модуля жидкого стекла на выход готового продукта (табл. 2.3).

Т а б л и ц а 2.3

Режимы синтеза цеолитов

№ режима синтеза п/п	рН раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$	Модуль жидкого стекла*	рН фильтрата	Выход готового продукта, %
1	5	2,69	-	-
2	3	2,69	9	41,9
3	1,5	2,69	9	38,9
4	5	2,88	-	-
5	3	2,88	9	34
6	1,5	2,88	9	42,9
7	5	2,69	-	-
8	3	2,69	5	40,48
9	1,5	2,69	5	44,76
10	5	2,88	-	-
11	3	2,88	5	33,12
12	1,5	2,88	5	45,87

П р и м е ч а н и е . * Плотность жидкого стекла составляла $\rho=1279 \text{ кг/м}^3$

Установлено, что при pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH \geq 5$, осадка не образуется. Минимальный выход продукта составляет 33,12 % и наблюдается при pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH=3$, а максимальный выход (45,87 %) – при pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH=1,5$. Увеличение модуля жидкого стекла с 2,69 до 2,88 приводит к увеличению выхода готовой продукции с 44,76 % до 45,87 %.

В качестве критерия оптимальной технологии получения добавки принимался показатель прочности при сжатии известкового композита, так как добавка в последующем предназначалась для использования в известковых системах. В табл. 2.4 приведены результаты исследований зависимости прочности известкового композита с добавкой, полученной при различной плотности жидкого стекла. Использовалась известь первого сорта с активностью 84,4 %, водоизвестковое отношение равно $V/I=1,25$.

Установлено, что максимальная прочность известковых образцов с добавкой на основе синтетического цеолита, составляющая $R_{сж}=(3,25 \pm 0,185)$ МПа, наблюдается при плотности жидкого стекла, используемого при синтезе добавки, равной $\rho=1368$ кг/м³.

Т а б л и ц а 2.4

Зависимость прочности известкового композита с добавкой, синтезируемой при различной плотности жидкого стекла *

№ п/п	Плотность жидкого стекла, кг/м ³	Прочность при сжатии известкового композита, МПа **
1	1368	3,25±0,185
2	1279	2,61±0,163
3	1180	1,82±0,098
4	1113	1,76±0,086
5	1038	1,61±0,068

Примечание. * Данные получены при pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH=3$.

** Значения доверительного интервала для прочности приведены с надежностью 95 %.

В немецком стандарте DIN 18550 (часть 2) отмечается, что долговечность и сопротивление внешним воздействиям, а также высокая трещиностойкость обеспечиваются, когда штукатурный раствор имеет прочность при сжатии в диапазоне значений от 2 до 5 МПа. Растворы с такими прочностными характеристиками способны приспосабливаться к малым деформациям и противостоять трещинообразованию. Исходя из этого, в целях экономичности был выбран оптимальный режим: плотность и модуль жидкого стекла составляют, соответственно, $\rho=1279$ кг/м³ и $M=2,88$, pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ $pH=3$ [76].

Полученный продукт представляет собой порошок белого цвета с удельной поверхностью, определенной методом БЭТ, $S_{уд} = (86.5 \pm 3.5) \text{ м}^2/\text{г}$.

Микроструктура полученной добавки была изучена с помощью электронного микроскопа при увеличении в 20 000 раз (рис. 2.1, 2.2).

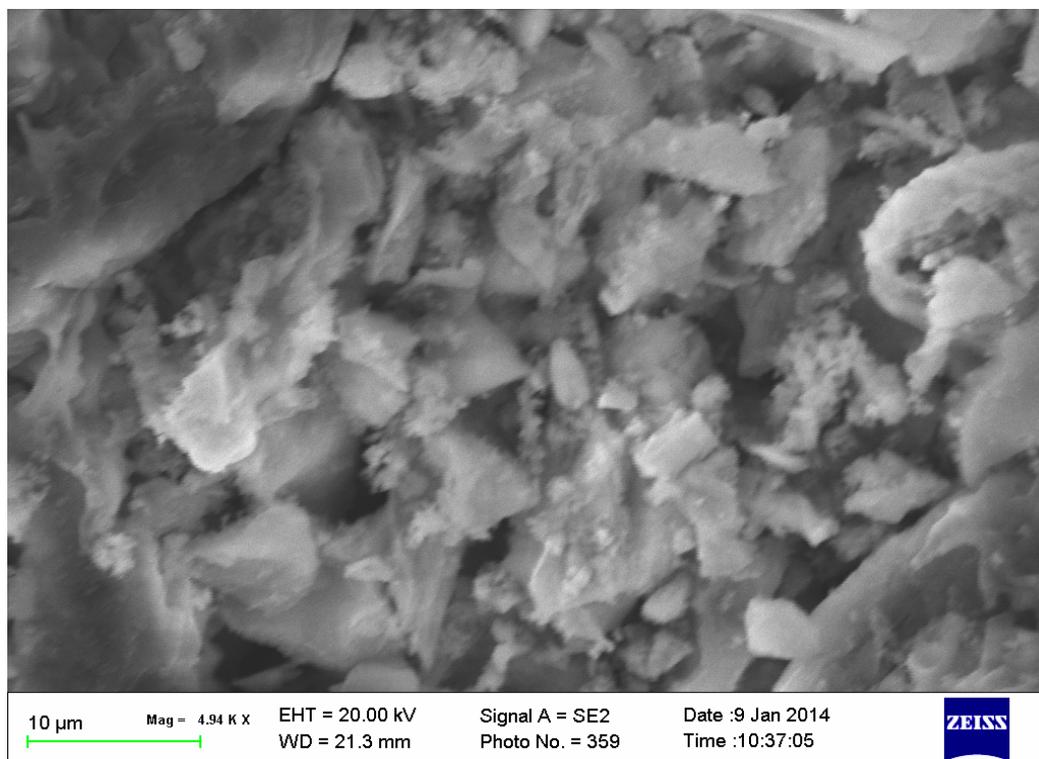


Рис. 2.1. Микроструктура добавки на основе синтетического цеолита $\times 20000$

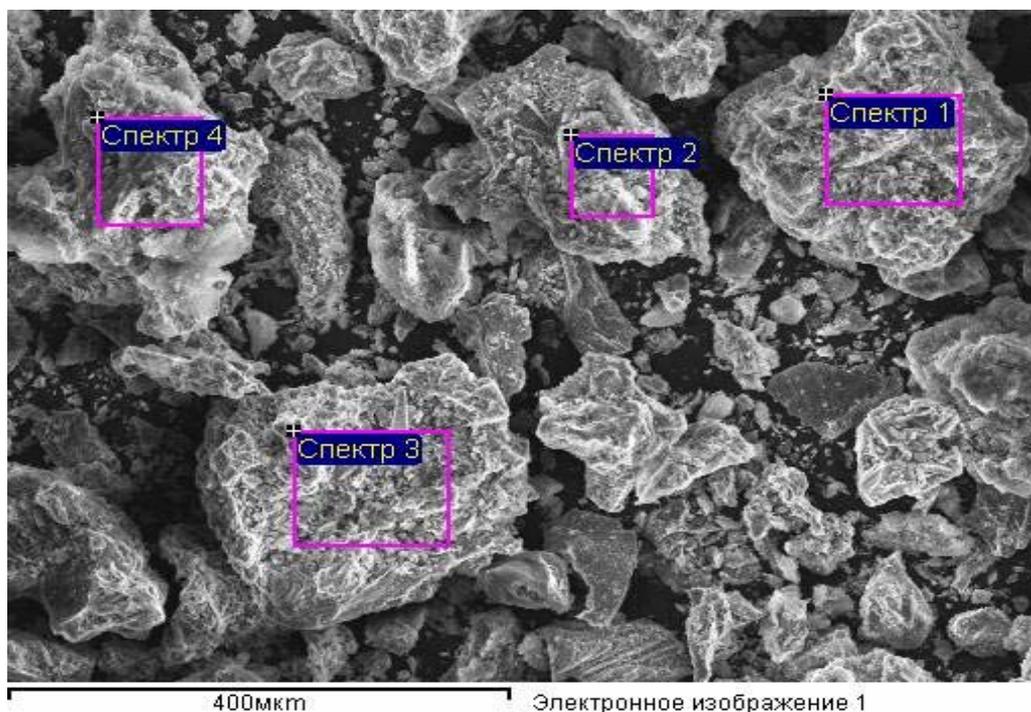


Рис. 2.2. Микроструктура добавки на основе синтетического цеолита $\times 20000$

Установлено, что структура добавки представлена, в основном, частицами, размер которых составляет 2,25-8,1 мкм.

Химический состав добавки на основе синтетического цеолита представлен в табл. 2.5.

Т а б л и ц а 2.5

Содержание химических элементов, присутствующих в добавке
на основе синтетического цеолита, %

Содержание химических элементов в весовых %	O	Na	Al	Si	S
Максимальное	62,58	16,52	8,05	39,60	8,94
Минимальное	46,67	5,54	1,88	20,78	0,89

Анализируя полученные данные таблицы 2.5, выявлено высокое содержание химических элементов O, Si и Na, составляющее, соответственно, 46,47-61,58 %, 20,78-39,60 % и 5,54-16,52 %, что свидетельствует о преобладании оксидов соответствующих элементов. Оксидный состав представлен в табл. 3.4. Установлено, что преобладают оксиды кремнезема, составляющие 56,21-55,45 % (табл. 2.6).

Т а б л и ц а 2.6

Содержание оксидов, присутствующих в добавке
на основе синтетического цеолита, %

Наименование оксида	Содержание, %
SiO ₂	56,21 – 55,45
Al ₂ O ₃	21,24 – 7,58
SO ₃	16,79 – 8,91
Na ₂ O	19,1 – 13,91
CaO	0,15 – 0,0938

Комплексное рентгеновское изучение добавки на основе синтетического цеолита (получение дифракционных спектров для проведения рентгенофазового анализа и проведение рентгенофлуоресцентного анализа для определения химического состава) было реализовано на рентгеновской станции ARL 9900 X-ray Work Station (Thermo Scientific) на базе центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Рентгеновские дифракционные спектры получены с использованием $\lambda_{Co_{K\alpha 1,2}}$ излучения. Интервал углов дифракции $2\Theta=12-80^\circ$, шаг сканирования $0,02^\circ$. Рентгенограмма материала характеризуется наличием селек-

тивных дифракционных отражений и выраженного структурированного фона («диффузного гало»).

На основе рентгенометрической диагностики, выполненной при помощи базы PDF-2 интернационального центра дифракционных данных (ICDD) с использованием программы Search Match v.2, установлено, что кристаллическая часть добавки на основе синтетического цеолита представлена тенардитом – ромбической модификацией сульфата натрия Na_2SO_4 (PDF 70-1541). Кроме этого, слабое отражение на $2\Theta=21,29^\circ$ было отнесено к гиббситу (PDF 70-2038). (рис. 2.3)

Методом рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что состав добавки представлен следующими минералами: тенардит Na_2SO_4 ($d=4,6677$; $d=3,8638$; $d=3,0829$; $d=2,3327$); гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$ ($d=3,1899$; $d=1,6820$); минералы группы цеолитов ($d=2,7907$; $d=2,6558$; $d=1,8679$) (рис. 2.3) [16, 22, 45, 57].

Для однозначной идентификации продуктов синтеза использовался полнопрофильный метод количественного рентгенофазового анализа с применением программы DDMver.1.95с, в которой, наряду с ритвельдовским, реализован алгоритм Derivative Difference Minimization [61]. Этот алгоритм основан на минимизации локальных производных разностной кривой экспериментального и рассчитанного дифракционного спектра и избавляет от аппроксимационного или численного описания фоновой составляющей рентгенограммы.

Структурные данные для модельных минеральных композиций были использованы из интернациональной базы структурных данных (ICSD).

На рис. 2.4 приведен результат количественного РФА добавки на основе синтетического цеолита в варианте расчета концентраций кристаллических фаз. Концентрация аморфной фазы была определена полнопрофильным РФА с внутренним эталонированием. В качестве эталона использовался анатаз в концентрации 30 вес. %.

Полученные результаты согласуются с данными химического анализа:

$$C_{\text{аморф}} = \sum C_i - (C_{\text{Na}_2\text{O}} + C_{\text{SO}_3}) = 77,5 \text{ вес \%}. \quad (2.1)$$

Термодинамический анализ возможных твердофазовых изобарно-изотермических реакций был проведен в соответствии со вторым началом термодинамики, который устанавливает связь между тепловым эффектом химически необратимого процесса и работой соответствующего необратимого процесса и определяется уравнением Гиббса – Гельмгольца:

$$\Delta G = \Delta H_p + T \cdot \frac{\delta \Delta G}{\delta T}, \quad (2.2)$$

где ΔG – энергия Гиббса;

ΔH_p – энтальпия процесса;

T – температура, К.

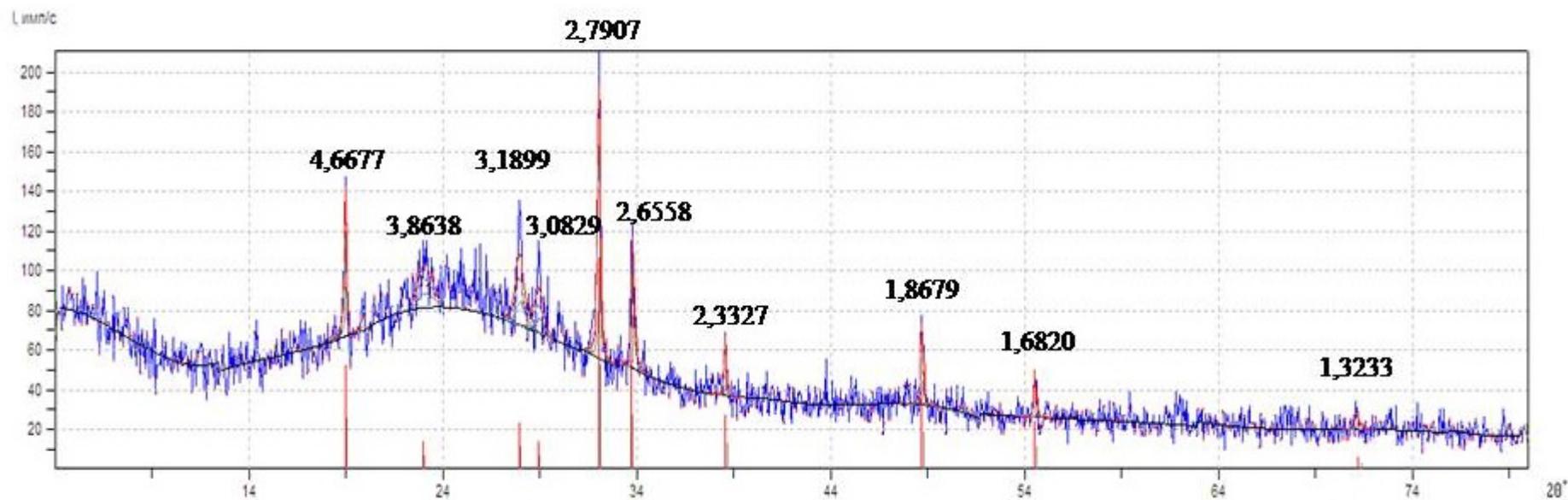


Рис. 2.3. Рентгенограмма добавки на основе синтетического цеолита

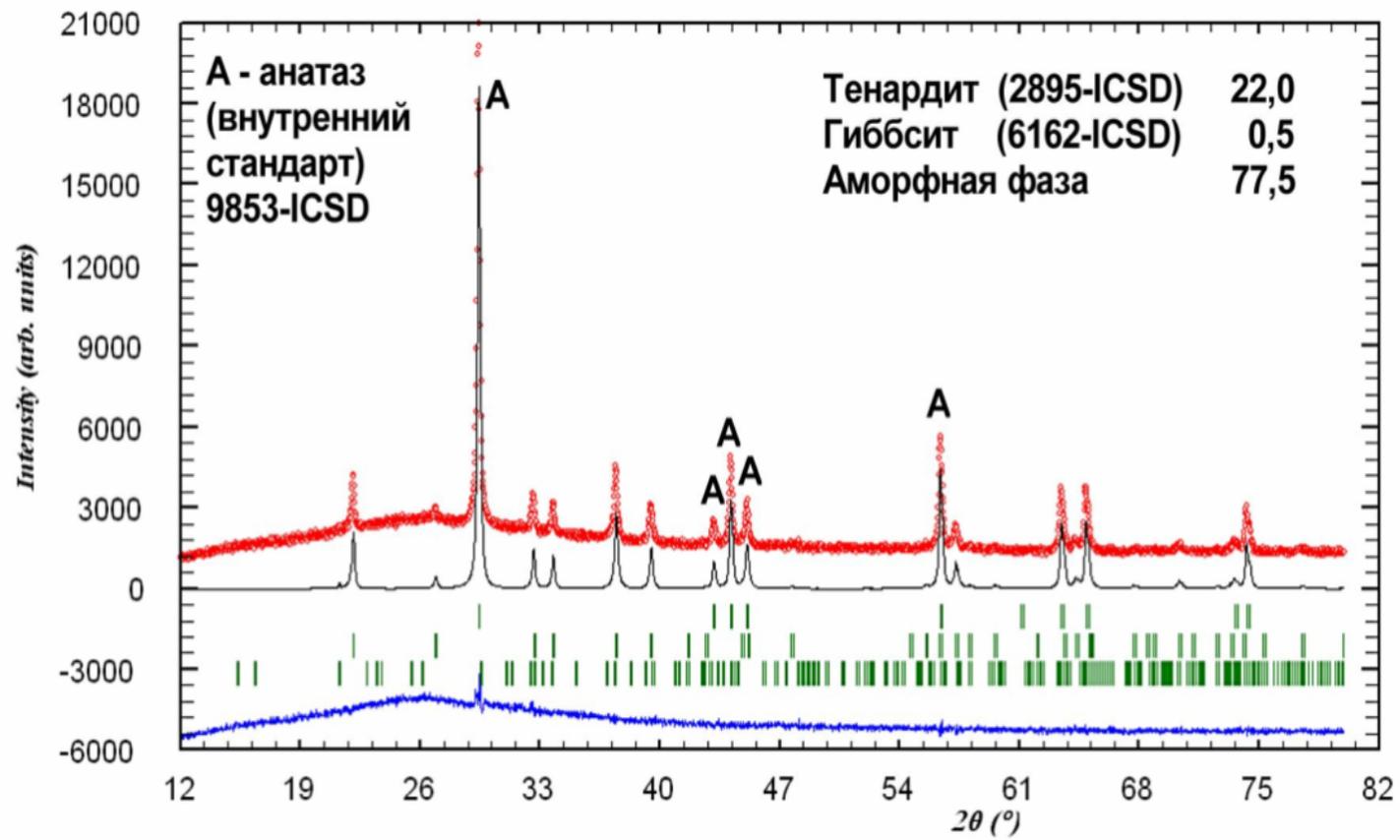


Рис. 2.4. Результат полного количественного РФА добавки на основе синтетического цеолита

Учитывая, что синтез добавки протекает при температуре (293 К), близкой к стандартной (298 К), тепловой эффект реакции и изменение энергии Гиббса определяли только при стандартном состоянии и рассчитывали как разность сумм соответствующих показателей продуктов реакции и исходных веществ [62, 113]. Результаты расчетов термодинамических параметров представлены в табл. 2.7.

Результаты расчетов свидетельствуют о вероятности протекания реакций в прямом направлении (отрицательные значения ΔH_{298}^0).

Большие числовые значения ΔG_{298}^0 позволяют с достаточной вероятностью говорить о возможности протекания этих реакций не только при стандартной температуре (25°C), но и при других температурах [3, 17, 25].

Отдельного рассмотрения требует вопрос о структурной природе полученной аморфной фазы алюмосиликатного состава.

Согласно [2], характеристикой, определяющей структурный мотив кремнезема в аморфных фазах, может являться отношение Si/O, определяемое как степень связности кремнезема в силикатных кластерах стеклофазы:

$$f_{\text{Si}} = \frac{v_{\text{SiO}_2}}{v_{\text{Me}_2\text{O}} + v_{\text{MeO}} + 3v_{\text{Me}_2\text{O}_3} + 2v_{\text{MeO}_2} + 5v_{\text{Me}_2\text{O}_5}}, \quad (2.3)$$

где v – молярная концентрация оксидов.

Коэффициент f_{Si} равен отношению числа ионов кремния к числу ионов кислорода и выражает степень связанности кремнекислородного каркаса. Коэффициент f_{Si} отражает характер структуры силикатов, состояние структурных единиц – кремнекислородных тетраэдров. Тип кремнекислородного радикала по соотношению Si/O непрерывный в трех измерениях, в данном случае f_{Si} , равен 0,5. Это свидетельствует о каркасной структуре кремнеземных кластеров в аморфном материале.

Т а б л и ц а 2.7

Термодинамические параметры изобарно-изотермических реакций получения синтетического цеолита

Но- мер реак- ции	Формула соединения	Теплота образо- вания ΔH_{298}^0 , кДж/моль	Энергия Гиббса образо- вания ΔG_{298}^0 , кДж/моль	Реакции
1	2	3	4	5
1	Na_2SO_4	-1389,5	-1271,7	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} =$ $= 2\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$

Окончание табл. 2.7

1	2	3	4	5
2	Al(OH)_3	-1275,7	-1139,7	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{SiO}_2$
3	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-682,68	-732,48	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
4	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-1128,3	-984,1	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SiO}_2$
5	$\text{NaAlSi}_5\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-937,59	-765,56	$1,5\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{NaAlSi}_5\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 4,5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al(OH)}_3$

2.2. Свойства добавки на основе синтетического цеолита

В табл. 2.8 приведены значения активности добавки на основе синтетического цеолита в зависимости от режима ее получения.

Таблица 2.8

Свойства добавки на основе синтетического цеолита

Режим синтеза	pH смеси	pH суспензии добавки	Растворимость М, %	Активность А, мг/г
1	4,83	10,01	89,03	350
2	6,31	10,24	74,36	350
3	9,26	10,48	74,16	350
4	10,5	10,5	67,63	350

Добавка на основе синтетического цеолита характеризуется высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Растворимость добавки, приготовленной по первому режиму, равна $M=89,03\%$, а добавки, приготовленной по четвертому режиму, – $M=67,63\%$, емкость катионного обмена составляет $E=38,7-43,51$ мг·экв.

Анализ гранулометрического состава, выполненный с помощью автоматического лазерного дифрактометра *Fritsch Particle Sizer Analysette 22*, показывает, 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 (табл. 2.9).

Т а б л и ц а 2.9

Гранулометрический состав добавки на основе синтетического цеолита

Фракция, мкм	Процентное содержание, %
0,01–0,5	0,01
0,5–2,0	1,81
2,0–3,0	2,55
3,0–4,0	2,8
4,0–5,0	2,73
5,0–10,0	12,61
10,0–20,0	16,61
20,0–45,0	27,2
45,0–80,0	29,14
80,0–100,0	4,09
100,0–200,0	0,44

Для оценки сорбционных свойств добавки определялось сорбционное увлажнение. Определение сорбционной способности проводилось по ГОСТ 24816-81 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности» [31]. Для этого изготавливались образцы на основе различных составов размером 2×2×2 см, которые после 28 суток воздушно-сухого твердения высушивались до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100-110°С, взвешивались на аналитических весах и помещались в эксикаторы с плотно притёртыми крышками. В эксикаторах создавалась относительная влажность воздуха 18 %, 40 %, 60 %, 80 % и 97 % раствором серной кислоты с различным процентным содержанием. В каждый эксикатор помещались по три образца каждого состава. Периодически проводилось взвешивание образцов на аналитических весах. Испытания продолжались до равновесного состояния. Влагопоглощение по массе (%) рассчитывалось по формуле

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c}, \quad (2.4)$$

где m_c – масса образца в сухом состоянии, г;

m_b – масса образца после выдержки в эксикаторе с определённой влажностью воздуха, г.

На основании полученных данных были построены изотермы сорбции и десорбции (рис. 2.5, 2.6).

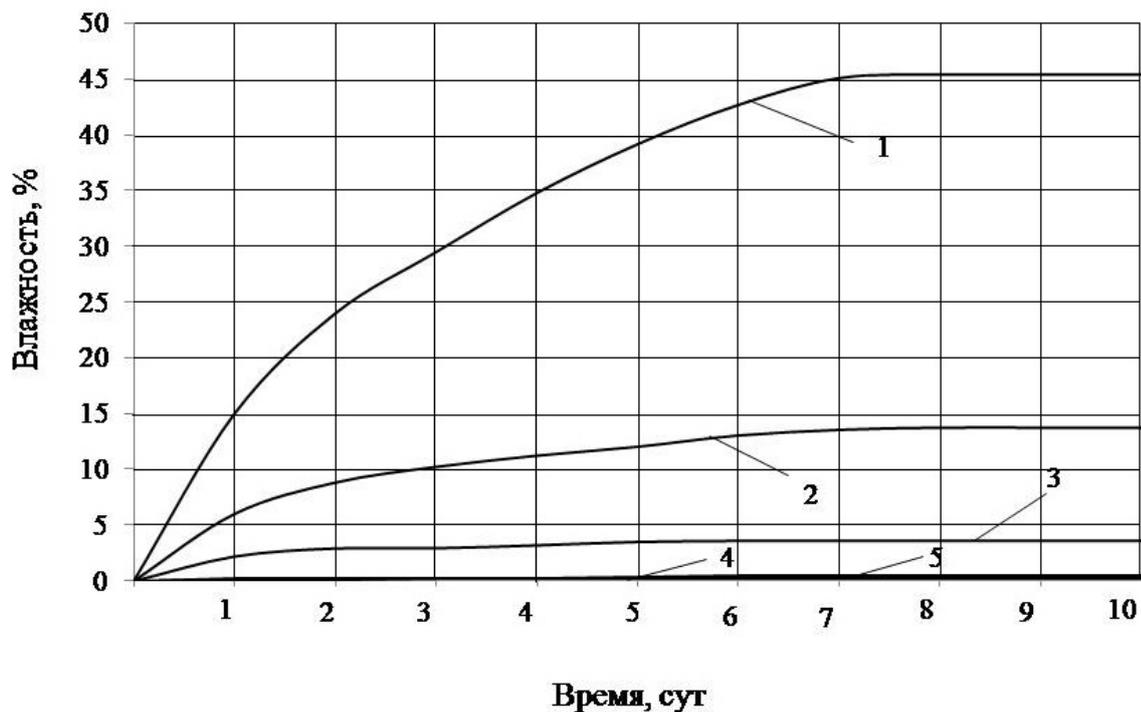


Рис. 2.5. Кинетика изменения влагосодержания образцов при различной влажности:

1 – изменение влагосодержания при влажности 97 %; 2 – изменение влагосодержания при влажности 80 %; 3 – изменение влагосодержания при влажности 60 %; 4 – изменение влагосодержания при влажности 40 %; 5 – изменение влагосодержания при влажности 18 %

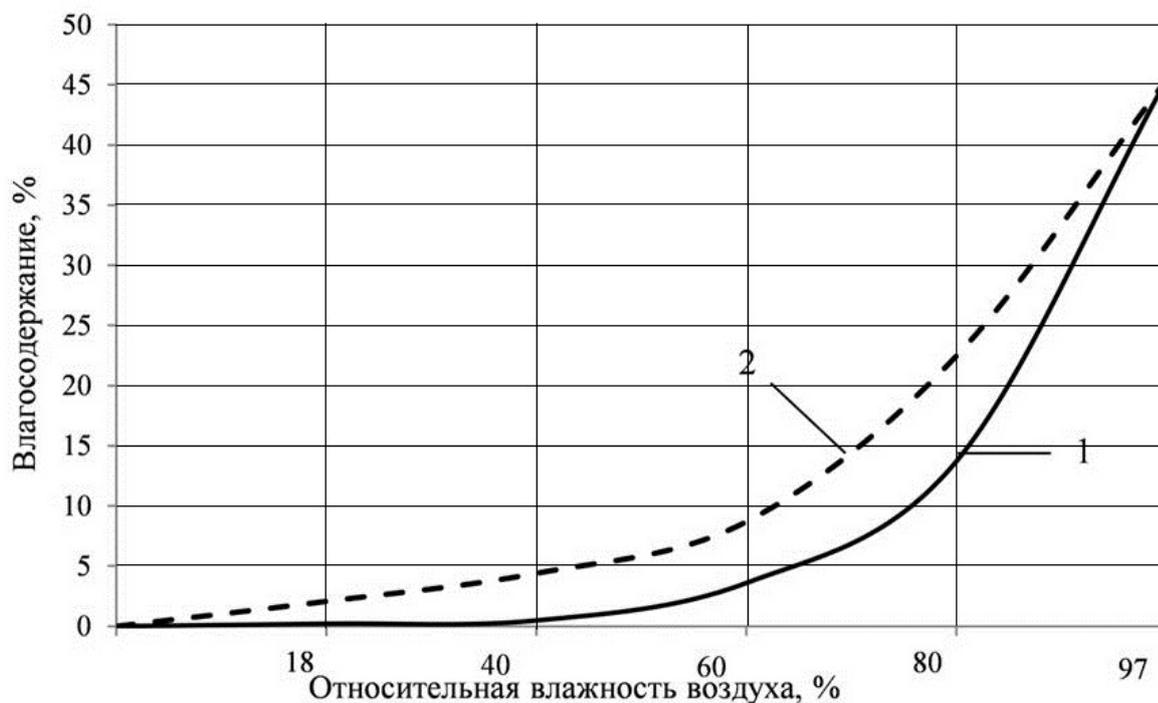


Рис. 2.6. Изотермы сорбции и десорбции добавки на основе синтетического цеолита: 1 – изотерма сорбции; 2 – изотерма десорбции

Результаты экспериментальных данных показали, что с увеличением относительной влажности воздуха закономерно возрастает сорбционная влажность, при этом процесс насыщения образцов влагой и влагоотдача описывается S-образными изотермами сорбции и десорбции, характерными для капиллярно-пористых материалов, хорошо смачиваемых водой. Сорбция влаги в интервале значений относительной влажности воздуха до 18 % подчиняется закону Генри в соответствии с формулой (3.4), т.е. зависимость сорбционного увлажнения от величины относительной влажности воздуха близка к линейной:

$$W=k(\varphi). \quad (2.5)$$

При повышении относительной влажности воздуха до 40 % влагосодержание в образцах увеличивается в соответствии с уравнением Фрейндлиха [68, 74]. Выпуклая часть изотерм ($\varphi = 60-80\%$) указывает на присутствие внутри исследуемых образцов только адсорбированной влаги, состоящей из одного слоя молекул водяного пара. Повышение относительной влажности воздуха до 90 % приводит к образованию на внутренней поверхности материала пленок адсорбированной влаги, состоящих из многих слоев молекул. Начиная с 80 %-й влажности, происходит резкое возрастание сорбционного увлажнения, что свидетельствует о протекании процесса капиллярной конденсации [16].

Изотермы сорбции и десорбции совпадают только при очень малых и очень больших значениях относительной влажности воздуха, при других значениях – не совпадают. Изотермы сорбции располагаются ниже, чем изотермы десорбции, и равновесное влагосодержание при одинаковом значении относительной влажности воздуха при десорбции влаги меньше, чем при сорбции влаги.

Насыпная плотность добавки на основе синтетического цеолита составляет $\rho_{\text{нас}}=231$ кг/м, а истинная – $\rho_{\text{ист}}=568,515$ кг/м³.

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ СОСТАВОВ В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА

3.1. Структурообразование известковых составов в присутствии добавки на основе синтетического цеолита

Для изучения закономерностей влияния добавки на основе синтетического цеолита на свойства известковых композитов изготавливались образцы на извести-пушонке. В работе применялась гашеная известь (пушонка) активностью 84 %, полученная на Каменском предприятии «Атмис-сахар» для технологических целей [37, 69], истинной плотностью 2200 кг/м³, насыпной плотностью 280 кг/м³, с удельной поверхностью 13478 см²/г;

Для сравнения применялась добавки – диатомит, метакаолинит [68, 89, 99, 114]. Содержание добавки на основе синтетического цеолита, диатомита и метакаолинита составляло 3-30 % от массы извести (табл. 3.1). Готовились составы с водоизвестковым отношением В/И, равным В/И=1,25. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18-20°С и относительной влажности воздуха 60-70 % [10, 94].

Т а б л и ц а 3.1

Значение прочности при сжатии известковых композитов с добавками в возрасте 28 суток

Добавка	Процентное содержание, %				
	3	5	10	20	30
Прочность при сжатии, МПа*					
Контрольный (известь:вода)	1,48±0,075				
Диатомит	0,952±0,039	1,23±0,04	1,39±0,06	2,46±0,15	2,76±0,17
Метакаолинит	2,325±0,134	2,45±0,14	3,35±0,19	3,85±0,19	4,5±0,2
Добавка на основе синтетического цеолита	2,275±0,128	2,48±0,16	2,875±0,168	3,1±0,2	3,54±0,19

П р и м е ч а н и е.* Указан доверительный интервал прочности при сжатии с надежностью 95 %.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что при введении добавки на основе синтетического цеолита в количестве 10 % достигается прочность на 94,25 % больше, чем у контрольного образца, при введении метакаолинита в количестве 10 % прочность возрастает на 126,35 % по сравнению с контрольным, а при введении диатомита в количестве 10 % прочность по сравнению с контрольными образцами падает на 6,08 % (табл. 3.1).

Оптимальное количество добавки на основе синтетического цеолита принято 10 %, т.к. именно при таком процентном соотношении достигается достаточная прочность более 2,5 МПа, в соответствии с DIN 18550 (часть 2) [7, 126].

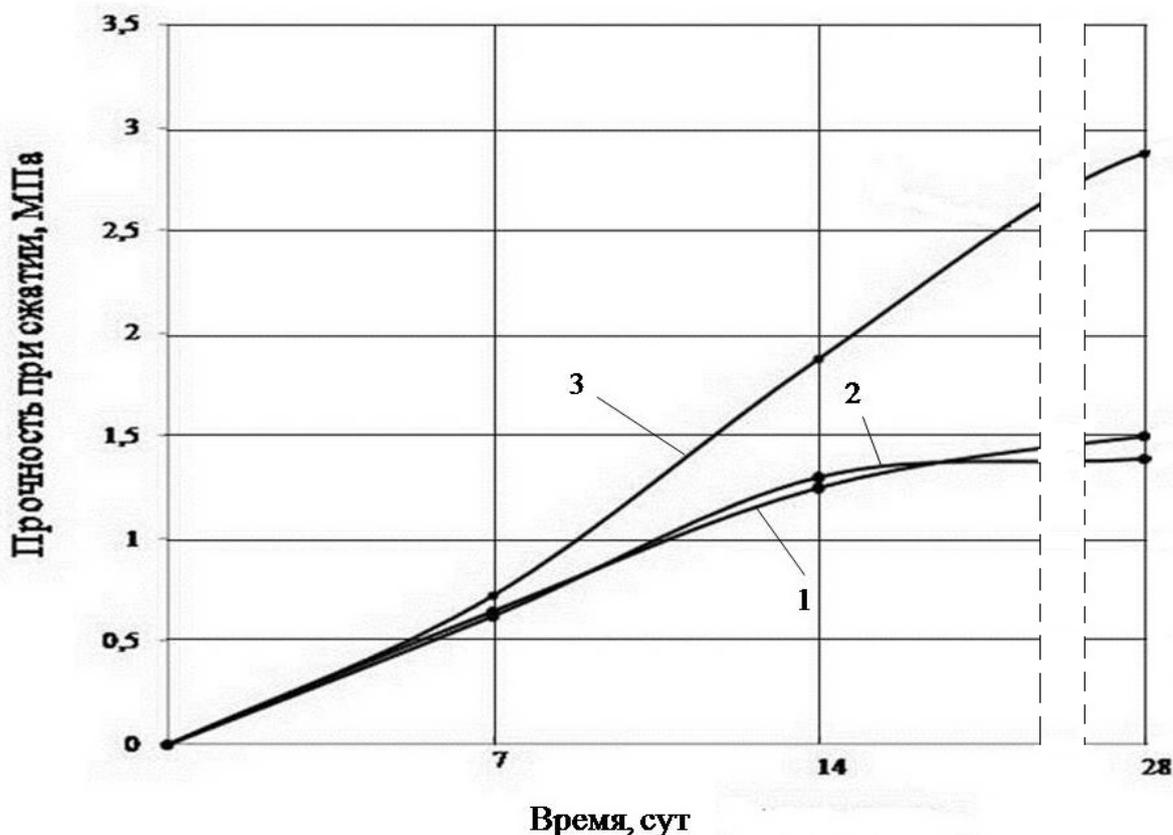


Рис. 3.1 – Кинетика набора прочности известковых композитов:
1 – контрольный (известь:вода); 2 – с добавлением диатомита 10 %;
3 – с добавлением синтетического цеолита 10 %

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что введение в рецептуру добавки на основе синтетического цеолита приводит к повышению прочности при сжатии известковых образцов в возрасте 28 суток твердения на 51,66 % по сравнению с образцами на основе диатомита (рис. 3.1).

На рис. 3.2, 3.3 представлены данные по кинетике набора прочности при сжатии известковых композитов с метакаолинитом и с добавкой на основе синтетического цеолита.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что введение метакаолинита в количестве 10 % приводит к повышению прочности образцов в возрасте 28 суток на 14,2 %, по сравнению с образцами, содержащими добавку на основе синтетического цеолита.

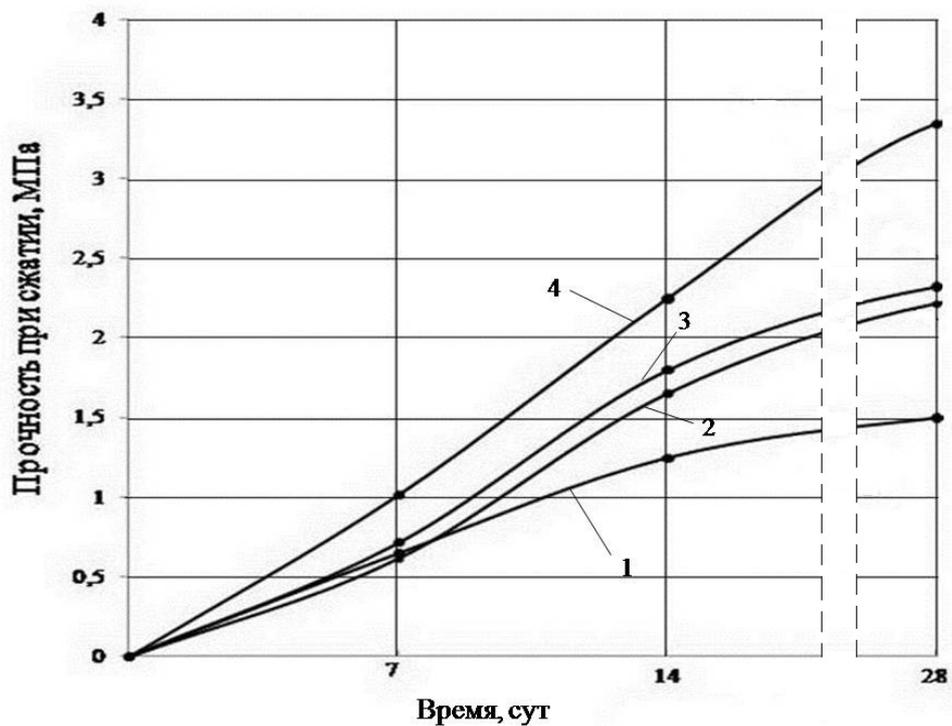


Рис. 3.2. Кинетика набора прочности известковых композитов с добавлением метакаолинита:
 1 – контрольный; 2 – метакаолинит 1 %; 3 – метакаолинит 3 %;
 4 – метакаолинит 10 %

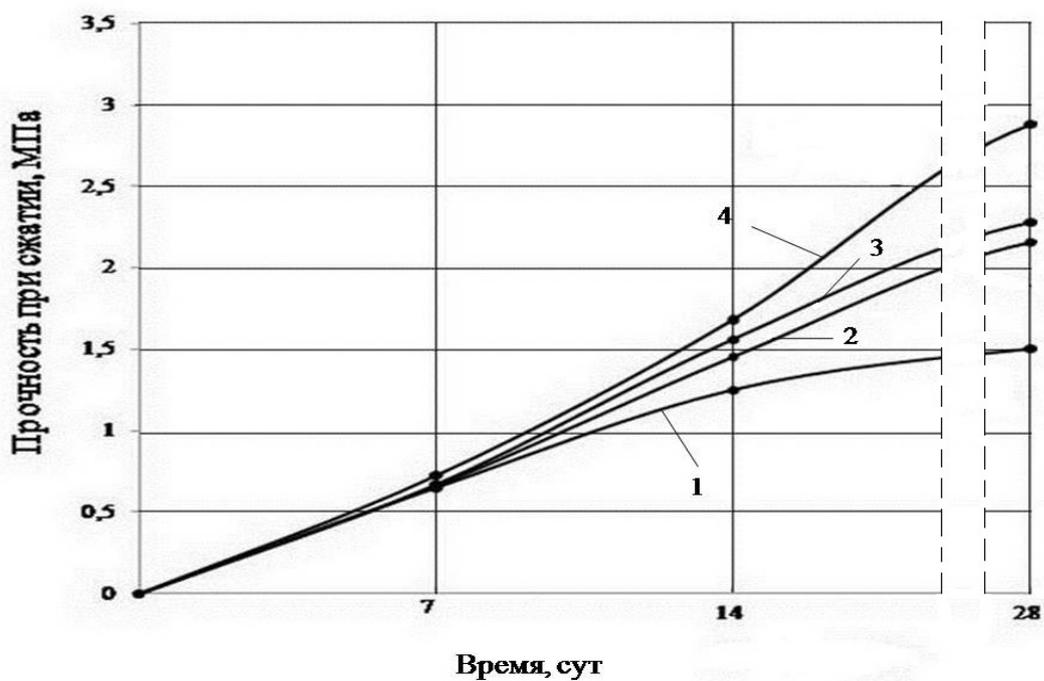


Рис. 3.3. Кинетика набора прочности известковых композитов с добавкой на основе синтетического цеолита:
 1 – контрольный; 2 – содержание добавки 1 %; 3 – содержание добавки 3 %;
 4 – содержание добавки 10 %

Однако, приготовление метакаолинита (обжиг при температуре 900°C) является энергозатратным процессом, поэтому целесообразнее применять добавку на основе синтетического цеолита.

Методом рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что при введении добавки на основе синтетического цеолита в известь образуются: цеолиты $\text{Na}_{1,4}\text{Ca}_{2,9}\text{Al}_{7,2}\text{Si}_{40,8}\text{O}_{96}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($d=3,036$; $d=2,627$; $d=1,687$); портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d=4,911$; $d=3,11$; $d=1,876$); кальцит CaCO_3 ($d=2,491$; $d=2,094$; $d=2,491$); гидросиликат кальция-натрия CaNaHSiO_4 ($d=1,926$; $d=1,91$; $d=2,287$) (рис. 4.4) [18, 24, 48, 77, 79, 107, 125, 162, 163].

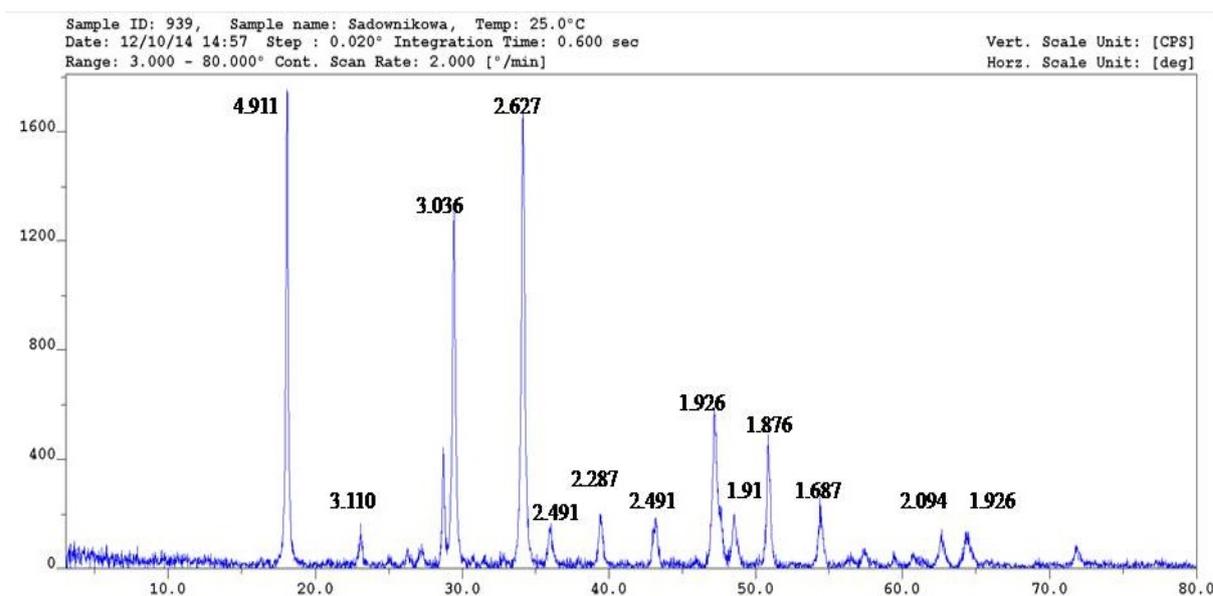


Рис. 3.4. Рентгенограмма известкового композита в присутствии добавки на основе синтетического цеолита

Проводился термодинамический анализ возможных реакций [48, 124, 131]. Результаты расчетов термодинамических параметров представлены в табл. 3.2.

Результаты расчетов свидетельствуют о вероятности протекания реакций в прямом направлении (отрицательные значения ΔH_{298}^0).

Большие числовые значения ΔG_{298}^0 , найденные для реакций образования $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Na}_{1,4}\text{Ca}_{2,9}\text{Al}_{7,2}\text{Si}_{40,8}\text{O}_{96}\cdot\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , CaNaHSiO_4 , позволяют с достаточной вероятностью говорить о возможности протекания этих реакций не только при стандартной температуре (25°C), но и при других температурах [3, 76, 97, 113, 155].

Т а б л и ц а 3.2

Термодинамические параметры изобарно-изотермических твердофазовых реакций при структурообразовании известковых отделочных композиций

Но- мер реак- ции	Формула соединения	Теплота образования ΔH_{298}^0 , кДж/моль	Энергия Гиббса образования ΔG_{298}^0 , кДж/моль	Реакции
1	$\text{Na}_{1,4}\text{Ca}_{2,9}\text{Al}_{7,2}\text{Si}_{40,8}\text{O}_{96} \cdot \text{H}_2\text{O}$	-2757	-2439,4	$2,9\text{Ca}(\text{OH})_2 + 40,8\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O} +$ $+ 21,3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al}(\text{OH})_3 + 7\text{H}_2\text{O} =$ $= \text{Na}_{1,4}\text{Ca}_{2,9}\text{Al}_{7,2}\text{Si}_{40,8}\text{O}_{96} \cdot \text{H}_2\text{O} + 20,4\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O} +$ $+ 61,6\text{NaOH} + 71\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
2	CaCO_3	-114,7	-74,6	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
3	CaNaHSiO_4	-1895,45	-1748,5	$2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O} =$ $= 2\text{CaNaHSiO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{SiO}_2$

Данные результатов термодинамических расчетов позволяют утверждать, что наиболее вероятным механизмом, обуславливающим процесс твердения, является образование кальцита, гидросиликата кальция-натрия, минералов группы цеолитов и портландита.

Дополнительным подтверждением химического взаимодействия добавки 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 на основе синтетического цеолита – 55,28 %.

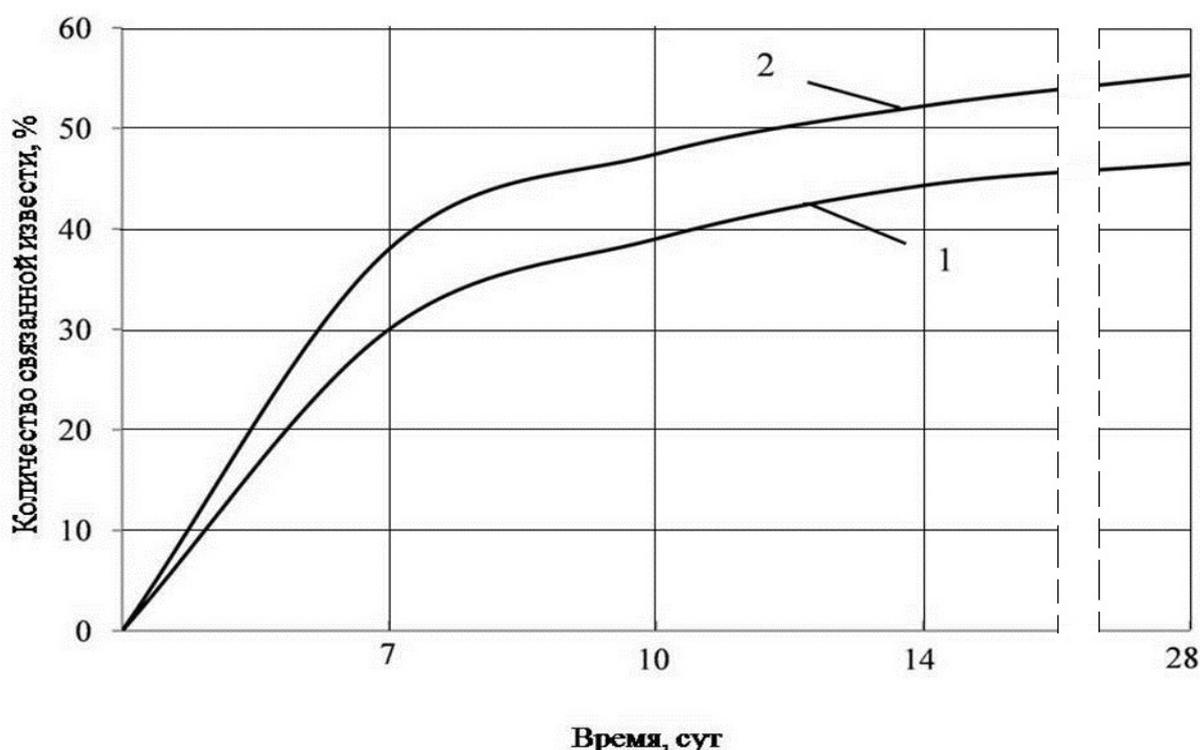


Рис. 3.5. Изменение количества связанной извести в процессе твердения: 1 – контрольный; 2 – с применением добавки на основе синтетического цеолита

Был проведен топологический анализ формирования структуры покрытий, в связи с этим рассчитывали соотношение между частицами извести и добавкой в единице объема. Принимали, что частицы добавки на основе синтетического цеолита и извести имеют форму шара. Число частиц рассчитывали по формуле

$$n = \frac{V_{\text{мат}}}{V_{\text{шара}}}, \quad (3.1)$$

где $V_{\text{мат}}$ – объем материала;
 $V_{\text{шара}}$ – объем частицы.

Тогда число частиц извести равно:

$$n_{\text{и}} = \frac{6m_{\text{и}}}{\rho_{\text{и}}\pi d_{\text{и}}^3}, \quad (3.2)$$

$$n = \frac{6 \cdot 0,04}{2200 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-6})^3} = 0,436 \cdot 10^{12},$$

а число частиц добавки:

$$n_3 = \frac{6m_3}{\rho_3\pi d_3^3}, \quad (3.3)$$

$$n = \frac{6 \cdot 0,004}{2310 \cdot 3,14 \cdot (2,4 \cdot 10^{-6})^3} = 2,4 \cdot 10^{12},$$

где $m_{\text{и}}, m_3$ – масса извести и добавки, кг;

$n_{\text{и}}, n_3$ – количества частиц извести и добавки;

$\rho_{\text{и}}, \rho_3$ – плотности извести и добавки, кг/м³.

Соотношение C между частицами добавки и извести равно:

$$C = \frac{n_3}{n_{\text{и}}} = \frac{m_3 \rho_{\text{и}} d_{\text{и}}^3}{m_{\text{и}} \rho_3 d_3^3}, \quad (3.4)$$

$$C = \frac{0,004 \cdot 2200 \cdot (2,4 \cdot 10^{-6})^3}{0,04 \cdot 2310 \cdot (2,4 \cdot 10^{-6})^3} = 0,055.$$

Нами было рассчитано соотношение между частицами извести и добавки на основе синтетического цеолита для состава 1:0,1 (известь: добавка). Результаты исследований показали, что диаметр частиц добавки составляет 1,125-4,05 мкм, извести – 2 мкм. Результаты расчетов показывают, что для состава 1:0,1 – соотношение частиц добавки и извести равно $C=5,5 \cdot 10^{-2}$. Таким образом, в исследуемых составах каждая частица извести окружена 18-ю частицами добавки на основе синтетического цеолита.

Для определения вероятного механизма формирования прочности системы «известь-добавка» рассматривали элементарную кубическую ячейку с размером ребра A [51]. Считали, что в этой ячейке размещается одна шаровая частица извести. Поместим эту частицу в ячейке в виде шаровых секторов по 1/4 части шара в каждом углу куба. В свободном

объеме ячейки, не заполненной шаровыми секторами извести, размещали все частицы добавки.

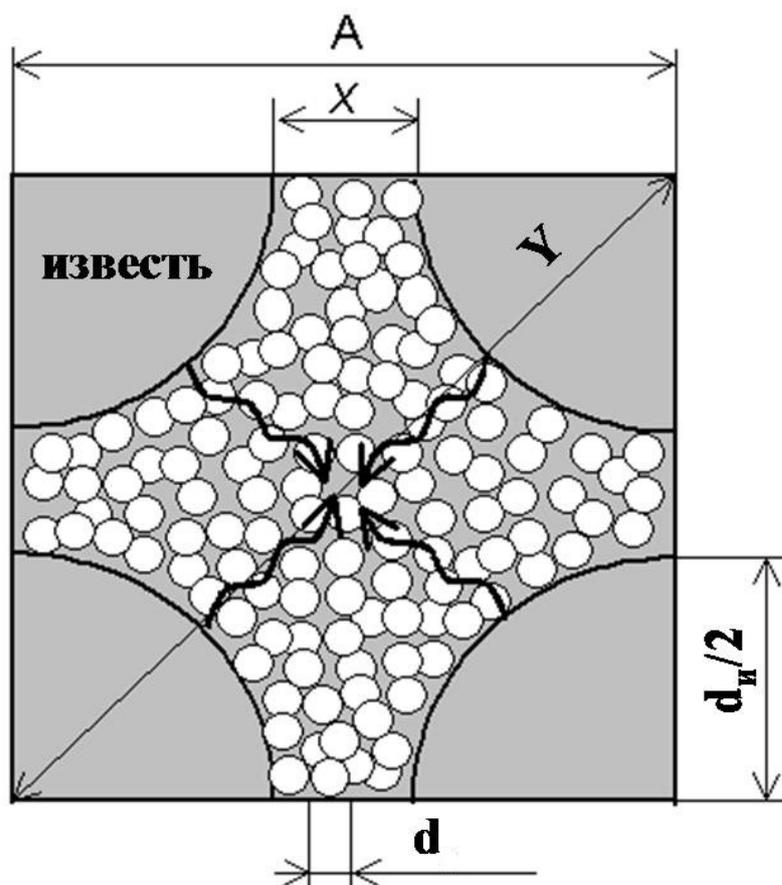


Рис. 3.6. Идеализированные топологии структуры известкового отделочного покрытия

Полный объем элементарной ячейки складывается из одной частицы извести и суммарного объема частиц добавки, уложенных с той или иной степенью упаковки $K_{уп}$ (рис. 3.6).

С учетом $K_{уп}$ можно записать для полного объема $V_{я}$:

$$V_{я} = A^3 = \frac{\pi d_{и}^3}{6} + \frac{\pi d_3^3}{6} \cdot K_{уп} n_3. \quad (3.5)$$

Откуда

$$A = \sqrt[3]{\frac{\pi}{6} (d_{и}^3 + d_3^3 K_{уп} n_3)}, \quad (3.6)$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{3,14}{6} \left((2 \cdot 10^{-6})^3 + (2,4 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 0,74 \cdot (0,24 \cdot 10^{-12}) \right)} = 4,184 \cdot 10^{-6}.$$

Для принятых характеристик извести и добавки, вычисленного значения C и принятого $K_{уп}=0,74$ получим для состава 1:0,1 размер ребра $A = 4,184 \cdot 10^{-6}$ м.

Расстояние X между поверхностями частиц добавки по ребру элементарной ячейки будет:

$$X = A - d, \quad (3.7)$$

$$X = 4,184 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6} = 2,184 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

Для составов 1:0,1 значение X соответственно равно $2,184 \cdot 10^{-6}$ м.

Поскольку длина диагонали B грани кубической ячейки равна $\sqrt{2}A$, а диагональ куба $L = \sqrt{3}A$, то расстояние между поверхностями частиц Y по диагонали грани будет:

$$Y = \sqrt{2}A - d, \quad (3.8)$$

$$Y = \sqrt{2 \cdot 4,184 \cdot 10^{-6}} - 2 \cdot 10^{-6} = 2,895 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Для составов 1:0,1 значение Y соответственно равно $2,895 \cdot 10^{-3}$ м.

Расстояние между поверхностями частиц Z по диагонали куба равно

$$Z = \sqrt{3}A - d, \quad (3.9)$$

$$Y = \sqrt{3 \cdot 4,184 \cdot 10^{-6}} - 2 \cdot 10^{-6} = 3,538 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Для составов 1:0,1 значение Z соответственно равно $3,538 \cdot 10^{-3}$ м.

Таким образом, для связывания добавки на основе синтетического цеолита необходима миграция извести в зону контакта с добавкой на расстояние до $Z/2$ и составляющим соответственно для составов 1:0,1 $Z/2 = 1,769 \cdot 10^{-3}$ м. Исходя из этого, наиболее вероятным механизмом формирования прочности является диффузионный перенос ионов извести и последующая реакция взаимодействия их с добавкой на основе синтетического цеолита.

3.2. Подбор гранулометрического состава мелкого заполнителя

Доля заполнителя в сухих смесях может достигать 80-85 %, поэтому подбор заполнителя играет важную роль в составе сухой смеси. Большое значение также имеет исследование его гранулометрических характеристик. Оптимизация качества мелкого заполнителя для сухих строительных смесей должна базироваться на определении его гранулометрического состава.

Пески для строительных растворов должны обладать наименьшей межзерновой пустотностью [73, 157]. Именно поэтому при разработке состава ССС предпочтение отдавалось пескам смешанного зернового состава.

Для приготовления сухой смеси использовали следующие кварцевые пески:

– кварцевый песок Ухтинского месторождения. Пески, применяемые в работе, относятся к группе мелких песков. Песок Ухтинского месторождения является кварцевым, в его минеральный состав входят: полевой шпатт, глауконит, глинисто-опаловые агрегаты, а также фракции тяжелых минералов – циркона, рутила, ильменита, дистена и др. [33, 36, 49]. Химический состав представлен кремнеземом до 97 %. Среднее значение модуля крупности составляет 1,38. Истинная плотность песка Ухтинского месторождения равна $\rho_{ист} = 2650 \text{ кг/м}^3$, насыпная плотность – $\rho_{нас} = 1340 \text{ кг/м}^3$ и удельная поверхность – $S_{уд} = 20 \text{ м}^2/\text{кг}$;

– кварцевый песок Чаадаевского месторождения. В этих песках содержание кварца достигает 95-96 %. В песках Чаадаевского месторождения содержатся примеси полевых шпатов и глауконита в количестве 2 %, имельнита, магнетита, турмалина, циркония и рутила – до 0,25 %. Естественная влажность песков находится в пределах 3,03-4,37 %, средняя плотность – 1700 кг/м^3 . Среднее содержание глинистых частиц – 0,53-1,20 % [50];

В табл. 3.3 приведены гранулометрические составы, т.е. процентные содержания фракций ухтинского, чаадаевского песков.

Расход вяжущего определяется значением пустотности заполнителя, поэтому исследование гранулометрических характеристик песков несет практическую значимость [49, 140, 142]. В табл. 3.3 представлены значения насыпной плотности и межзерновой пустотности исследуемых песков.

Главным в оптимизации гранулометрического состава заполнителя является подбор соотношений между тремя основными фракциями песка (0,16-0,315; 0,315-0,63; 0,63-1,25). Выбор того или иного соотношения между фракциями песка зависит от значения насыпной плотности [50, 145].

Т а б л и ц а 3.3

Процентные содержания фракций песков Пензенского региона

Фракция песка, мм	Месторождение песка	
	Ухтинское	Чаадаевское
Больше 2,5	1,0	-
2,5-1,25	2,1	0,3
1,25-0,63	9,6	12,1
0,63-0,315	39,5	58,1
0,315-0,16	44,0	26,6
Меньше 0,16	3,8	2,9

Таблица 3.4

Плотность и межзерновая пустотность исследуемых песков

Наименование месторождения песка	Фракция	Насыпная плотность, кг/м ³	Межзерновая пустотность, %
Чаадаевское	1,25-0,63	1599,3	39,6
	0,63-0,315	1529,9	42,3
	0,315-0,16	1418,2	46,5
Ухтинское	1,25-0,63	1530,3	42,3
	0,63-0,315	1522,3	42,6
	0,315-0,16	1460,1	44,9

Во первых изучалось изменение насыпной плотности песка, содержащего две фракции. На рис. 3.7-3.9 представлены графики изменения насыпной плотности песка при различном сочетании двух фракций.

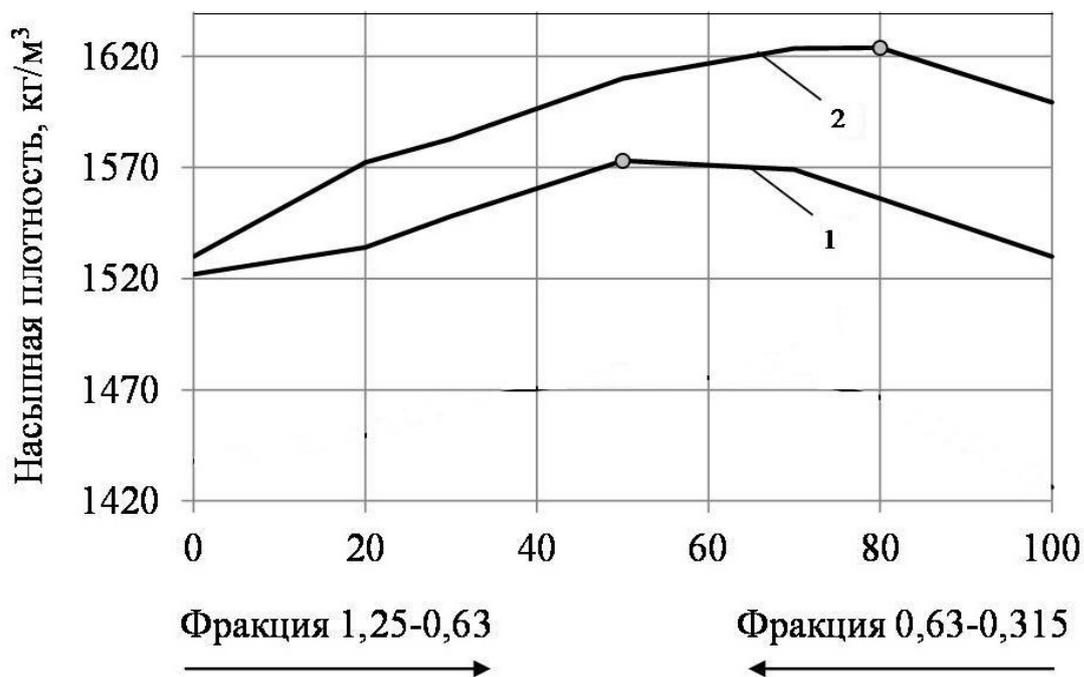


Рис. 3.7. Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 1,25-0,63 : 0,63-0,315:

1 – Ухтинское месторождение; 2 – Чаадаевское месторождение

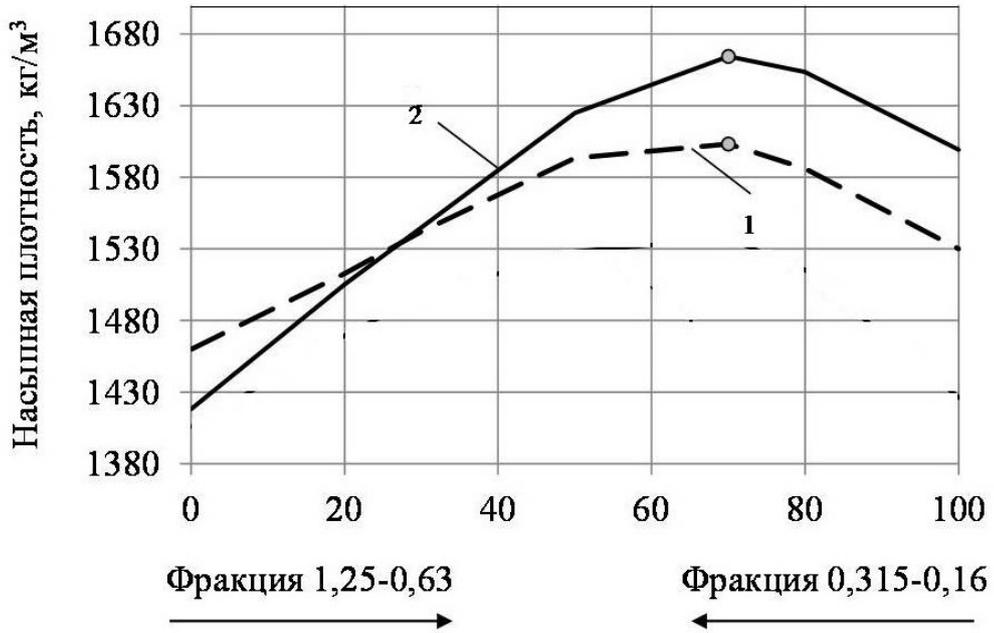


Рис. 3.8. Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 1,25-0,63 : 0,315-0,16:
1 – Ухтинское месторождение; 2 – Чаадаевское месторождение

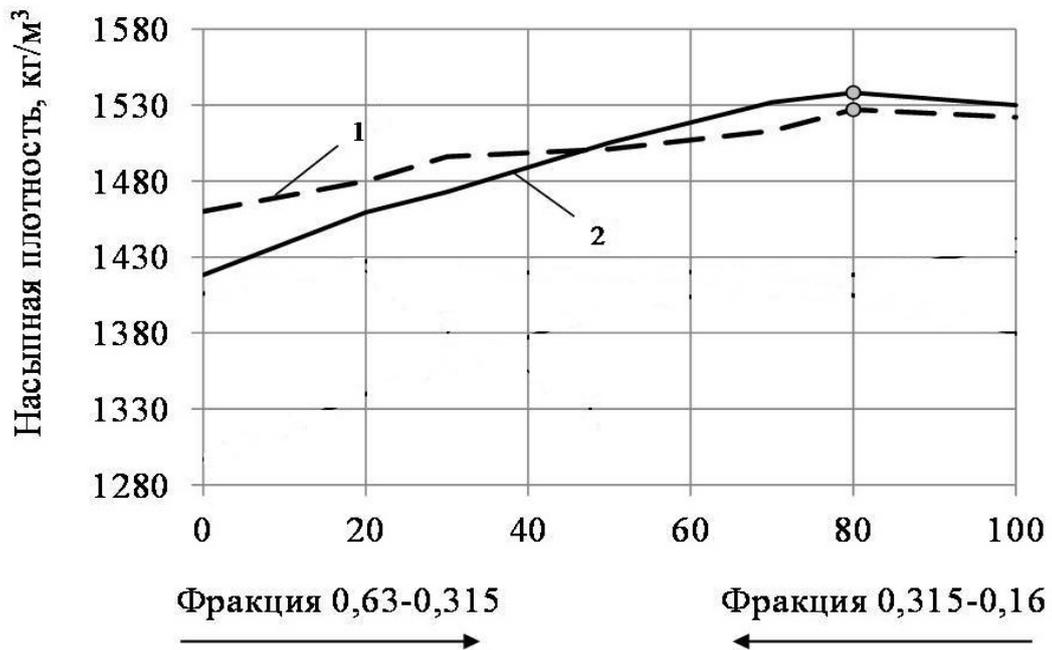


Рис. 3.9. Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 0,63-0,315 : 0,315-0,16:
1 – Ухтинское месторождение; 2 – Чаадаевское месторождение

Оптимальное соотношение фракций для песка Чаадаевского месторождения является 0,63-0,315 : 0,315-0,16 соответственно 80 %:20 % с насыпной плотностью 1538,2 кг/м³.

При соотношении фракций 1,25-0,63 мм и 0,315-0,16 мм, соответственно, 70 %:30 % с $\rho_{\text{нас}}=1603$ кг/м³ песка Ухтинского месторождения достигается наибольшая плотность упаковки. В то же время содержание фракции 1,25-0,63 мм составляет лишь 9,6 % от общего объема (табл. 3.3). Поэтому при дальнейшей разработке состава ССС было принято решение применять песок Ухтинского месторождения с соотношением фракций 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм соответственно 80 %:20 %. Плотность песка при этом составляет $\rho_{\text{нас}}=1527$ кг/м³.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод что, при дальнейшей разработке состава ССС целесообразно использовать кварцевый песок Ухтинского месторождения с соотношением фракций 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм соответственно 80 %:20 %.

3.3. Кинетика твердения известковых композитов

На рис. 3.10 представлена графическая зависимость кинетики набора прочности известковых растворов с добавкой на основе синтетического цеолита.

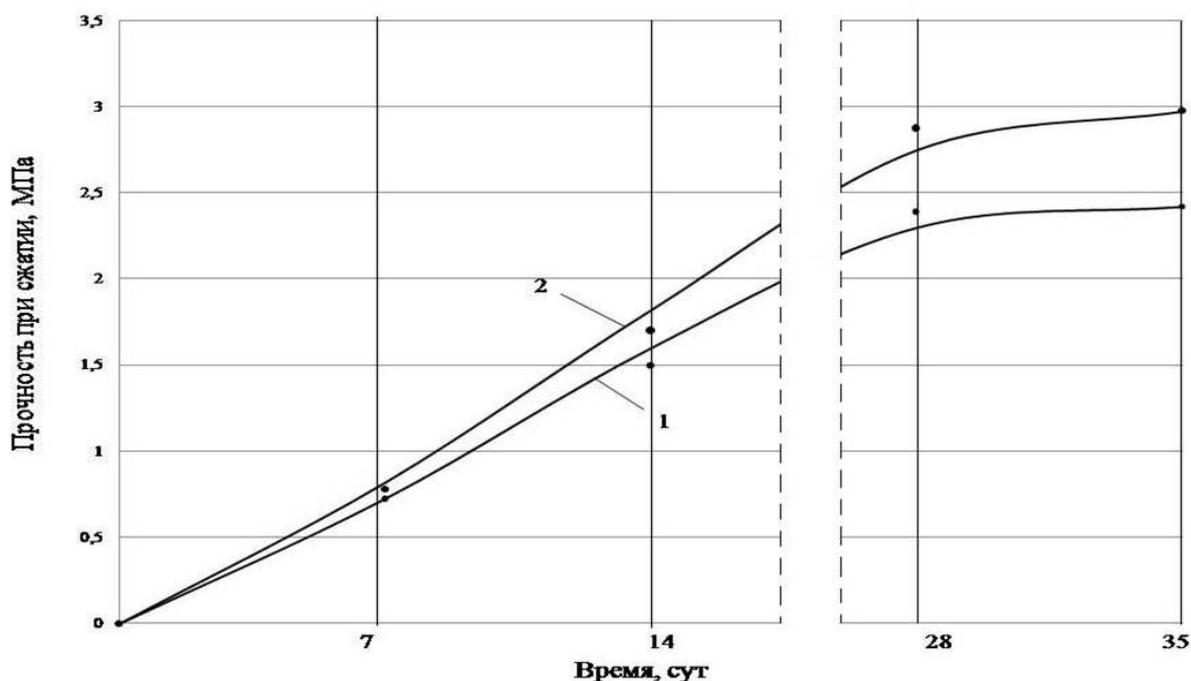


Рис. 3.10 – Кинетика набора прочности:
 1 – известь: песок: добавка на основе синтетического цеолита;
 2 – известь: добавка на основе синтетического цеолита

Кривые, представленные на рис. 3.10, описываются уравнением вида [150]:

$$y = ae^{bx}, \quad (3.10)$$

где a – константа, учитывающая максимально возможную прочность при сжатии;

b – константа скорости структурообразования;

x – время твердения.

Аппроксимация данных производилась с помощью программы Curve Expert 1.3. Точками на рисунках обозначены экспериментальные значения предела прочности при сжатии известковых образцов. Значения константы скорости структурообразования b приведены в табл. 3.5.

Т а б л и ц а 3.5

Значения констант уравнения кинетики набора прочности

Состав	a	b
Известь:песок: добавка на основе синтетического цеолита	1,2692931	0,0095745356

Для регулирования структуры и свойств ССС, растворов и покрытий на их основе в работе применяли добавки:

- Суперпластификатор Sika-3180.
- Суперпластификатор С-3 (ТУ 6-36-020429-625).
- Кратасол- ПФМ (ТУ 5745-365-05800142-2011м).
- Редиспергируемый порошок Neolit-4400.

Т а б л и ц а 3.6

Основные показатели суперпластификатора Sika-3180

№ п/п	Наименование показателя	Фактические показатели
1	Высокое водоредуцирование, %	40
2	Сохраняемость подвижности смеси, мин	180
3	Пластифицирующий эффект без снижения прочности во все сроки твердения, мм, не менее	125

Суперпластификатор С-3 – это смесь нейтрализованных едким натром полимерных соединений разной относительной молекулярной массы, получаемых при конденсации сульфокислот нафталина с формальдегидом и технических лингосульфонов. Порошок светло-коричневого цвета. Основные показатели добавки С-3 приведены в табл. 3.7.

Т а б л и ц а 3.7

Основные показатели суперпластификатора С-3

№ п/п	Наименование показателя	Фактические показатели
1	Массовая доля активного вещества в пересчете на сухой продукт, % не менее	90
2	Показатель активности водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей 2,5 %	7,0-9,0
3	Пластифицирующий эффект без снижения прочности во все сроки твердения, мм, не менее	125
4	Плотность, кг/ м ³ , не менее	500

Добавка Кратасол-ПФМ представляет собой модифицированные лигносульфонаты натрия. Основные показатели добавки Кратасол-ПФМ приведены в табл. 3.8.

Т а б л и ц а 3.8

Основные показатели добавки Кратасол-ПФМ

№ п/п	Наименование показателя	Фактические показатели Кратасол-ПФМ
1	Цвет порошка	темно-коричневый
2	Массовая доля сухих веществ, % не менее	95
3	Показатель активности водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей 2,5 %	4,5-6
4	Содержание хлоридов, % не более	0,1

Основные показатели добавки Neolit-4400 приведены в табл. 3.9.

Т а б л и ц а 3.9

Основные показатели добавки Neolit-4400

№ п/п	Наименование показателя	Фактические показатели
		Neolit-4400
1	Цвет порошка	Белый
2	Содержание твердых частиц, %	98
3	Содержание золы, %	9
4	Система стабилизации	Поливиниловый спирт
5	Минимальная температура пленки, °С	+6

На рис. 3.11 приведены кривые кинетики набора прочности известковых композитов с добавками пластификаторами Кратасол-ПФМ и редиспергируемым порошком Neolit-4400, В/И=1,25.

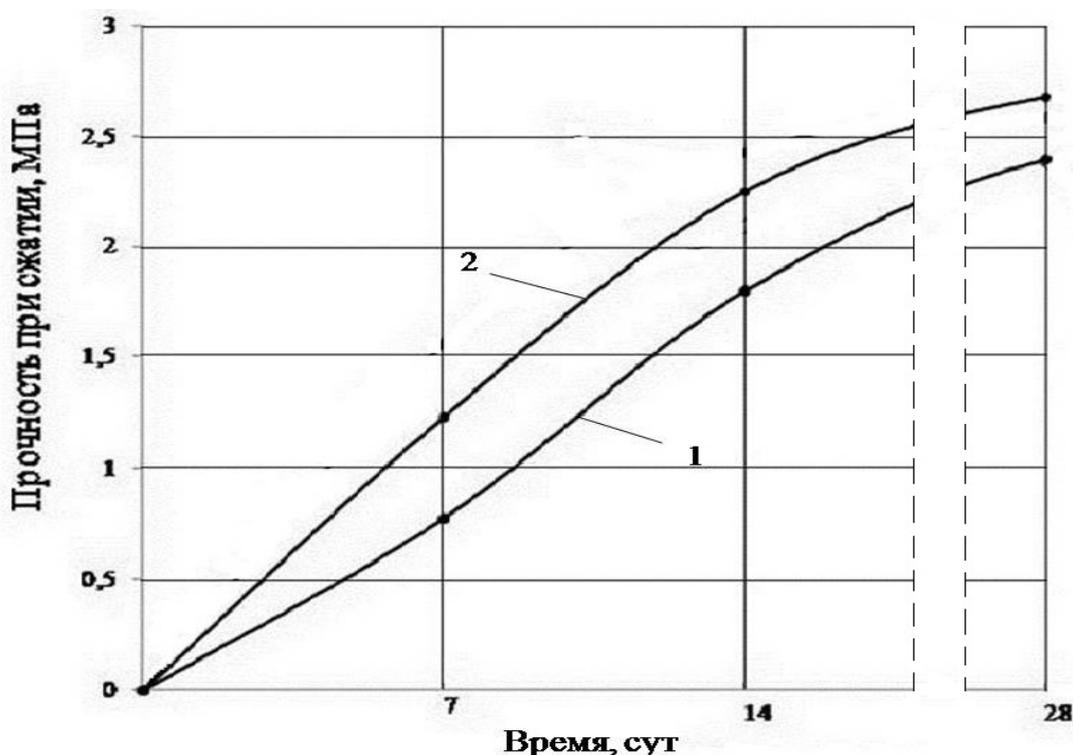


Рис. 3.11. Кинетика набора прочности образцов с применением добавки на основе синтетического цеолита:
 1 – известь:песок = 1:3 + добавка 10 % от массы извести;
 2 – известь:песок 1:3 + (добавка 10 % от массы извести) + Кратасол 1 % (от массы извести) + Neolit-4400 1 % (от массы извести)

Исследовалось влияние добавки Neolit-4400 в количестве 1 % от массы извести на прочность известковых составов. Результаты исследований свидетельствуют, что в возрасте 7 суток прочность при сжатии с добавлением Neolit-4400, Кратасол-ПФМ составляет $R_{сж}=(1,235\pm 0,058)$ МПа, а в возрасте 28 суток прочность при сжатии с добавлением Neolit-4400, Кратасол-ПФМ составляет $R_{сж}=(2,742\pm 0,173)$ МПа.

3.4. Реологические и технологические свойства известковых систем

Пластическую прочность или предельное напряжение сдвига отделочной смеси определяли коническим пластометром КП-3. Значение напряжения сдвига вычисляли по формуле

$$\eta = \tau = \tau_0 = k \cdot \frac{P}{h^2}, \quad (3.11)$$

где η – пластическая прочность;

- τ – напряжение сдвига;
- τ_0 – предел текучести;
- k – коэффициент, зависящий от значения вершинного угла конуса; для металлического конуса с углом при вершине 30° – $k= 1,116$;
- P – вес подвижной части прибора (нагрузка);
- h – глубина погружения конуса в растворную смесь.

На рис. 3.12 приведены экспериментальные данные кинетики пластической прочности известкового теста при введении добавки на основе синтетического цеолита [4, 95, 141, 147]. Для сравнения в рецептуру вводилась добавка диатомита, каолинита и метаколинита.

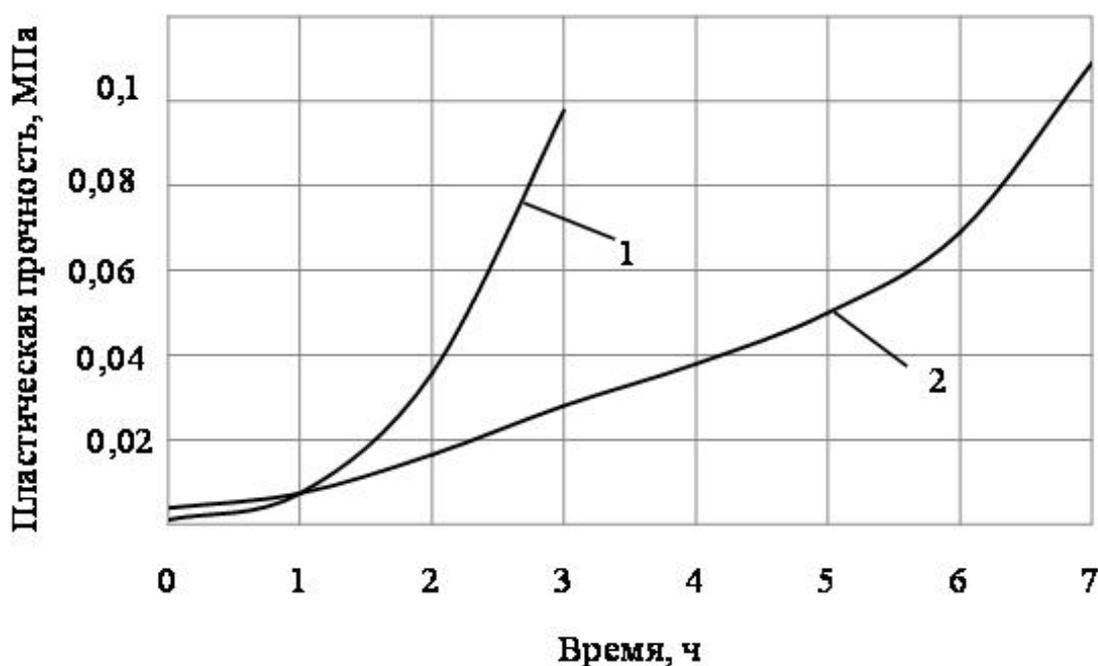


Рис. 3.12. Изменение пластической прочности известкового теста при введении добавки на основе синтетического цеолита и диатомита:
 1 – содержание диатомита 10 % от массы извести; 2 – содержание добавки на основе синтетического цеолита 10 % от массы извести

Анализ пластограмм (рис. 3.12) 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 0,018 МПа (рис. 3.12, кривая 2), а при применении диатомита – 0,0382 МПа (рис. 3.12, кривая 1).

Обжиг добавки при температуре 500°C способствует повышению ее активности, в результате чего наблюдается ускорение процесса структурообразования известкового теста (рис. 3.13, 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 (рис. 3.13, кривая 4, 5).

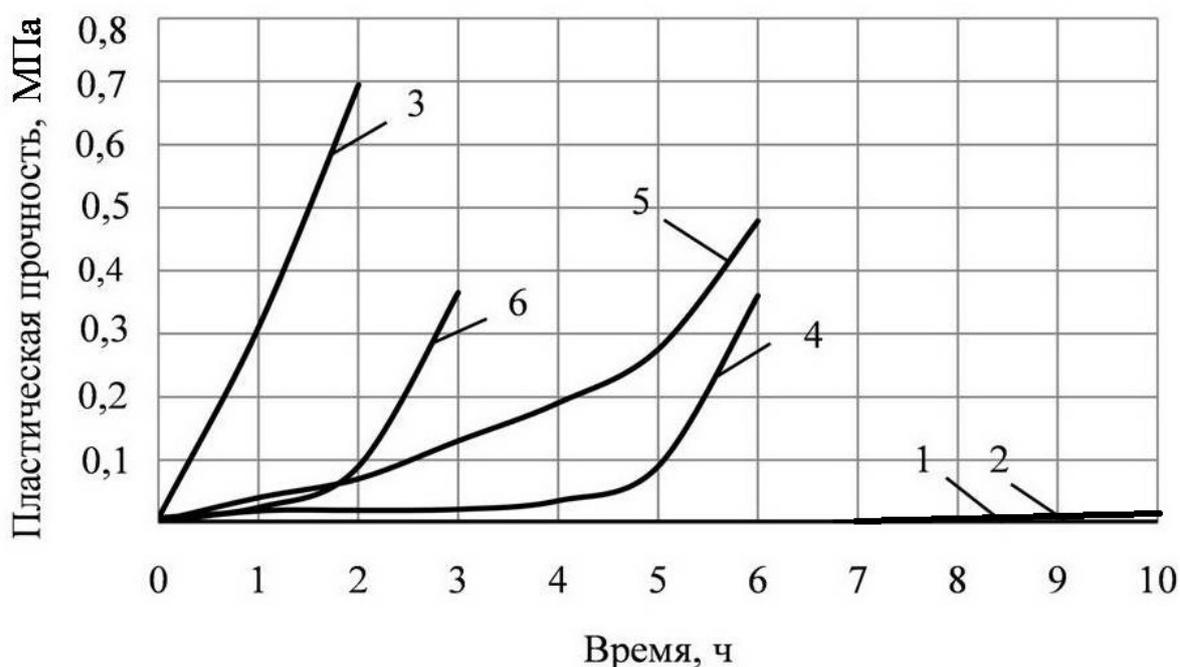


Рис. 3.13. Изменение пластической прочности известкового теста при введении добавки метакаолинита и добавки на основе синтетического цеолита: 1 – содержание добавки метакаолинита 1 % от массы извести; 2 – содержание добавки метакаолинита 3 % от массы извести; 3 – содержание добавки метакаолинита 10 % 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).

Увеличение содержания обожженной добавки до 10 % вызывает большую скорость роста пластической прочности, в возрасте 2 часа пластическая прочность составляет $\tau = 0,08$ МПа (рис. 3.13, кривая 6). Добавка метакаолинита при содержании 1-3 % от массы извести не вызывает раннего структурообразования (рис. 3.13, кривая 1, 2).

При введении добавки каолинита в количестве 1-3 % от массы извести ускорение набора прочности наблюдается только спустя 15 часов с момента затворения (рис. 3.13, кривая 2,3). В возрасте 20 часов пластическая прочность при содержании добавки каолинита 1-3 % составляет $\tau = 0,005-0,008$ МПа. Увеличение содержания добавки каолинита до 10 % вызывает рост пластической прочности, в возрасте 5 часа с момента затворения пластическая прочность составляет $\tau=0,045$ МПа (рис. 3.13, кривая 3).

Таким образом, установлено, что применение добавки на основе синтетического цеолита характеризуется более быстрым отверждением композиционного известкового вяжущего по сравнению с чисто известковым вяжущим.

Исследовалось также влияние различных пластификаторов (Sika 3180, С-3, Кратасол-ПФМ) на скорость структурообразования [143, 144, 152].

Анализ пластограмм (рис. 3.14) свидетельствует, что применение пластифицирующих добавок приводит к уменьшению скорости структурообразования. Так, в возрасте 5 часов с момента затворения пластическая прочность состава с добавкой Кратасол-ПФМ в количестве 1 % от массы извести составляет $\tau = 0,00069$ МПа (рис. 3.14, кривая 4), а при добавлении Sika 3180 в количестве 1 % от массы извести – $\tau = 0,00081$ МПа (рис. 3.14, кривая 2).

Установлено, что пластификаторы на основе карбоксилатов обладают более высоким пластифицирующим эффектом. Так, начальная пластическая прочность с добавкой С-2 в количестве 1 % от массы извести составляет 0,00058 МПа, а с пластификатором Sika 3180 – 0,00051 МПа.

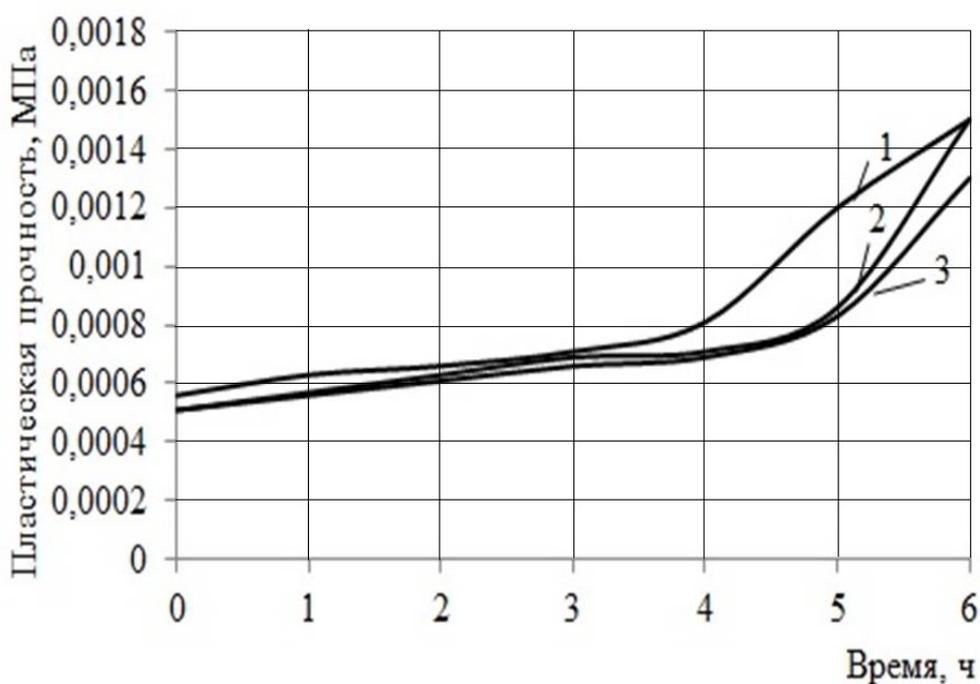


Рис. 3.14 – Кинетика пластической прочности растворной смеси:
1 – растворная смесь с добавкой на основе синтетического цеолита с добавлением Sika 3180 в количестве 1 % от массы извести; 2 – растворная смесь с добавкой на основе синтетического цеолита, с добавлением С-3 в количестве 1 % от массы извести; 3 – растворная смесь с добавкой на основе синтетического цеолита с добавлением Кратасол-ПФМ в количестве 1 % от массы извести

Важным свойством отделочной смеси является водоудерживающая способность, позволяющая сохранить подвижность смеси в течение определенного времени. Подвижная смесь, как правило, хорошо заполняет все неровности поверхности, на которую она наносится, и медленно отдает воду.

Водоудерживающую способность отделочных составов определяли в соответствии с ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытания» [36].

Подготовка к испытанию заключалась в следующем: 10 листов промокательной бумаги размером 150×150 мм взвешивали с погрешностью до 0,1 г, укладывали на стеклянную пластинку размером 150×150 мм и толщиной 5 мм, на промокательную бумагу укладывали один слой марлевой ткани, сверху устанавливали металлическое кольцо с внутренним диаметром 100 мм и высотой 12 мм, и ещё раз взвешивали всю установку. Затем тщательно перемешивали растворную смесь укладывали ровень с краями металлического кольца, взвешивали и оставляли на 10 минут. После этого металлическое кольцо с раствором осторожно снимали вместе с марлей, а промокательную бумагу взвешивали с погрешностью до 0,1 г.

Водоудерживающую способность отделочной смеси определяли по формуле

$$V = 100 \left(\frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right), \quad (3.12)$$

где m_1 – масса промокательной бумаги до испытания, г;

m_2 – масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 – масса установки без растворной смеси, г;

m_4 – масса установки с растворной смесью, г.

Водоудерживающую способность отделочной смеси определяли несколько раз для каждой пробы и вычисляли как среднее арифметическое значение результатов нескольких определений, отличающихся между собой не более чем на 20 % от меньшего значения.

Так, значение водоудерживающей способности состава при толщине слоя 12 мм, регламентированное и оцененное в соответствии с ГОСТ 5802-86, составило 98 %.

Установлено что жизнеспособность состава с добавкой на основе синтетического цеолита составляет 2 часа. Время высыхания определяли в соответствии с методикой [30].

Время высыхания определяли в соответствии с ГОСТ 19007-73*. Оценка степени высыхания производилась по семибальной шкале. Основой метода служит способность покрытия удерживать на своей поверхности бумагу или стеклянные шарики в зависимости от степени отверждения, которая заключается в определении времени, в течение которого отделочный слой превращается в слой с требуемой степенью высыхания (табл. 3.10) [30].

Т а б л и ц а 3.10

Определение степени высыхания отделочных покрытий

Степень высыхания	Характеристика поверхности покрытия после испытания
1	Стеклянные шарики, свободно насыпанные на поверхность покрытия, полностью удаляются с нее мягкой волосяной кистью; при этом поверхность покрытия не повреждается
2	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет следа после снятия нагрузки 0,2 Н (20 г)
3	То же после снятия нагрузки 2 Н (200г)
4	Бумага не прилипает к покрытию после снятия нагрузки 20 Н (2 кг); при этом на покрытии виден след от нагрузки
5	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет следа после снятия нагрузки 20Н (2 кг)
6	Бумага не прилипает к покрытию, но оставляет след от нагрузки 200 Н (20 кг) после ее снятия
7	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет след после снятия нагрузки 200 Н (20 кг)

Установлено, что время высыхания до степени 3 составляет 6 минут, а до степени 7 – 23 минуты.

4. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ОТДЕЛОЧНОГО СЛОЯ НА ОСНОВЕ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ

4.1. Трещиностойкость покрытий на основе сухих строительных смесей

В процессе эксплуатации защитно-декоративные покрытия наружных ограждающих конструкций зданий подвергаются увлажнению за счет действия дождей, высокой относительной влажности воздуха, а также за счет диффузии водяного пара через ограждающую конструкцию от внутренней поверхности к наружной в холодный период года, что приводит к растрескиванию или отслаиванию покрытий [43, 53, 64].

Были проведены обследования состояния оштукатуренной поверхности фасадов зданий в г. Пензе по ул. Циолковского. Установлено, что в число приоритетных дефектов после 5 лет эксплуатации входят трещины по покрытию вдоль вертикального стыка по торцу здания, отслаивание покрытия, разнотонность окраски (рис. 4.1-4.5).



Рис. 4.1. Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после первого года эксплуатации покрытия



Рис. 4.2. Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после первого года эксплуатации покрытия

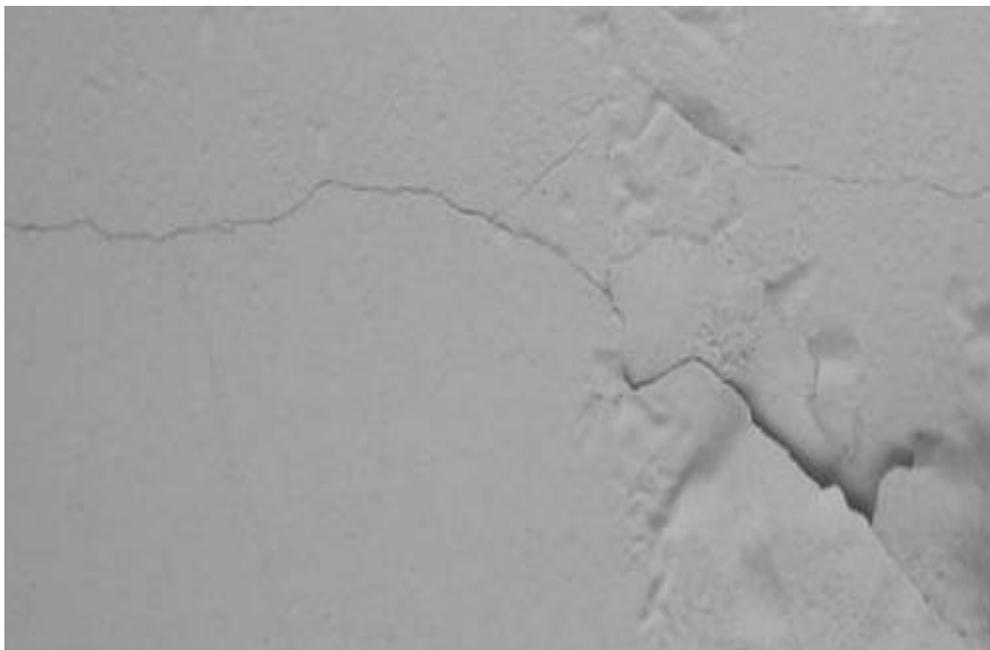


Рис. 4.3. Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия



Рис. 4.4. Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия

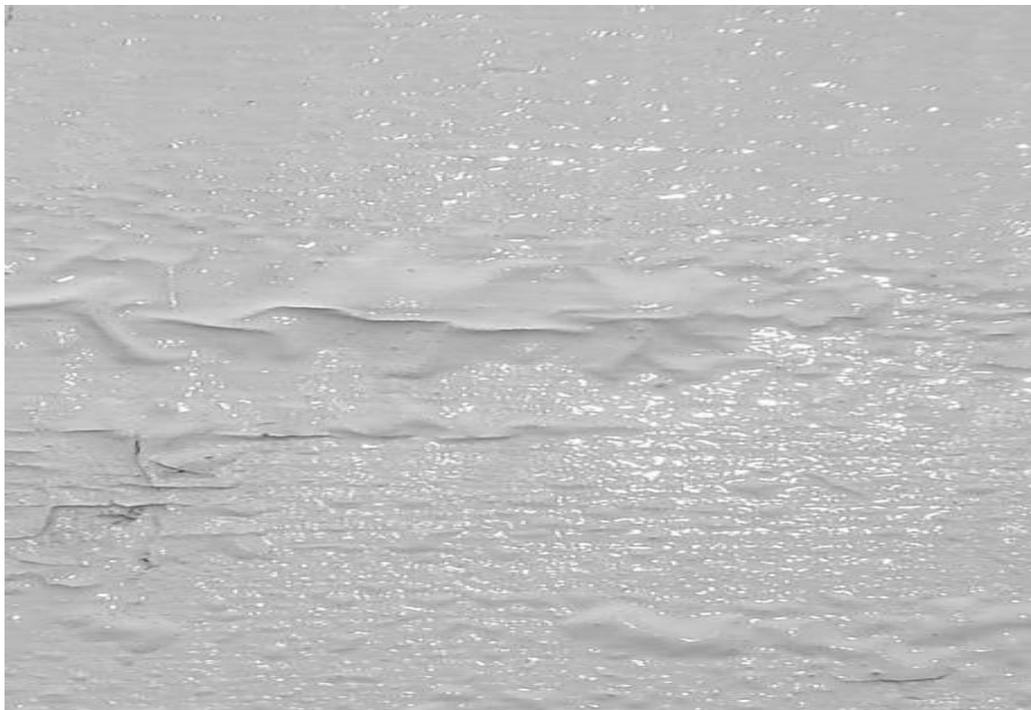


Рис. 4.5. Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия

По мере старения покрытий наблюдаются изменение удельного веса приоритетных дефектов, оказывающих влияние на качество их внешнего вида, а также появление новых видов дефектов [80, 106]. Так, после трех лет эксплуатации известкового покрытия появляются такие дефекты, как отслаивание покрытий суммарный удельный вес которых составляет 41,4 %.

Наименование видов дефектов и число их появлений для известковых покрытий после различных сроков эксплуатации приведены в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

Виды и количество дефектов защитно-декоративных покрытий

№ дефекта	Наименование дефекта	Число появлений дефектов	
		Известковое покрытие, 1 год эксплуатации	Известковое покрытие, 3-го года эксплуатации
1	Трещина по покрытию вдоль вертикального стыка по торцу здания	80	100
2	Отслаивание покрытий по торцам ограждающих панелей лоджий	21	100
3	Отслаивание покрытий у основания металлических козырьков подъездов	13	84
4	Отслаивание покрытий на фасаде	3	72
5	Разнотонность окраски	2	31
6	Мокрые пятна у нижнего стыка балконов с панелями	-	26
7	Выветривание окраски	-	25
8	Прочие	11	12

По данным список дефектов известковых покрытий, составляющих 80 % кумулятивной кривой диаграммы Парето, состоит в основном из трещин вдоль вертикального стыка по торцу здания, разнотонности окраски, отслаивания. Это позволяет считать их источником «отказа» независимо от вида покрытий. При этом такой дефект как трещины по покрытию вдоль вертикального стыка панелей идет в диаграмме Парето на первом месте и составляет 22,6-66,6 % от общего числа дефектов в зависимости от вида покрытия и срока эксплуатации.

В связи с этим для увеличения стойкости известковых покрытий следует обеспечить их трещиностойкость [23]. Известно, что трещины появляются под действием внутренних и внешних факторов, вызывающих

деформации растяжения, превышающие предельную растяжимость материала, т.е. растрескивание покрытий происходит, если выполняется условие [71]:

$$\varepsilon_{\text{деф}} < \varepsilon_{\text{пред.}}$$

Для оценки трещиностойкости покрытий на основе разработанной рецептуры ССС были проведены замеры усадочных деформаций покрытий в процессе отверждения.

Измерение усадочных деформаций образцов проводилось в процессе их отверждения при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $\varphi = 50-55\%$ с помощью оптического компаратора ИЗА-2. и вычисляли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{l_0 - l_i}{l_0} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где l_0 – длина образца (расстояние между реперами) в начальный период твердения, мм;

l_i – длина образца в промежуточные периоды твердения, мм.

На рис. 4.6 представлен график изменения усадочных деформаций покрытия на основе состава: известь-пушонка : ухтинский песок 1:2 + добавка на основе синтетического цеолита в количестве 10 % от массы извести + Кратасол-ПФМ в количестве 1 % от массы извести + Neolit-4400 в количестве 0,5 % + Zincum-5 в количестве 0,5 % от массы извести.

Анализ данных свидетельствует, что значение усадочных деформаций образцов на основе состава с применением добавки синтетического цеолита после 10 суток твердения составило $\varepsilon = 0,0281\%$, а спустя 90 суток значение усадочных деформаций составило $\varepsilon = 0,035\%$ (рис. 4.6).

Наиболее интенсивный рост усадочных деформаций образцов происходит в течение 4 суток твердения, после чего наблюдается заметная стабилизация.

Был проведен анализ деформативных свойств покрытий. Определение предела прочности при растяжении проводили на разрывной машине ИР 5057-50 на образцах после 28 суток воздушно-сухого твердения. Определение предела прочности при растяжении (когезионной прочности) проводили по ГОСТ 18299-72* на разрывной машине ИР 5057-50. Скорость деформирования составляла 1 мм/мин. Образцы размерами $1 \times 1 \times 5$ см закрепляли в определенных зажимах разрывной машины так, чтобы его продольная ось была расположена точно в направлении растяжения, а приложенные силы действовали равномерно по всему сечению образца. Испытания проводили при температуре воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 60 %. Все образцы, которые в процессе испытания разрушались за пределами рабочей части (20 мм) или перед зажимами, в расчёт не принимались [29].

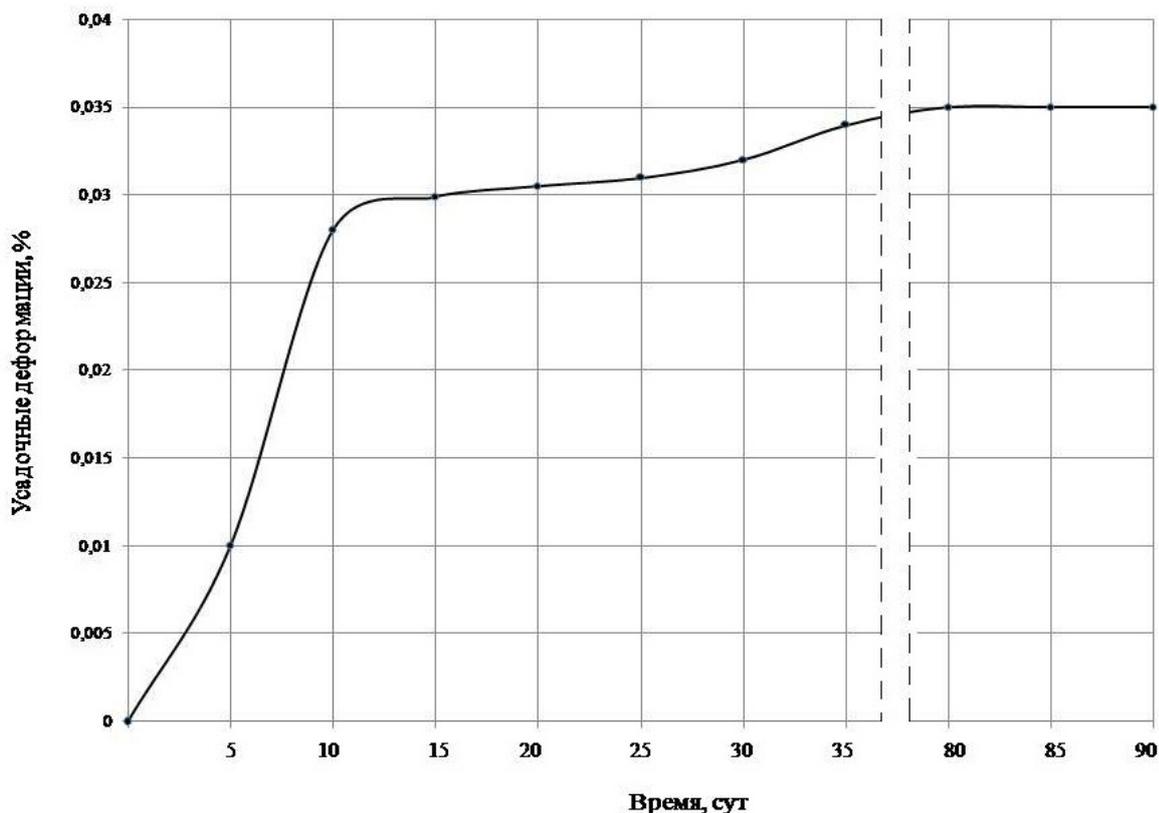


Рис. 4.6. Изменения усадочных деформаций в процессе твердения

Расчёт предела прочности при растяжении проводили по результатам испытания не менее трех образцов каждого состава. Предел прочности при растяжении R_p , МПа (Н/мм^2) для каждого образца вычисляли по формуле

$$R_p = \frac{F_{P_i}}{S_{O_i}}, \quad (4.2)$$

где F_{P_i} — растягивающая нагрузка в момент разрыва, Н;

S_{O_i} — начальная площадь поперечного сечения образца, мм^2 .

Модуль упругости вычислялся по диаграмме «напряжение-деформация» по тангенсу угла наклона к оси абсцисс касательной (Z), проведенной к начальному прямолинейному участку диаграммы.

Модуль упругости для каждого образца ($E_{\text{упр}}$) в МПа вычислялся по формуле

$$E_{\text{упр}} = \frac{R'_{kogi}}{\varepsilon'_i} \cdot 100, \quad (4.3)$$

где R'_{kogi} — предел прочности при растяжении в момент отрыва касательной от диаграммы «напряжение-деформация», МПа;

ε'_i — относительное удлинение при разрыве, мм/мм.

Результаты экспериментов представлены на рис. 4.7.

Полученные результаты (рис. 4.7) свидетельствуют о том, что добавление в рецептуру добавки на основе синтетического цеолита позволяет получить материал с прочностью при растяжении до $R_{kog} = 0,53$ МПа. Относительные деформации составили $\varepsilon = 0,00032$ мм/мм. У образцов на основе контрольных составов разрушение происходит при деформации, равной $\varepsilon = 0,00024$ мм/мм.

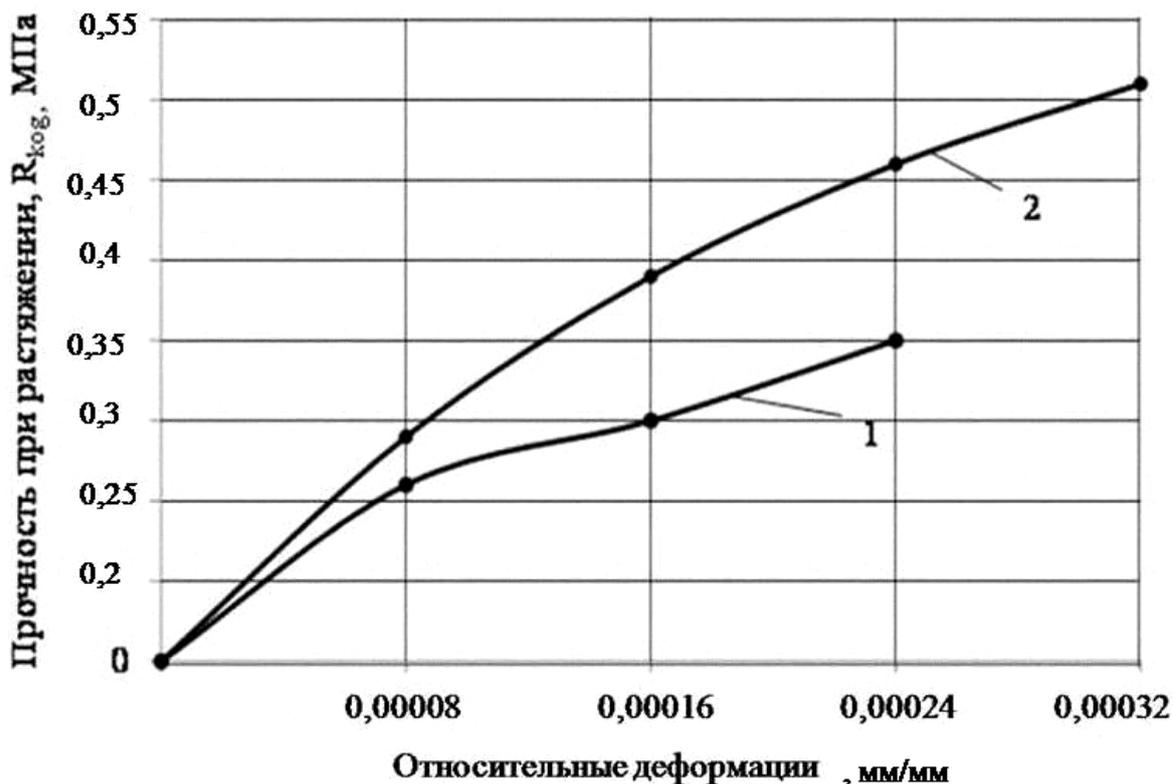


Рис. 4.7. Изменение относительных деформаций при растяжении известковых покрытий:
1 – контрольный состав; 2 – состав с добавкой на основе синтетического цеолита

Кроме того, трещиностойкость покрытий оценивали исходя из следующих критериев. Растрескивание покрытий происходит, когда внутренние растягивающие напряжения достигнут значения когезионной прочности материала покрытия, т.е.:

$$\sigma = R_{kog} . \quad (4.4)$$

Для оценки монолитности отделочного слоя необходимо изучение напряженного состояния покрытий.

В работе [53] отмечается, что основным видом разрушения покрытий в процессе эксплуатации является растрескивание и отслаивание. В связи с этим, 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 $\rho=40 \text{ кг/м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, Значения коэффициентов линейного температурного расширения КЛТР составляли: для отделочного слоя КЛТР= $8,6\cdot 10^{-6}$, для пенополистирола КЛТР= $7,0\cdot 10^{-6}$. Модуль упругости для отделочного слоя составлял $E=40 \text{ МПа}$, для пенополистирола – $E=55 \text{ МПа}$. Значения температур по толщине конструкции определялись в соответствии с теплотехническим расчетом для различных климатических условий и зон влажности: г.г. Москва, Краснодар, Новосибирск [102, 111, 117]. Расчетная схема части ограждающей конструкции представлена на рис. 4.8.

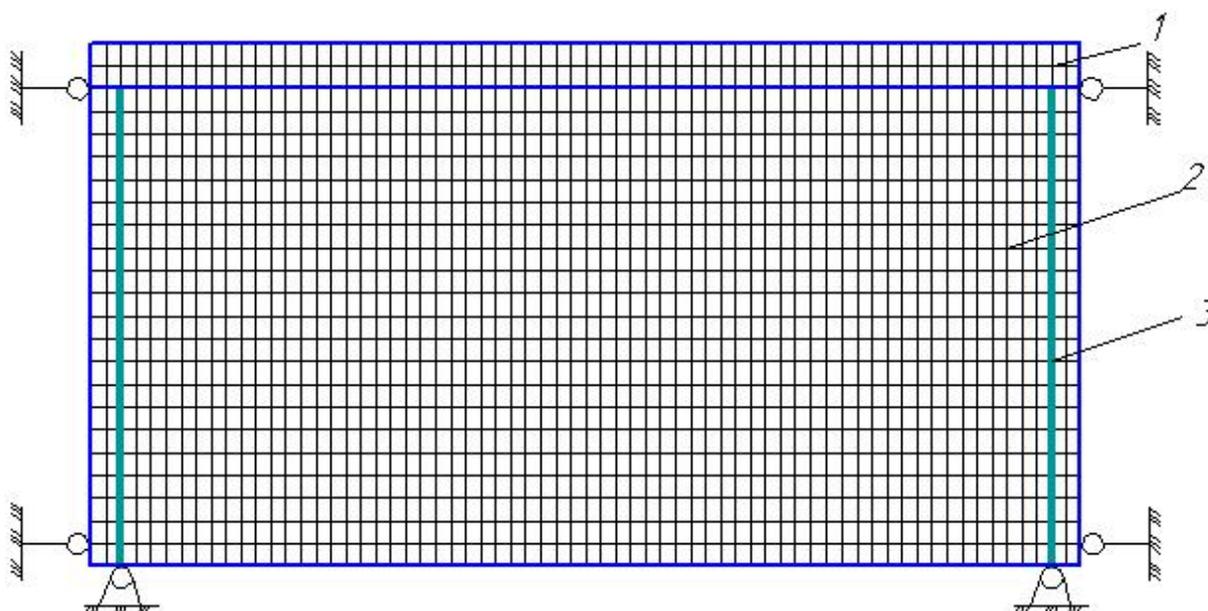


Рис. 4.8. Расчетная схема:
1 – декоративный отделочный слой; 2 – утеплитель; 3 – анкера

На рис. 4.9 приведено распределение напряжений по протяженности отделочного и теплоизоляционного слоя. Установлена неравномерность распределения напряжений по толщине и простираию отделочного слоя. Максимальные напряжения в отделочном слое на поверхности покрытия, составляющие $0,101\text{-}0,1098 \text{ МПа}$, наблюдаются в зоне расположения анкеров.

На рис. 4.10 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 $\sigma_x = 0,0385 \text{ МПа}$, г. Москвы $\sigma_x = 0,0503 \text{ МПа}$, г. Новосибирска $\sigma_x = 0,061 \text{ МПа}$.

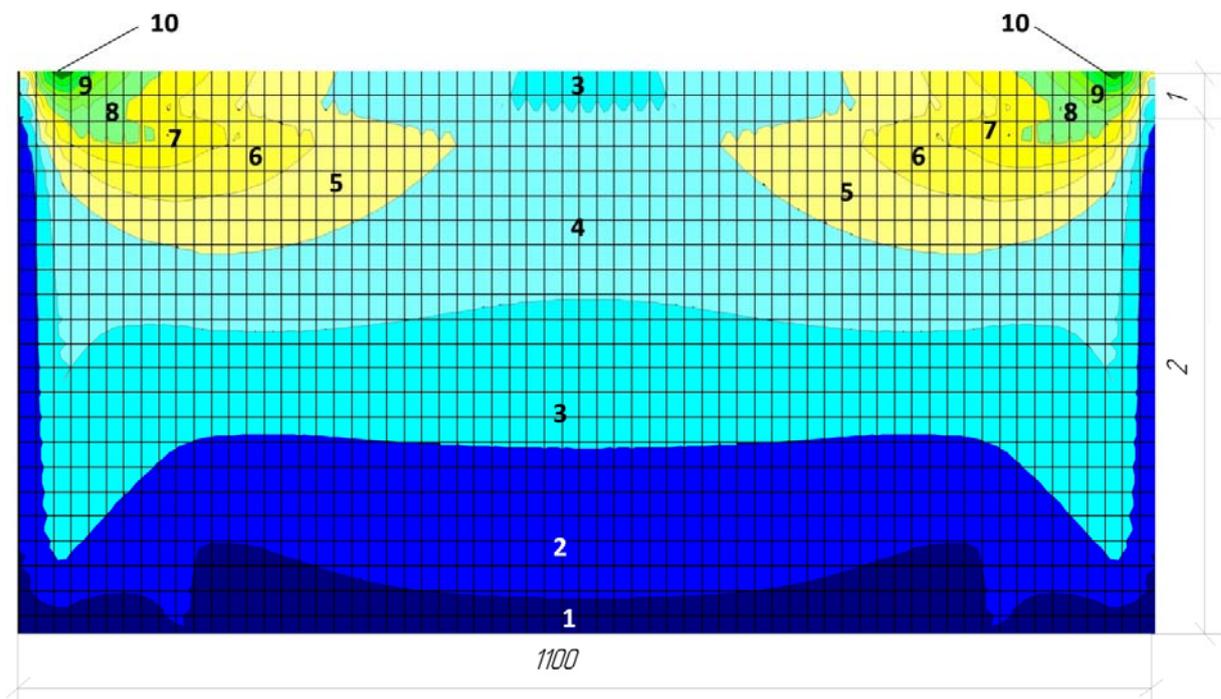


Рис. 4.9 – Распределение концентрации напряжений по оси x :
 1 – декоративный отделочный слой; 2 – пенополистирол.
 1 – (-0,0133)-(-0,0042) МПа; 2 – 0,0042-0,013 МПа; 3 – 0,013-0,0218 МПа;
 4 – 0,0218-0,0306 МПа; 5 – 0,0306-0,0394 МПа; 6 – 0,0394-0,0482 МПа;
 7 – 0,0482-0,057 МПа; 8 – 0,057-0,0658 МПа; 9 – 0,0658-0,101 МПа;
 10 – 0,101-0,1098 МПа.

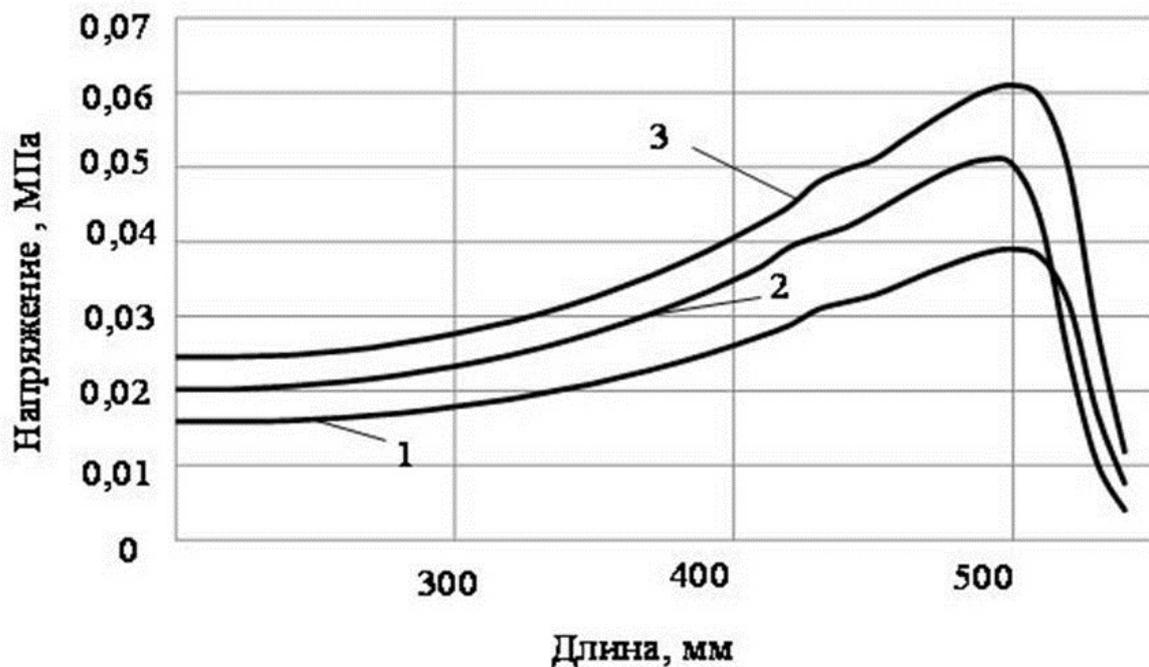


Рис. 4.10. Зависимость растягивающих напряжений σ_x от протяженности контакта в апреле:
 1 – г. Краснодар; 2 – г. Москва; 3 – г. Новосибирск

Из этого можно сделать вывод, что максимальные напряжения, возникающие в покрытии, $\sigma_x = 0,0385-0,061$ МПа, значительно меньше $R_{kog} = 0,34-0,36$ МПа.

Значение усадочных деформаций значительно меньше, чем значение предельной растяжимости.

Т а б л и ц а 4.2

Деформативные свойства отделочного слоя

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Модуль упругости покрытия, МПа	40
2	Усадочные деформации, ε_{yc} , мм/мм	0,000392
3	Предельная растяжимость, $\varepsilon_{пр}$, мм/мм	0,016
4	$K_{тр} = \varepsilon_{yc} / \varepsilon_{пр}$	0,0245

Следовательно, полученные данные свидетельствуют о достаточной усадочной трещиностойкости отделочного слоя на основе предлагаемых рецептов.

Дополнительно трещиностойкость оценивалась по условному показателю трещиностойкости $K_{тр}$, который определялся как отношение прочности при изгибе к прочности при сжатии по формуле:

$$K_{тр} = R_{изг} / R_{сж} . \quad (4.5)$$

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

4.2. Прочность сцепления покрытия на основе ССС с применением добавки на основе синтетического цеолита

Важным свойством ССС является прочность сцепления покрытий на их основе к поверхностям отделяемых элементов [41, 112]. Это показатель, зависящий от рецептуры отделочной композиции, вида и состояния подложки, технологии нанесения и условий формирования покрытий.

Адгезионная прочность суммируется из:

$$R_{адг} = R_1 + R_2 , \quad (4.6)$$

где R_1 – адгезионная прочность, обеспечиваемая силами физико-химического взаимодействия между подложкой и отделочным покрытием;
 R_2 – адгезионная прочность, обеспечиваемая силами механического сцепления отделочного покрытия и подложки.

Для оценки адгезионной способности покрытий на основе разработанных ССС изучалась прочность сцепления известково-песчаных отделочных составов с поверхностью цементно-песчаных подложек. Исследовалась смесь с различными модифицирующими добавками и с добавкой на основе синтетического цеолита, а также контрольный состав [28]. Адгезионная прочность определялась методом отрыва штампа по ГОСТ 15140-78* «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» [28]. Этот метод основан на определении силы отслаивания штампа от поверхности отрывом. Использованные штампы имели цилиндрическую форму диаметром 18 мм, наклеенные эпоксидным клеем (ЭДП-ТУ 0751-018-48284381-00) на отделанную поверхность. Устанавливали образец горизонтально, прикрепляя к штампу динамометр, и фиксировали силу, необходимую для отрыва штампа от испытуемого образца. Прочность сцепления отделочного состава с подложкой определяли по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (4.7)$$

где P – сила отрыва, Н;

F – площадь контакта штампа с покрытием, м^2 .

Был установлен адгезионный характер отрыва покрытий (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Адгезионный характер отрыва

Анализ экспериментальных данных, приведенных в табл. 5.3, свидетельствует, что контрольные составы (без добавок) характеризуются низкими значениями прочности сцепления, составляющей для покрытий с песком $R_{адг} = 0,14$ МПа. По всей видимости, низкая клеящая способность обусловлена чрезвычайно медленным набором прочности при сжатии в ранние сроки твердения.

Т а б л и ц а 4.3

Адгезионные свойства отделочных составов

Состав	В/И	Прочность сцепления, $R_{адг}$, МПа
Известь:ухтинский песок=1:2 (контрольный состав)	1,25	0,14
Известь:ухтинский песок=1:4+ добавка на основе синтетического цеолита (10 % от массы извести) + Кратасол-ПФМ (1 % от массы извести) + Neolit-4400 (0,5 % от массы извести) + Zincum-5 (0,5 % от массы извести)	1,25	0,52

Очевидно, наибольший вклад в повышение прочности сцепления вносится добавкой Neolit-4400, которая при затворении смеси водой диспергируется и по мере испарения влаги образует высокопрочные пленки на твердых частицах раствора, повышая ее адгезию к цементно-песчаной подложке.

В соответствии со схемой, приведенной на рис. 5.12, оценивались касательные напряжения в покрытии. Установлено, максимальные касательные напряжения наблюдаются в концевой зоне покрытия. На рис. 5.6 приведено распределение напряжений σ_{xy} в апреле месяце по толщине отделочного слоя. Максимальные напряжения наблюдаются при толщине 20 мм и составляют для г. Краснодар $\sigma_{xy} = 0,062$ МПа, г. Москвы $\sigma_{xy} = 0,075$ МПа, г. Новосибирска $\sigma_{xy} = 0,096$ МПа.

На рис. 4.13 приведено распределение максимальных значений касательных напряжений σ_{xy} в течение года для различных климатических зон.

Выявлено, что 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.

На рис. 4.14 показано распределение термических касательных напряжений по протяженности контакта отделочного слоя. 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.

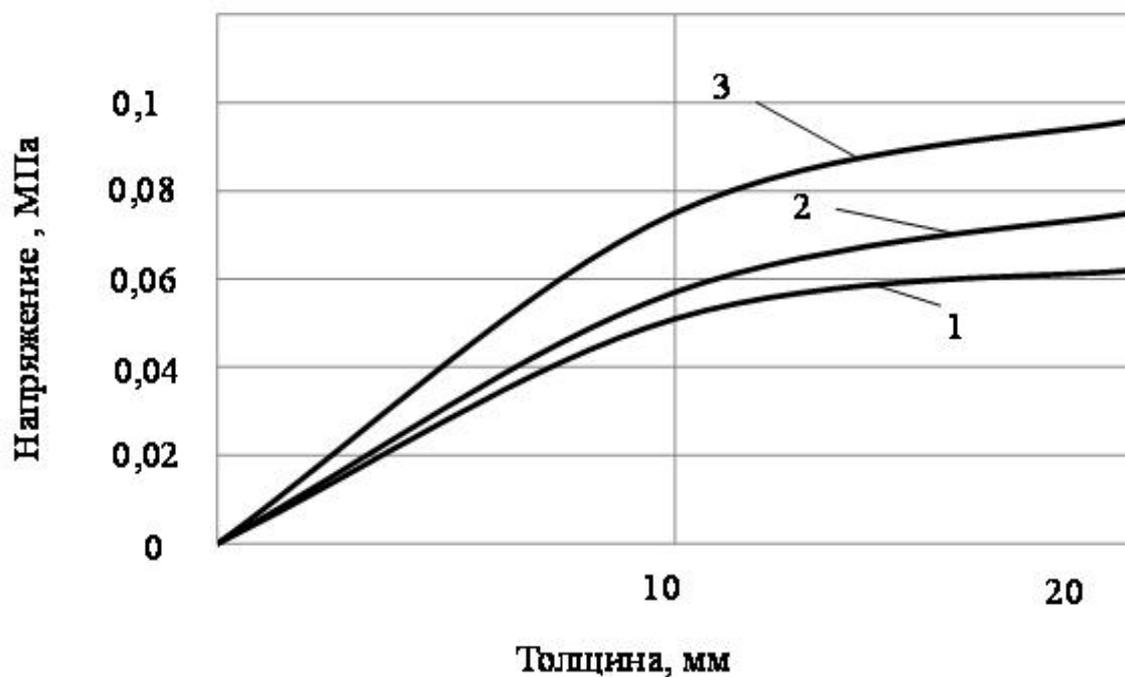


Рис. 4.12. Зависимость касательных напряжений σ_{xy} от толщины отделочного слоя в апреле месяце:
1 – г. Краснодар; 2 – г. Москва; 3 – г. Новосибирск

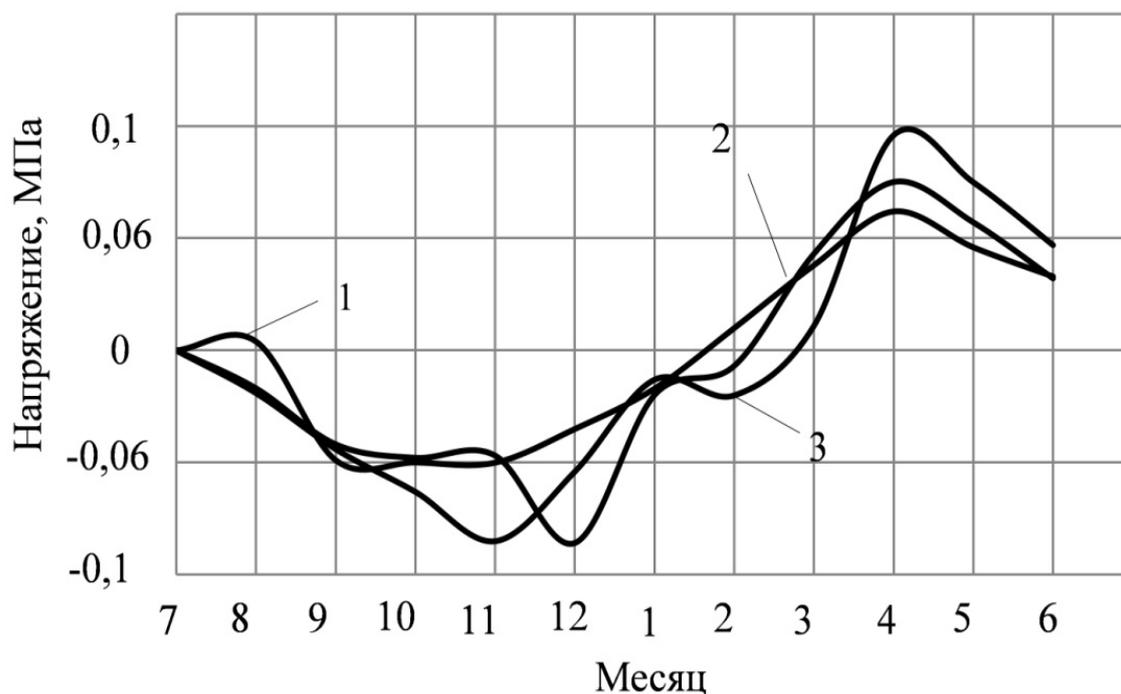


Рис. 4.13. Изменение касательных напряжений σ_{xy} :
1 – г. Краснодар; 2 – г. Москва; 3 – г. Новосибирск

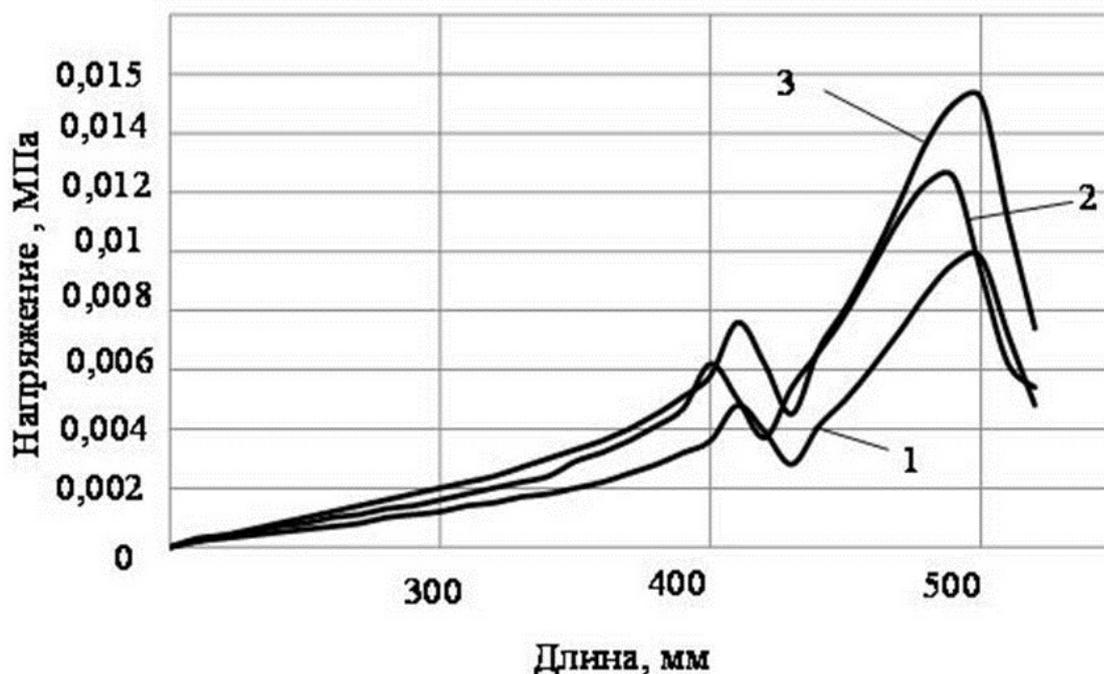


Рис. 4.14. Зависимость касательных напряжений σ_{xy} от протяженности контакта отделочного слоя в апреле:
1 – г. Краснодар; 2 – г. Москва; 3 – г. Новосибирск

Полученные значения касательных напряжений σ_{xy} сравнивались с прочностью сцепления покрытий.

Установлено, что значения прочности сцепления R_{adg} значительно выше касательных напряжений σ_{xy} , возникающих в отделочном слое, что обеспечивает стойкость покрытий к отслаиванию.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что покрытия на основе разработанных составов с применением добавки на основе синтетического цеолита являются стойкими к отслаиванию.

4.3. Гидрофизические свойства покрытий на основе отделочных составов

Для отделочных покрытий на основе разработанных ССС характерна капиллярно-пористая структура, особенности которой определяют характер взаимодействия материала с влагой при пребывании его в воздушно-влажностной среде или непосредственном контакте с водой [96]. В результате такого взаимодействия изменяются физико-механические свойства отделочного покрытия, поэтому необходимо исследование особенностей взаимодействия разработанных отделочных покрытий с влагой при их эксплуатации. Для оценки гигроскопических свойств покрытий на основе предла-

гаемого состава были проведены исследования их кинетики водопоглощения, водостойкости и паропроницаемости.

При оценке кинетики водопоглощения установлено, что наиболее интенсивное водопоглощение по массе W_m наблюдалось в течение первых четырех часов (рис. 4.15). В первый момент увлажнения (4 часа) зависимость влагосодержания от времени увлажнения описывается квадратичной параболой по формуле:

$$W_m = f(\sqrt{\tau}). \quad (4.8)$$

Водопоглощение W_m образцов покрытия на основе контрольного состава (рис. 4.15, кривая 1) после 4 часов водонасыщения составило $W_m = 13,01 \%$, а при введении в его рецептуру добавки на основе синтетического цеолита – $W_m = 10,12 \%$ (рис. 4.15, кривая 2). После 5 часов водонасыщения наблюдается стабилизация значений водопоглощения. После 24 часов водонасыщения водопоглощение контрольных образцов составило $W_m = 13,83 \%$, образцов с введением добавок – $W_m = 10,45 \%$ (рис. 4.15).

При определении коэффициента диффузии влаги применялся экспресс-метод, заключающийся в определении изменения влагосодержания образцов при значениях времени экспозиции, одно из которых вдвое больше другого [67].

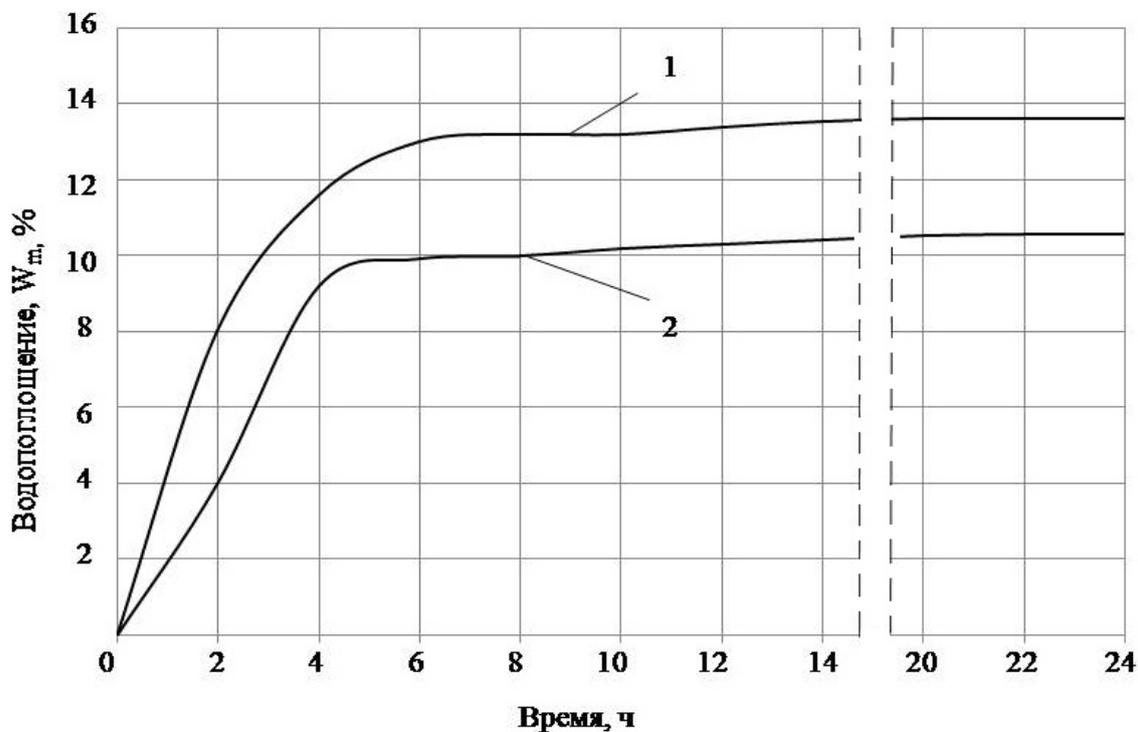


Рис. 4.15. Кинетика водопоглощения по массе известково-песчаных образцов с использованием ухтинского песка:

- 1 – контрольный состав;
- 2 – покрытие с добавкой на основе синтетического цеолита

Значение коэффициента диффузии влаги составляют, соответственно, $D = 3,34 \times 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ и $2,32 \times 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Введение в рецептуру разработанных ССС добавки на основе синтетического цеолита наряду со снижением пористости на 3,69 % способствует снижению водопоглощения на 3,38 %. Изменение значений гидрофизических свойств покрытий обусловлено изменением их пористости (табл. 4.4). Установлено уменьшение на 3,69 % пористости покрытий.

Кроме того, установлено, что покрытия на основе разработанной сухой смеси характеризуются повышенной водостойкостью. Коэффициент размягчения покрытий на основе разработанных ССС составляет $K_p = 0,68-0,71$.

Т а б л и ц а 4.4

Показатели пористости и гидрофизических свойств покрытий на основе ССС

№ п/п	Состав	Пористость, % $P_{\text{общ}}$	Водопоглощение, $W_m, \%$	Значение коэффициента диффузии влаги, $D \times 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с}$
1	Контрольный	38,40	13,83	3,34
2	Состав с применением добавки на основе синтетического цеолита	32,71	10,45	2,32

В процессе эксплуатации здания возможно образование конденсата на контактных поверхностях слоев стеновых конструкций [45, 55, 57]. При увеличении атмосферной температуры скопившаяся влага начинает переходить в фазу пара, интенсивно воздействуя на внутреннюю поверхность покрытий и прикладывая значительное усилие, направленное на отрыв покрытия от основания. Это, в свою очередь, вызывает образование трещин, пузырей, шелушения и иных повреждений. Следовательно, для сохранения нормального микроклимата жилых помещений материалы, применяемые для отделки, должны обладать определённой паропроницаемостью.

Коэффициент паропроницаемости определялся на основании метода определения количества водяных паров, прошедших через 1 см^2 поверхности отделочного слоя толщиной δ за время τ при температуре $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. На мелкую марлю наносился исследуемый состав, после отверждения которого марля закреплялась на стакане с относительной влажностью внутри равной 100 %. Края на стыке стакана и марли с составом смазывались парафином. В эксикатор, в котором создавалась 60 %-я относительная влажность воздуха, помещался стакан, предварительно взвешенный на аналитических весах. Периодические взвешивания продолжались до того момента, пока масса стакана с затвердевшим слоем отделочного состава становилась постоянной величиной.

Коэффициент паропроницаемости (мг/м·ч·Па) определялся по формуле

$$\mu = \frac{P \cdot \delta}{F \cdot (E \cdot e_{60}) \cdot \tau}, \quad (4.9)$$

где P – общее количество паров воды, перемещающейся путём диффузии через слой отделочного состава, соответствующее увеличению массы плёнки за время испытаний, мг;

δ – толщина отделочного слоя, м;

F – площадь отделочного слоя, м^2 ;

E – парциальное давление водяного пара при влажности 100 %, Па, (упругость водяного пара);

e_{60} – парциальное давление водяного пара при влажности 60 %, Па, (упругость водяного пара);

τ – продолжительность испытания, ч.

В табл. 4.5 приведены экспериментальные данные по определению паропроницаемости отделочных покрытий на основе контрольного состава и состава с применением добавки на основе синтетического цеолита.

Т а б л и ц а 4.5

Паропроницаемость отделочных покрытий

№ состава	Толщина отделочного слоя, δ , м	Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/м·ч·Па	Сопротивление паропроницанию, R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
1	0,005	0,056	0,089
2	0,005	0,049	0,1

Исходя из результатов проведенных исследований, можно говорить о том, что покрытия на основе разработанных составов ССС обладают достаточной паропроницаемостью для создания «дышащей стены» внутри общественных и жилых зданий.

4.4. Влияние пигментов на свойства покрытий на основе отделочного состава

С целью повышения декоративных свойств и расширения цветовой палитры ССС с ухтинским песком в рецептуру смеси дополнительно вводились минеральные и искусственные органические пигменты. Присутствие в составе пигментов влияет на насыпную плотность, сыпучесть, склонность к агломерации сухих смесей, а также сказывается на механических характеристиках отделочных составов (рис. 4.11) [8].

В работе применялись пигменты, основные характеристики которых приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Основные характеристики пигментов

Пигмент	Устойчивость к							Маслоемкость, г/100г
	свету	дистиллированной воде	натуральной олифе	5 %-му раствору HCl	5 %-му раствору NaOH	уайт-спириту	температуре, °C	
Красный "Ж"	2	5	2	5	4	2	100	60
Голубой фталоцианиновый β-модификации марки Б	7	5	5	5	5	5	180	42
Зеленый марки Б	7	4	5	4	4	5	140	60
Охра	7	5	5	4	4	4	110	60

Были проведены исследования влияния пигментов на изменение прочности при сжатии покрытий на основе отделочных составов, наполненных различными пигментами, после воздушно-сухого твердения в течение 28 сут (табл. 4.7). Результаты экспериментальных данных показывают, что с увеличением содержания пигмента в рецептуре ССС происходит снижение показателя предела прочности при сжатии $R_{сж}$. Так, прочность при сжатии композита на основе состава без пигмента составляет $R_{сж} = 2,61$ МПа, а добавление в состав ССС голубого фталоцианинового пигмента β-модификации марки Б в количестве 0,5 % от массы извести снизило $R_{сж}$ до 2,58 МПа, в количестве 1 % – до 2,54 МПа, в количестве 2 % – до 2,53 МПа. Наибольшее снижение прочности при сжатии наблюдалось при введении в рецептуру смеси пигмента охра. При содержании данного пигмента в количестве 0,5 % прочность при сжатии образцов составила – 2,51 МПа, а при увеличении содержания пигмента до 3 % прочность при сжатии снизилась до $R_{сж} = 1,98$ МПа. Учитывая, что в целях обеспечения трещиностойкости покрытий прочность при сжатии должна быть не менее

2,5 МПа, оптимальное количество пигмента голубого фталоцианинового β-модификации марки Б составляет 0,5-2 %, зеленого марки Б – 1-2 %, красного марки «Ж» – 1 %, охры – 0,5 %.

Т а б л и ц а 4.7

Влияние пигмента на прочностные показатели отделочного материала

Вид пигмента	Содержание пигмента, %	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа
-	-	2,61
Голубой фталоцианиновый β-модификации марки Б	0,5	2,58
	1	2,54
	2	2,53
Зеленый марки Б	1	2,55
	2	2,5
	3	2,48
Красный «Ж»	1	2,5
	2	2,44
	3	2,12
Охра	0,5	2,51
	1	2,43
	2	1,98

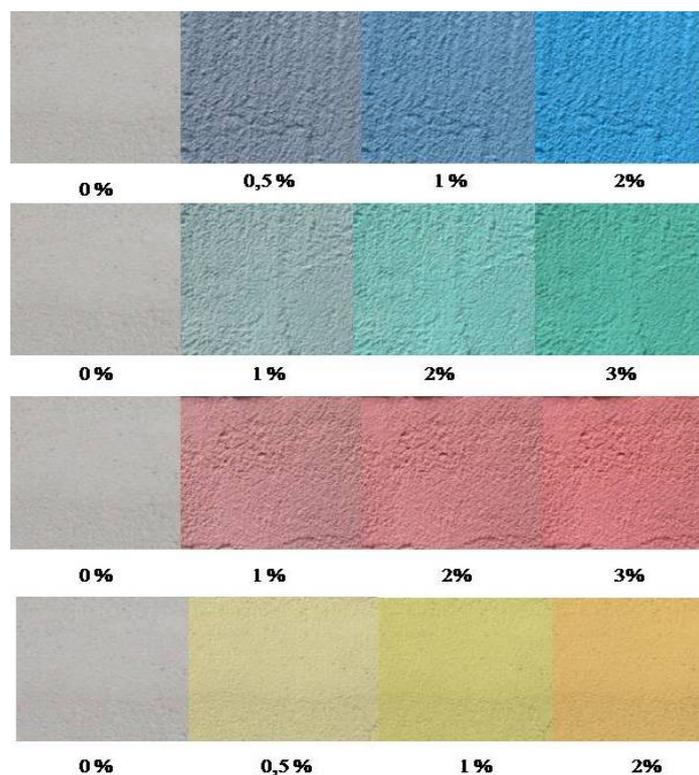


Рис. 4.16. Влияние содержания пигмента на цвет декоративного отделочного покрытия

На рис. 4.16 наглядно проиллюстрирована зависимость интенсивности окраски сухой смеси от концентрации пигмента.

4.5. Оценка морозостойкости отделочного состава

С целью регламентирования области применения разработанной сухой смеси исследовалась морозостойкость покрытий на основе отделочных составов. Способность покрытия противостоять разрушению при многократном замораживании и оттаивании в насыщенном водой состоянии определяется наличием в его структуре резервных пор, не заполненных водой. Под действием давления растущих кристаллов льда при замораживании в резервные поры отжимается часть воды, что способствует уменьшению разрушающего действия льда на структурную прочность материала. Разрушение материала в насыщенном водой состоянии при многократном замораживании и оттаивании наступает только тогда, когда все резервные поры будут заполнены образовавшимся льдом. Чем больше условно-замкнутая пористость образца, тем больше циклов попеременного замораживания и оттаивания необходимо, чтобы вызвать разрушение образца.

Оценка морозостойкости отделочного покрытия на основе сухой смеси производилась путем попеременного оттаивания и замораживания отделочного слоя, нанесенного на цементно-песчаное основание, после 28 суток воздушно-сухого твердения. После каждого цикла производили визуальный осмотр поверхности с целью обнаружения трещин, крошения, отслаивания материала.

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.3 баллами в соответствии с табл. 4.8 и 4.9.

Т а б л и ц а 4.8

Устойчивость декоративного вида покрытия в атмосферных условиях
(ГОСТ 6992-68)

Баллы	Виды разрушений				
	потеря блеска в %	изменение цвета	бронзировка	белесоватость	грязеудержание
V	До 5	Едва заметное	Отсутствие		
IV	До 20	Незначительное	Незначительное		Незначительное
III	До 50	Значительное	Значительная	Значительная. Пятна местами	Значительная
II	До 80	Сильное	Сильная	Сильная. Пятна по всей поверхности	Сильное
I	Свыше 80	Полная потеря основного цвета	Сильная	Сильная. Пятна по всей поверхности	Сильное

Таблица 4.9

Определение защитных свойств покрытия в атмосферных условиях
(ГОСТ 6992-68)

Баллы	Виды разрушений					
	меление	выветривание	растрескивание	отслаивание	пузыри, сыпь	коррозия
1	2	3	4	5	6	7
8	Отсутствие					
7	Едва заметное	Отсутствие				
6	Слабое	Отсутствие	Трещины или поверхностные сетки, видимые при 12-кратном увеличении	Отсутствие		
5	Среднее	Отсутствие	Трещины или поверхностные сетки, видимые невооруженным глазом, до 5 % поверхности	Отсутствие		
4	Среднее	Отсутствие	То же, до 25 % поверхности	Отсутствие	Сыпь до 25 % поверхности. Пузыри до 5 % поверхности	Отдельные точки
3	Значительное	Верхнего слоя до 5 % поверхности	Трещины или поверхностные сетки, видимые невооруженным глазом, до 50 % поверхности. Глубокие трещины до 5 % поверхности	Верхнего слоя до 5 % поверхности	Сыпь до 50 % поверхности. Пузыри до 5 % поверхности	До 5 % поверхности
2	Сильное	До просвечивания грунта или подложки до 10 % поверхности	То же, свыше 50 % поверхности. Трещины до 10 % поверхности	От грунта или от подложки до 10 % поверхности	Сыпь свыше 50 % поверхности. Пузыри до 10 % поверхности	До 10 % поверхности
1	Очень сильное	То же, свыше 10 % поверхности	То же, глубокие трещины свыше 10 % поверхности	То же, свыше 10 % поверхности	То же, пузыри свыше 10 % поверхности	Свыше 10 % поверхности

Покрытие характеризуется показателем общей пористости $P_{\text{общ}}=32,71\%$, открытая пористость составляет $P_{\text{отк}}=9,405\%$.

В табл. 4.10 приведена оценка устойчивости декоративного вида покрытия и оценка защитных свойств в процесс замораживания-оттаивания.

Т а б л и ц а 4.10

Качество внешнего вида покрытия

Состав	Кол-во циклов	Баллы
1	2	3
Вяжущее (известь:алюмосиликаты=1:0,1):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,25, Кратасол-ПФМ, Neolith-4400	до испытания	V. 8
	6	V. 8
	12	V. 8
	18	V. 7
	25	IV. 5
	31	IV. 4
	33	III. 3

Таким образом, «отказ» покрытия наступил после 33 циклов испытаний. Следовательно, марка по морозостойкости составляет F25. Это свидетельствует о том, что покрытие на основе сухой строительной смеси с применением добавки на основе синтетического цеолита можно применять только для реставрации и внутренней отделки зданий [90, 98, 116].

По результатам проведенных исследований наиболее оптимальными являются составы ССС на основе ухтинского песка с содержанием компонентов по массе, %: известь-пушонка; ухтинский кварцевый песок фракций 0,63-0,315 мм и 0,315-0,16 мм в соотношении 80:20; добавка на основе синтетического цеолита в количестве 10 % от массы извести; суперпластификатор Кратасол-ПФМ 1 % от массы извести; редиспергируемый порошок Neolit-4400 0,5 % от массы извести; гидрофобизирующий порошок Zincum-5 в количестве 1 % от массы извести [59, 104].

В таблице 4.11 приведены сравниваемые показатели технологических и эксплуатационных свойств отделочных составов на основе разработанных сухих смесей и состава-прототипа.

Технологические и эксплуатационные свойства разработанных сухих смесей сравнивали со свойствами финишной классической штукатурки Рунита основе воздушной извести, производимой компанией ООО «Ажиопроект» [54].

Т а б л и ц а 4.11

Технологические и эксплуатационные свойства отделочных составов

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°С до степени «5», мин	не более 30	не более 45
Адгезионная прочность $R_{адз}$, МПа	0,52±0,025	0,40
Прочность при сжатии, $R_{сж}$, МПа	2,61±0,163	0,40
Усадочные деформации, ε , мм/м	0,32	0,3-0,4
Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/м·ч·Па	0,049	0,047
Наличие трещин вследствие усадки	нет	нет
Температура применения, °С	5-35	5-35

Установлено, что по технологическим и эксплуатационным свойствам разработанная сухая смесь не уступает прототипу [122].

4.6. Опытно-производственное опробование. Разработка нормативных документов

Технологическая линия по производству известково-песчаных составов включает следующие технологические модули:

- модуль приема, сушки, просева песка;
- модуль приёма, гашения, просева извести;
- модуль приготовления добавки на основе синтетического цеолита;
- смесительный модуль;
- модуль упаковки и выдачи готовой продукции [73].

Песок со склада, после узла загрузки, с помощью шнекового питателя подается в вибрационную сушилку. Откуда посредством элеватора высу-

шенный песок высыпается на вибросито для отсеивания его по фракциям. Далее песок распределяется по бункерам: 0,63-0,315 мм, 0,315-0,16 мм, отсев. По мере накопления отсева в бункере он удаляется, а нужные фракции песка перегружаются в накопительные бункеры.

Комовую негашеную известь со склада направляют в дробилку и измельчают до частиц размером 5-10 мм. Для дробления извести применяют ударно-центробежные дробилки, работающие в замкнутом цикле с ситами. Известь гасят в порошок в специальных гасильных аппаратах (гидраторах) непрерывного действия. После гашения продукт направляют в воздушный сепаратор для отделения непогасившихся зерен, которые подвергают тонкому измельчению и снова подают в силосы на вторичное гашение.

Процесс приготовления добавки на основе синтетического цеолита начинается с дробления сульфата алюминия технического, после чего готовится его раствор. Затем в раствор сульфата алюминия добавляют жидкое стекло. Осадок фильтруют и промывают, после этого его высушивают при температуре 110°C и размалывают.

Процесс приготовления составов ССС заключается в совместном смешивании отдозированных компонентов в смесительном модуле. Перемешивание всех компонентов сухой строительной смеси осуществляется в вибрационном смесителе. Добавки к смесителю поступают из ручного дозатора добавок [44, 52].

Из смесительного модуля готовая смесь через винтовой питатель и ленточный элеватор поступает в модуль упаковки и выдачи к фасовочной машине, где предусматривается ее дозирование и расфасовка.

Перед фасовкой отделочный состав проверяется на соответствие СТО ООО РСУ «Спецработ» 3.003-2013 (приложение).

При несоответствии отдельных показателей требованиям СТО ООО РСУ «Спецработ» 3.003-2013, производится постановка сухой строительной смеси на коррекцию состава с обязательным последующим перемешиванием.

Сухую строительную смесь, соответствующую требованиям СТО ООО РСУ «Спецработ» 3.003-2013, направляют на фасовку. Фасовка штукатурки предусмотрена как в крупную, так и в мелкую тару.

Сухие компоненты упаковываются в бумажные трёх-, четырёхслойные клапанные мешки с полиэтиленовым пакетом-вкладышем, исключающим попадание влаги и посторонних примесей. Сухая смесь упаковывается в мешки емкостью от 5 до 50 кг. Упакованная продукция на тележках отправляется на склад готовой продукции.

Хранение и транспортирование готовой продукции допускается при положительных температурах. Перевозка составов может осуществляться любым видом транспорта в крытых транспортных средствах в соответ-

ствии с правилами перевозки грузов, действующих на соответствующем виде транспорта.

Перед отделкой поверхности предлагаемым составом сухой смеси существенную значимость имеет подготовка основания [56, 58, 74]. Основание должно быть крепким, сухим, очищенным от пыли, грязи, старой рыхлой штукатурки, остатков масляной и эмульсионной краски. Очистка производится вручную стальными щетками или механизировано при помощи пескоструйных аппаратов. Поверхность, предназначенная для оштукатуривания, должна быть шероховатой (насеченной) и иметь положительную температуру. Перед проведением штукатурных работ поверхность необходимо хорошо увлажнить или обработать грунтовочными составами.

Сухая смесь засыпается в емкость с чистой водой и перемешивается до однородной консистенции, после чего штукатурную смесь можно наносить на подготовленное основание.

Апробация полученных результатов в промышленных условиях осуществлялась на предприятии ООО РСУ «Спецработ». Акт опытно-производственного апробирования сухих строительных смесей с применением синтетических цеолитов приведен в приложении.

- Гидрофобизирующий порошок Zincum-5.

Добавка Zincum-5 – это гидрофобизирующий порошок на основе стеарата цинка. Основные показатели добавки Zincum-5 приведены в табл. 2.7.

Т а б л и ц а 2.7

Основные показатели добавки Zincum-5

№ п/п	Наименование показателя	Фактические показатели Zincum-5
1	Цвет порошка	Белый, желтовато-белый
2	Содержание оксида цинка, %, не менее	13,8
3	Массовая доля остатка при просеве через сито с сеткой 200, %, не более	0,2
4	Массовая доля воды, %, не более	0,5
5	Плотность, г/см ³	266
6	Температура плавления, °С	121
7	Содержание свободных жирных кислот, %, не более	0,41
8	Коэффициент омыления, мг КОН/г	200

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева, А.Б. Пластифицирующие и гидрофобизирующие добавки в растворах и бетонах [Текст] / А.Б. Андреева – М.: Высшая школа, 1988. – 214 с.
2. Аппен, А.А. Химия стекла [Текст] / А.А. Аппен – Л.: Изд-во «Химия» Ленинградское отделение, 1974. – 352 с.
3. Бабушкин, В.И. Термодинамика силикатов [Текст] / В.И. Бабушкин, М.Г. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 352 с.
4. Балмасов, Г.Ф. Реологические свойства строительных растворов [Текст] / Г.Ф. Балмасов, Л.С. Стреленя и др. // Строительные материалы. – 2008. – №1. – С. 50-52.
5. Балмасов, Г.Ф. Современные добавки для производства сухих строительных смесей [Текст] / Г.Ф. Балмасов, М.А. Прохоренко, Н.А. Душин // Строительные материалы. – 2005. – № 4. – С. 36-38.
6. Баталин, Б.С. Исследования эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей [Текст] / Б.С. Баталин // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 7. – С. 60-62.
7. Баталин, Б.С. Исследование влияния коллоидного раствора олигопептидов на агрегативную устойчивость суспензий алюмосиликатов [Текст] / Б.С. Баталин, К.Н. Южаков, А.Е. Нечаева, А.И. Хорошавина // Фундаментальные исследования. – 2012. – №11-2. – С. 16-19.
8. Беленький, Е.Ф. Химия и технология пигментов [Текст] / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. – Л.: Химия, 1974. – 431 с.
9. Бирюков, В.С. Минеральные ресурсы России. Выпуск 1. Наиболее дефицитные виды минерального сырья (сера, калийные соли, каменная соль, фосфаты, плавиковый шпат, барит, бентонит, каолин) [Текст] / В.С. Бирюков, В.Г. Боков, Н.Ф. Габак. – М.: ВИЭМС, 1994. – 143 с.
10. Бойтон, Р.С. Химия и технология извести [Текст]: пер. с англ. / Р.С. Бойтон. – М.: Стройиздат, 1972. – 239 с.
11. Большаков, Э.Л. Сухие смеси для отделочных работ [Текст] / Э.Л. Большаков // Строительные материалы. – 1997. – №7. – С. 8-9.
12. Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита [Текст] / Д. Брек. – М.: Мир, 1970. – 328 с.
13. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества [Текст] / А.В. Волженский, Ю.С. Буров. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
14. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства) [Текст] / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
15. Волков, В.А. Выдающаяся химия мира [Текст] / В.А. Волков, Е.В. Вонский, Г.И. Кузнецова. – М.: ВШ, 1991. – 656 с.

16. Гельфман, М.И. Коллоидная химия [Текст] / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. – СПб.: Лань, 2008. – 336 с.
17. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций [Текст] / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
18. Годовиков, А.А. Минералогия [Текст] / А.А. Годовиков. – М.: Недра, 1983. – 647 с.
19. Голубев, В.И. Новые продукты на рынке добавок для сухих строительных смесей и бетонов [Текст] / В.И. Голубев, П.Г. Василик // Строительные материалы. – 2006. – № 3. – С. 24-25.
20. Гонтарь, Ю.В. Модифицированные сухие смеси для отделочных работ [Текст] / Ю.В. Гонтарь, А.И. Чалова // Строительные материалы. – М.: 2001. № 4. – С. 8-10.
21. Горегляд, С. Ю. Использование модифицирующих добавок при производстве сухих строительных смесей [Текст] / С.Ю. Горегляд // Строительные материалы. – 2001. – № 8. – С. 28-29.
22. Горчаков, Г.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов [Текст] / Г.И. Горчаков [и др.]. – М.: Стройиздат, 1976. – 146 с.
23. Горчаков, Г.И. Трещиностойкость и водостойкость легких бетонов [Текст] / Г.И. Горчаков, Л.П. Орендлихер, Э.Г. Мурадов. – М.: Стройиздат, 1971. – 80 с.
24. Горшков, В.С. Вяжущие, керамика и стекло. Кристаллические материалы: структура и свойства [Текст]: справочное пособие / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.В. Абакумов. – М.: Стройиздат, 1995. – 584 с.
25. Горшков, В.С. Термография строительных материалов [Текст] / В.С. Горшков. – М.: Стройиздат, 1968. – 237 с.
26. Грушичева, Е.А. Неорганические сорбенты: сорбционные свойства природных силикатов [Текст] / Е.А. Грушичева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2006. – № 6. – С. 922-927.
27. ГОСТ 6992-68 Шпатлевки. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 14 с.
28. ГОСТ 15140-78* Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 11 с.
29. ГОСТ 18299-72 Материалы лакокрасочные. Метод определения предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и модуля упругости [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 10с.
30. ГОСТ 19007-73* (СТ СЭВ 1442-78) Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
31. ГОСТ 24816-81 Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 8 с.
32. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 7 с.

33. ГОСТ 29234.12-91 Пески формовочные. Метод определения формы зерен песка [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
34. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные методы испытания [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 17 с.
35. ГОСТ 8433-81 Вещества вспомогательные ОП-7 и ОП-10. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 13 с.
36. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 26 с.
37. ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 7 с.
38. Декоративная штукатурка Saracol [Электронный ресурс] // Сухие строительные смеси [сайт] – Режим доступа: <http://ligaton.ru/>
39. Демьянова, В.С. Высокоэффективные сухие смеси различного ассортимента и назначения [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Калашников, Н.М. Дубошина // Строительные материалы и изделия: материалы XXIX науч.-техн. конф. – 1997. – Ч. 2. – С. 30.
40. Демьянова, В.С. Сухие растворные смеси для штукатурных работ [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Калашников, А.А. Борисов, Н.И. Попов // Материалы XXVIII науч.-техн. конф. – 1995. – Ч. 2. – С. 66.
41. Дерягин, Б.В. Адгезия твердых тел [Текст] / Б.В. Дерягин, Н.А. Кротова, В.П. Смилга. – М.: Наука, 1973. – 279 с.
42. Дистанов, У.Г. Минеральное сырье. Сорбенты природные [Текст] / У.Г. Дистанов, Т.П. Колюхова. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 42 с.
43. Дружинкин, С.В. Сухие строительные смеси на основе цеолитсодержащих пород [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05: защищена 26.04.10 / С.В. Дружинкин. – Красноярск, 2010. – 169 с.
44. Елисеева, И.С. Становление и развитие производства синтетических цеолитов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.13: защищена 3.07.2003 / И.С. Елисеева. – Уфа, 2003 – 153 с.
45. Жегера, К.В. Свойства цементных сухих строительных смесей при введении в их рецептуру синтезированных алюмосиликатов [Текст] / К.В. Жегера // Молодой ученый. – 2014. – №3. – С. 278-280.
46. Жегера, К.В. Добавка на основе синтезированных алюмосиликатов в составе плиточного клея [Текст] / К.В. Жегера// Научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2014. – №2 (34). – С. 48 – 51.
47. Завражин, Н.Н. Производство отделочных работ в строительстве. Зарубежный опыт [Текст] / Н.Н. Завражин, Г.В. Северинова, Ю.Е. Громов. – М.: Стройиздат, 1987. – 310 с.
48. Зевин, Л.С. Рентгеновские методы исследования строительных материалов [Текст] / Л.С. Зевин, Д.М. Хейкер. – М.: Стройиздат, 1965. – 362 с.

49. Зозуля, П.В. Оптимизация гранулометрического состава и свойств заполнителей и наполнителей для сухих строительных смесей [Текст] / П.В. Зозуля // Сухие строительные смеси для XXI века: Технологии и бизнес: сб. тезисов 3-й Междунар. конф. – 2003. – С. 12-13.
50. Зоткин, А.Г. Применение наполнителей в строительных смесях [Текст] / А. Г. Зоткин // Сухие строительные смеси. – 2009. – № 3. – С. 66-68.
51. Калашников, В.И. Глиношлаковые строительные материалы [Текст] / В.И. Калашников [и др.]. – Пенза: ПГАСА, 2000. – 207 с.
52. Карапузов, Е.К. Сухие строительные смеси [Текст] / Е.К. Карапузов, Г. Лутц, Х. Герольд и др. // К.: Техника, 2000. – 226 с.
53. Карякина, М.И. Физико-химические основы процессов формирования и старения покрытий [Текст] / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1970. – 215 с.
54. Классическая финишная штукатурка Рунит [Электронный ресурс]: информация о продукции ООО Ажиопроект // Сухие строительные смеси Ажио [сайт]. – Режим доступа: <http://www.agioproject.ru/products/243/>.
55. Классическая финишная штукатурка Экстра-Б [Электронный ресурс]: информация о продукции Эксклюзивные строительные разработки Экстра // Сухие строительные смеси Экстра: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.td-mdm.ru/>.
56. Козлов, В.В. Сухие строительные смеси [Текст] / В.В. Козлов. – М.: Изд-во АСВ, 2000. – 96 с.
57. Кокин, А.Д. Отделочные работы в строительстве [Текст]: справочник строителя / А.Д. Кокин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988. – 656 с.
58. Корнеев, В.И. Словарь «Что» есть «что» в сухих строительных смесях [Текст]: терминологический словарь / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля // СПб.: НП «Союз производителей сухих строительных смесей», 2004. – 312 с.
59. Корнеев, В.И. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям [Текст] / В. И. Корнеев [и др.]. – СПб.: Квинтет, 2010. – 316 с.
60. Кристаллоструктурные параметры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: WWW Минкрисст. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов. – М., 1997.
61. Курзина, И.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков [Текст]: метод. указания / И.А. Курзина, А.Ю. Годымчук. –Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 14 с.
62. Лидин, Р.А. Справочник по общей и неорганической химии [Текст] / Р.А. Лидин. – М.: Просвещение, 1997. – 256 с.
63. Легкие штукатурки Quick – Mix MKF [Электронный ресурс] // Сухие строительные смеси [сайт]. – Режим доступа: <http://www.weber-ve-tonit.ru/>

64. Логанина, В.И. Изменение физико-механических свойств покрытий на основе полимерцементных связующих в процессе старения [Текст] / В.И. Логанина, О.В. Карпова, Н.В. Божьев // Пластические массы. – 1999. – № 5. – С.11.

65. Логанина, В.И. Известковые отделочные составы, модифицированные комплексной добавкой на основе золя кремниевой кислоты [Текст] / В.И. Логанина, Н.А. Прошина, О.А. Давыдова. – Пенза: ПГУАС, 2010 – 95с.

66. Логанина, В.И. Руководство к решению задач по статистическим методам оценки качества строительных материалов [Текст]: учебное пособие / В.И. Логанина, В.Р. Гелашвили. – Пенза: ПГАСА, 2000. – 96 с.

67. Логанина, В.И. Оценка эффективности использования синтезированных алюмосиликатов в цементных системах [Текст] / В.И. Логанина, К.В. Жегера// Академический вестник УралНИИПроект РААСН. – 2014. – №3. – С.15-18.

68. Логанина, В.И. Влияние активации диатомита на свойства известковых композиций [Текст] / В.И. Логанина, О.А. Давыдова, Е.Е. Симоненков// Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 3. – С. 20-23.

69. Логанина, В.И. Свойства известковых композитов с силикатсодержащими наполнителями [Текст] / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, К.С. Сергеева // Строительные материалы. – 2012. – № 3. – С. 30-31.

70. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезированной добавки на основе аморфных алюмосиликатов для сухих строительных смесей [Текст] / В.И. Логанина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 3. – С. 25-28.

71. Логанина, В.И. Оценка трещиностойкости отделочного штукатурного слоя на основе сухой строительной смеси [Текст] / В.И. Логанина, М.В. Арискин, Э.Р. Акжигитова, Н.А. Петухова// Известия вузов. Строительство. – 2013. – № 1. – С. 45-48.

72. Лопаткин, А. А. Теоретические основы физической адсорбции [Текст] / А. А. Лопаткин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 339 с.

73. Макаревич, М.С. Гранулометрический состав заполнителя как технологическое средство управления качеством сухих штукатурных смесей [Текст] / М.С. Макаревич // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: материалы НТК. – Пенза, 2004. – С.178-180.

74. Макаревич, М.С. Сухие строительные смеси для штукатурных работ с тонкодисперсными минеральными добавками [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / М.С.Макаревич. – Томск, 2005. – 22 с.

75. Монастырев, А.В. Производство извести [Текст] / А.В. Монастырев. – М.: Стройиздат, 1972. – 207 с.

76. Мюнстер, А. Термодинамика необратимых процессов [Текст] / А. Мюнстер. пер. с нем. под ред. Я. И. Герасимова. – М.: Мир, 1971. – 296 с.
77. Недома, И. Расшифровка рентгенограмм порошков [Текст] / И. Недома; под ред. Л.Н. Расторгуева. – М.: Metallurgia, 1975. – 423 с.
78. Овчаренко, Ф.Д. Изучение ионообменной адсорбции бутиламмонийхлорида на катионзамещенных формах монтмориллонита [Текст] / Ф.Д. Овчаренко [и др.] // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – 1971. – № 3. – С. 8-13.
79. Овчаренко, Г.И. Цеолиты в строительных материалах [Текст] / Г.И. Овчаренко, В.Л. Свиридов, Л.К. Казанцева. – Новосибирск: Ин-т минералогии и петрографии СО РАН, 2000. – 320 с.
80. Орендлихер, Л.П. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен зданий [Текст]: справочное пособие / Л.П. Орендлихер, В.И. Логанина. – М.: Стройиздат. – 1993. – 136 с.
81. Пат. 2044689 Российская федерация, C01B33/38 Способ получения алюмосиликата натрия [Текст] / В.П. Харитонов (RU) [и др.] патентообладатель Пермский завод по синтетическим моющим средствам. – 3 с.
82. Пат. 2088544 Российская федерация, C04B7/32 Способ утилизации шлака алюминиевого производства [Текст] / С.А. Куценко (RU) [и др.] патентообладатель закрытое акционерное общество «Экопром».
83. Пат. 6872685 США, C01B39/ Композиция аморфного алюмосиликата и способ получения и использования такой композиции [Текст] / АККЕРМАН Расселл Крэйг (US), МИШЕЛ Кристиан Гэбриел (US), СМИГАЛ Джон Энтони (US), ВАН ВЕН Йоханнес Антониус Роберт (NL) патентообладатель ШЕЛЛ Интернешнл Рисерч Маатсхаппий Б.В. (NL).
84. Пат. 2106303 Российская федерация, C01B33/26 Способ получения аморфного алюмосиликата [Текст] / А.А. Меликян (AM) [и др.] владелец и патентообладатель научно-производственное объединение «Камень и силикат» – 5 с.
85. Пат. 2083493 Российская федерация, C01B39/02 Способ получения цеолита [Текст] / Л.С. Нам (RU), А.В. Шумовский (RU), С.А. Малютин (RU) патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара – 4 с.
86. Пат. 2452688 Российская федерация, C01B39/16 Способ получения цеолита NaA или NaX [Текст] / Л.К. Казанцева (RU), патентообладатель учреждение Российской академии наук Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева – 4 с.
87. Пат. 2452688 Российская федерация, C01B39/20 Способ получения цеолита NaA или NaX [Текст] / Л.К. Казанцева (RU), патентообладатель учреждение Российской академии наук Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева – 4 с.

88. Полак, А.Ф. Твердение минеральных вяжущих веществ [Текст] / А.Ф. Полак, В.В. Бабков, Е.П. Андреева. – Уфа: Башкирское книжное изд-во, 1990. – 215 с.

89. Пустовгар, А.П. Применение метакаолина в сухих строительных смесях [Текст] / А.П. Пустовгар, А.Ф. Бурьянов, Е.В. Васильев // Жилищное строительство. – 2010. – № 10. – С. 78-81.

90. Пухаренко, Ю. В. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей [Текст] / Ю.В. Пухаренко, А.М. Харитонов, Н.Н. Шангина, Т.Ю. Сафонова // Вестник гражданских инженеров. – 2011. – № 1. – С. 98-103.

91. Пышкина, И.С. Реологические свойства композиционного известкового вяжущего с применением силикатосодержащих наполнителей [Текст] / И. С. Пышкина // Молодой ученый. – 2014. – №3. – С. 337-339.

92. Рабо, Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах [Текст] / Дж. Рабо. – М.: Мир, 1980. – Т1. – 502 с.

93. Ребиндер, П.А. О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел [Текст] / П.А. Ребиндер, Н.А. Семенов // Доклады Академии Наук СССР. – 1949. – Том LXIV. – № 6. – С. 835-838.

94. Регель, В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел [Текст] / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. – М.: Наука, 1974. – 560 с.

95. Рейнер, М. Реология [Текст] / М. Рейнер; пер. с англ; под ред. Э. И. Григолюка. – М.: Наука, 1965. – 224 с.

96. Росс, Х. Штукатурка. Материалы, техника производства, предотвращение дефектов: практическое руководство [Текст] / Х. Росс, Ф. Шталь; пер. с нем.; под общ. ред. П. В. Зозуля. – СПб.: РИА «Квинтет», 2006. – 300 с.

97. Рубцова, В.Н. Оптимизация минеральной части сухих строительных смесей [Текст] / В.Н. Рубцова, С.А. Дергунов // Сборник тезисов докладов 3 Международной конференции BaltiMix. – 2003. – С. 41-46.

98. Савилова, Г.Н. Штукатурные смеси общего и специального назначения [Текст] / Г.Н. Савилова // Строительные материалы. – 1999. – №11. – С.13-16.

99. Самойлов А. Ода извести. От реставрации к новому строительству [Текст] / А. Самойлов // Строительство и городское хозяйство. – 2010. – №121.

93.Северинова, Г.В. Прогрессивные направления в производстве сухих строительных смесей [Текст] / Г.В. Северинова, В.П. Капылов, Ю.Е. Громов // Промышленное и гражданское строительство. – М.: 1998. – № 4. – С. 52-53.

100 Селяев, В.П. Методика оценки долговечности строительных материалов и конструкций методом деградационных функций [Текст] / В.П. Селяев, Т.А. Низина // Надежность и долговечность строительных

материалов, конструкций и оснований фундаментов: материалы IV международной научно-технической конференции: в 4 ч. / ВолгГАСУ. – Волгоград, 2005. – Ч2. – С.125-130.

101. Селяев, В.П. Влияние структуры цеолитсодержащих композитов на долговечность [Текст] / В.П. Селяев, Л.И. Куприяшкина // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы V академических чтений / Рос. академ. архитектуры и строит. наук. – Воронеж, 1999. – С. 394-398.

102. Строительные нормы и правила: СНиП 23-01-99. Строительная климатология: нормативно-технический материал [Текст]. – Москва: 1999. – 109 с.

103. Строкова, В.В. Свойства синтетических нанотубулярных гидросиликатов [Текст] / В.В. Строкова, А.И. Везенцев, Д.А. Колесников, М.С. Шиманская // Вестник БГТУ им. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – № 4. – С. 30-34.

104. Современные методы оптимизации композиционных материалов [Текст] / под ред. В.А. Вознесенского. – Киев: Высшая школа, 1983. – 143 с.

105. Соломатов, В.И. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов [Текст] / В.И. Соломатов, В.П. Селяев. – М.: Стройиздат, 1987.

106. Соломатов, В.И. Элементы общей теории композиционных строительных материалов [Текст] / В.И. Соломатов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1980. – №8. – С. 61-70.

107. Тейлор, Х. Гидросиликаты кальция [Текст] / Х. Тейлор // V Международный конгресс по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1973.

108. Телешов, А.В. Новые заводы по производству сухих смесей [Текст] / А.В. Телешов // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С.12-15.

109. Тихомирова, И.Н. Механоактивация известково-кварцевых вяжущих [Текст] / И.Н. Тихомирова, А.В. Макаров // Строительные материалы. – 2012. – № 9. – С. 4-7.

110. Троицкий, А.А. Энергоэффективность как фактор влияния на экономику, бизнес, организацию энергосбережения [Текст] / А.А. Троицкий // Электрические станции. Энергопрогресс. – 2005. – №1. – С. 11-16.

111. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

112. Фрейдин, А.С. Свойства и расчет адгезионных соединений [Текст] / А. С. Фрейдин, Р. А. Турусов. – М.: Химия, 1990. – 256 с.

113. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.

114. Хинт, И.А. Производство извести и ее применение при изготовлении известково-песчаных изделий Силикальцит [Текст] // Бюллетень

научно-технической информации № 6. Государственный Научно-Технический Комитет Совета Министров Эстонской ССР. – Таллин, 1960. – 62 с.

115. Царев, Н.С. Обезвоживание осадков при очистке сточных вод дождевой и промышленно-дождевой канализации с применением алюмосиликатных сорбентов и флокулянтов [Текст] / Н.С. Царев // Водоочистка. – 2012. – № 9. – С. 37-47.

116. Шангина, Н.Н. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры [Текст] / Н.Н. Шангина, А.М. Харитонов // Сухие строительные смеси. – 2011. – №4. – С.16-19.

117. Шильд, Е. Строительная физика [Текст] / Е. Шильд, Х.Ф. Кассельман, Г. Дамен, Р. Полейц; пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1982. – 296 с.

118. Штакельберг, Д.И. Термодинамика структурообразования в односиликатных дисперсных материалах [Текст] / Д.И. Штакельберг. –Рига: Зинатне, 1984. – 198 с.

119. Штукатурка для стен финиколор [Электронный ресурс] // Сухие строительные смеси [сайт] – Режим доступа: <http://allremont.com/>.

120. Шубин, В.И. Производство сухих строительных смесей в России и мире. Тенденции развития [Текст] / В.И. Шубин, Л.Н. Грикевич, Л.А. Кройчук. – М.: НИИЦемент, 2005. – 52 с.

121. Шумейко, Л.И. Суперпластификаторы и рациональные области их применения [Текст] / Л.И. Шумейко. – Киев: Бетон, цемент, 1979. – 61с.

122. Яковис, Л.М. Многокомпонентные смеси для строительства [Текст] / Л.М. Яковис. – Л., 1988. – 274 с.

123. Hedley, C.B. Thermal analysis of montmorillonites modified with quaternary phosphonium and ammonium surfactants / C.B. Hedley, G. Yuan, B.K.G. Theng // Applied Clay Science. – 2007. – Vol. 35, Issues 3-4. – P. 180-188.

124. Ventolà, L. Traditional organic additives improve lime mortars: New old materials for restoration and building natural stone fabrics / L. Ventolà, M. Vendrell, P. Giraldez, L. Merino // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 25, Issue 8. – P. 3313-3318.

125. Solovyov L.A., Includes Rietveld and Derivative Difference Minimization (DDM) methods. J. Appl. Cryst. 37, 2004. – P. 743-749.

126. EN 998-1:2010 «Растворы строительные для каменной кладки. Технические условия. Часть 1. Строительный раствор для нанесения обрызга и штукатурки» [Текст].

127. Vyacheslavov, A. Iron-containing nanocomposite based on mesoporous aluminosilicates / A. Vyacheslavov, A. Eliseev, I. Kolesnik // Progress in Solid State Chemistry. – 2005. – Vol. 33, no. 2-4. – P. 171-178.

128. Karakhanov, E. Hydroisomerization of n-dodecane on bifunctional catalysts containing mesoporous aluminosilicates / E. Karakhanov, S. Karda-

shev, A. Maksimov et al. // *Petroleum Chemistry*. – 2012. – Vol. 52, no. 4. – P. 228–232.

129. Vilesov, A. Catalysts based on mesoporous aluminosilicates for the hydroisomerization and hydrodearomatization processes / A. Vilesov, A. Kulikov, A. Maximov // *DGMK International Conference on Catalysis – Innovative Applications in Petrochemistry and Refining*. – 2011. – P. 147–152.

130. Lysenko, S. Hydrogenation of aromatic compounds in the presence of dibenzothiophene over bimetallic catalysts containing mesoporous aluminosilicates / S. Lysenko, S. Baranova, A. Maksimov et al. // *Petroleum Chemistry*. – 2013. – Vol. 53, no. 2. – P. 97–101.

131. Nastro, A. Etude par analyse thermique de l'environnement structural des ions tetrapropyl ammonium dans les aluminosilicates cristallins et amorphes / A. Nastro // *Calorim. et anal. therm. Vol. 15: Journee JCAT, Bruxelles, 14-16 mai, 1984*.

132. Subramanian, M.A. X-ray and mas NMR characterization of the thermal transformation of Li(Na)-Y zeolite to lithium aluminosilicates / M.A. Subramanian, D. R. Corbin, R. D. Farlee // *Mater. Res. Bull.* – 1986. – Vol. 21, N 12. – P. 1525-1532.

133. Colella, C. Crystallization of zeolitic aluminosilicates in bicationic systems including lithium / C. Colella, M. Gennaro, V. Iorio // *New Develop. Zeolite Sci. and Technol. Proc. 7(th) Int. Zeolite Conf., Tokyo, Aug. 17-22, 1986. – Tokyo, 1986. – P. 263-270*.

134. Gilson, P. Penta-co-ordinated aluminium in zeolites and aluminosilicates / J. -P. Gilson // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* – 1987. – N 2. – P. 91-92.

135. *Zeolites and Related Materials: Trends Targets and Challenges (SET)*, 174 Antoine Gedeon- 2010. – P. 1442.

136. *Zeolites and Ordered Mesoporous Materials: Progress and Prospects – 2013* – Vol. 92, N 12 – P. 157-159.

137. Arioiz, O. Use of Combined Destructive and Non-Destructive Test Methods to Assess the Strength of Concrete / O. Arioiz // *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technology*. – 2013. – Vol. 7. – P. 400-414.

138. Tribulová, T. Preparation of Mortars for Restoration of Architectural Monuments / T. Tribulová, P. Kotlík // *Ceramics-Silikáty*. – 2012. – Vol. 56, iss. 3. – P. 269-279.

139. O'Looney, D. Study of the Functionality of Hydrated Lime as an Admixture / D. O'Looney, S. Pavía // *Journal of Materials Science Research*. – 2014. – Vol. 4, iss. 1. – P. 47-60.

140. Schneider, R. *Reinforced Masonry Design* / R. Schneider, W.L. Diskey // New Jersey, 1987. – 682 p.

141. *Rheology and Processing of Liquid Crystalline Polymers* / Eds. D. Acierno, A.A. Collyer // *Publ. Chapman and Hall*. – London, 1996.

142. Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere / W. Gleissle, H.M. Laun, M. Pahl // VDI – Gesellschaft Kunststofftechnik.– Dusseldorf, 1990.
143. Potential and limits for the rheological characterization of raw rubber polymers and their compounds / G. Schramm // Rubber Division of the American Chemical Society. – Las Vegas, Nevada, USA, 1990. – P.92.
144. Popovics, S. Effect of structure and Composition on the Rheology of Fresh Concret / S. Popovics // 13 Szilikatip. esszilikattud. konf. – Budapest, 1981. – P.140-145.
145. Legrand, C. L'etatfloculent des Pastes de Cimentavant Prise et Ses Consequences sur le Comportement Rheologique / C. Legrand // Can. Groupe franc, rheol., 1981, num. spec: Comport. Rheol .et struct, mater.15-eme Collog. Annu. – Paris.1981. – P.129-136.
146. Kakuta, S. Evaluation of Viscosity of Fresh Concret / S. Kakuta, M. Fujii, T. Akashi // Rev.33nd Gen. Meet, Cem. Assos.Jap.Techn. Sess. – Tokyo, 1979. – P. 129-131.
147. Mizuguchi, H. Relation between Rheological Constant of Fresh Mortar and Grading of Fine Aggregate / H. Mizuguchi, R. Ohyama // Rev. 35 nd Gen. Meet. Cem.Jap.Tectn. Sess. – Tokyo, 1981. – P. 80-82.
148. Kikukawa, H. Investigation of the viscosity equation of mortar and concret / H. Kikukawa // Proc. JSCE. – 1990. – № 414. – P.109-118.
149. Rendchen, K. Einflub Verschiedener Zemente auf das Fliebverhalten und die Stabilitat von Zementsuspensionen / K. Rendchen // Betontechn.-Ber., 1976. – P. 123-133.
150. Jones, T.E.R. A Mathematical Model Relating the Flow Curve of a Cement Paste to its water/ cement ratio / T.E.R. Jones, S. Taylor // Mag. Concr. Res. – 1977. – №101. – P. 207-212.
151. Atzeni, C. Model for the Thixotropik Behavior of Cement Pastes / C. Atzeni, L. Maseldda, S. Ulrico // Ind. And Eng. Chem. Prod. Res. and Dev. – 1986. – №3. – P. 499-504.
152. Rajgelj, S. Cohesion Aspects in Rheological Behaviour of Fresh Cement Mortars / S. Rajgelj // Mater. et constr. – 1985. – №104. – P. 109-114.
153. Ross, H. Praxis-HandbuchPutz / H. Ross, F. Stahl // Rudolf Muller. – Koln, 2003.
154. Lesovik, V.S. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials / V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnuk, A.V. Shkarin, D.A. Belikov, A.A. Kuprina // World Applied Sciences Journal 24 (11): 1496-1502, 2013, ISSN 1818-4952 IDOSI Publications, 2013, DOI: 10.5829/idosi.wasj. – 2013. 24.11.7015.
155. Lesovik, V.S. Geonics. Subject and objectives // Belgorod: BSTU, 2012. – 100 p.

156. Fegelein, R. Baustoffinnovationen mit Blahglasgranulat. Fakten-Anwendung-Perspektiven / R. Fegelein, E. Tober // IBAUSIL 13, 24-26 sept. 2000, Weimar, BRD, Bd 1. – S. 0051-0064.

157. Kjellsen, K.O. Infiense of natural mineral in the filler fraction on hydration and properties of mortars / K.O. Kjellsen, B. Lagerblad // Swedish Cement and Concrete Research Institut. – Stockholm., 1995. – P. 41.

158. Ogawa K., Uchikawa H., Takemoto K. and Yasui, I. (1980). Cem.Concr.Res. 10, 683.

159. Scrivener, K.L. in Materials Science of Concrete I (ed. J.P. Skalny), p. 127, American Ceramic Society, Westerville, OH, USA (1989).

160. Sommer, H. Screening carbonate aggregates for alkali-reactivity / H. Sommer, T. Katayama // IBAUSIL 13, Weimar. BRD – 2000. – Bd 2. – P. 61 – 68.

161. Dombrowsky K. Untersuchungen zu Alkali-Carbonat bzw. «Early-Dolomit-Reaction» in Gesteins-materialien.// ZKG INTERNATIONAL – 2006. – V.59, №9. – p. 79-87.

162. Migiey, H.G. in International Seminary on Calcium Aluminates (eds M. Murat et al.), Politecnico di Torino, Turin (1982).

163. Kondo, R. Early hydration of Tricalcium Silicate: a Solid Reaction with Induction and Acceleration Periods / R. Kondo, M. Daimon// J. Amer. Ceram. Soc. –1969. – № 9. – P. 503–508.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Российская Федерация
Общество с ограниченной ответственностью
Ремонтно-строительное управление
«Спецработ»



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО РСУ «Спецработ»
В.А. Пшестилевский
«19» сентября 2014 г.

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ
Технические условия

Пенза, 2014

Содержание

1 Назначение и область применения	103
2 Нормативные ссылки.....	103
3 Термины и определения, обозначения и сокращения.....	104
4 Общие положения.....	104
5 Технические требования	104
6 Характеристика исходного сырья и материалов	106
7 Технология изготовления отделочного состава	107
Состав, массовая доля, %	107
8 Технология нанесения отделочного состава.....	110
9 Контроль производства.....	111
10 Правила приемки	112
11 Методы испытаний.....	113
12 Маркировка	114
13 Требования безопасности и охраны окружающей среды.....	114
14 Упаковка	116
15 Транспортирование и хранение.....	116
16 Гарантии изготовителя.....	117

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СМЕСИ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Технические условия

Введён
впервые

Дата введения 22.09.2014 г.

1 Назначение и область применения

Настоящий стандарт устанавливает организацию, порядок и контроль производства известкового отделочного состава штукатурки с алюмосиликатной добавкой.

Стандарт распространяется на отделочные составы, предназначенные для реставрации памятников архитектуры, зданий исторической застройки.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом регламенте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

– ГОСТ 8.568-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования.

– ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны;

– ГОСТ 19007-73* Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания;

– ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия;

– ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии;

– ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия.

– ГОСТ 24211-98 Добавки для бетонов и строительных растворов.

Общие технические условия;

– ГОСТ 31189-2003 Смеси сухие строительные. Классификация;

– ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия;

– ГОСТ 18958-71 Стекло натриевое жидкое. Технические условия;

- ГОСТ 12966-85 Алюминия сульфат технический очищенный. Технические условия;
- ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.
- ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы»
- ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы».

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применяют следующие термины, обозначения и сокращения:

Водоудерживающая способность – характеризует способность раствора удерживать воду.

Смеси сухие строительные – смеси сухих компонентов, содержащие вяжущие, наполнители, заполнители, модифицирующие добавки и изготовленные в заводских условиях.

Смеси сухие штукатурные – смеси, предназначенные для выравнивания стен и потолков.

Смеси сухие декоративные – смеси, предназначенные для окончательной отделки поверхности конструкции и придания ей определенной цветовой гаммы, рельефной фактуры.

4 Общие положения

4.1 Отделочный состав представляет собой смесь, состоящую из извести-пушонки, песка, алюмосиликатной добавки, пластификатора, релаксанта, гидрофобизатора и воды.

4.2 Отделочный состав наносят на поверхность мастерком или методом пневматического распыления.

4.3 Ассортимент известковых составов включает различные цвета.

5 Технические требования

5.1 Сухие строительные смеси должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и изготавливаться по технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем.

5.2 Требования к материалам

5.2.1 Для приготовления смесей следует применять материалы:

- известь гидратная (пушонка) по ГОСТ 9179;
- песок фракций: 0,63-0,315 и 0,315-0,14 по ГОСТ 8736

5.2.2 Материалы, применяемые для производства смесей, должны быть разрешены к применению органами Госсанэпидем службы.

5.2.3 Удельная эффективная активность естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) материалов, а также готовых смесей должна соответствовать требованиям ГОСТ 30108 для 1 класса и быть не более 370 Бк/кг.

5.2.4 Химические добавки не должны выделять в окружающую среду вредные вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). Добавки вводят в сухие смеси в виде водорастворимого порошка или гранул.

5.3 Характеристики

5.3.1 Свойства сухих строительных смесей должны характеризоваться показателями качества смесей в сухом состоянии, смесей, готовых для применения (растворных смесей) и затвердевших смесей.

5.3.2 Основные технические характеристики известковых смесей с алюмосиликатной добавкой должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы и требования, предъявляемые к известковым составам с алюмосиликатной добавкой

Наименование показателей	Норма	Метод испытаний
1	2	3
1. Жизнеспособность	24ч при хранении в герметично закрытых емкостях; 4ч при хранении в открытых емкостях	
2. Малярные свойства отделочного состава	При нанесении состава механизированным способом подвижность раствора должна составлять 120...140 мм по прибору Сутгарда	
3. Время высыхания при температуре 20°C до степени «5», мин	Не более 20	По ГОСТ 19007-73*
4. Прочность сцепления покрытия, МПа	0,32-0,36	По ГОСТ 15140-78
5. Внешний вид декоративного слоя	Поверхность декоративного слоя должна быть ровной, матовой, без царапин и трещин	
6. Водоудерживающая способность, %	Не менее 97	По ГОСТ 5802-86

При необходимости могут быть установлены дополнительные показатели по ГОСТ 4.212, ГОСТ 4.233 или условиям контракта.

5.3.3 Нормируемые показатели качества затвердевших растворов должны быть обеспечены в проектном возрасте в условиях естественного твердения при температуре 20°C-23°C и относительной влажности воздуха 50 %-60 %.

5.3.4 Деформации усадки затвердевшего раствора должны быть не более 0,4 мм/м.

6 Характеристика исходного сырья и материалов

Качество исходного сырья для производства известковых составов с алюмосиликатной добавкой должно соответствовать предъявляемым требованиям согласно таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Характеристика исходного сырья

Наименование сырья	ГОСТ, ТУ	Показатели обязательные для проведения перед использованием
1. Известь-пушонка	ГОСТ 9179-77	- активность; – температура и время гашения; – содержание непогасившихся зерен; – тонкость помола
2. Сульфат алюминия технического	ГОСТ 12966-85 с изм. 1,2	Принимается по паспорту поставщика
3. Жидкое стекло натриевое	ГОСТ 18958-71	Принимается по паспорту поставщика
4.Пластификатор Кратасол – ПФМ	Единый справочник и корпоративный классификатор МТР МХК «Еврохим»	Принимается по паспорту поставщика
5. Наполнитель-песок «Ухтинского» месторождения		- химический состав; – гранулометрический состав
6.Редиспергируемый порошок Neolit-4400	Единый справочник и корпоративный классификатор МТР МХК «Еврохим»	Принимается по паспорту поставщика

7. Гидрофобизатор Zincum-5	Единый справочник и корпоративный классификатор МТР МХК «Еврохим»	Принимается по паспорту поставщика
8. Вода	ГОСТ 23732-79	

7 Технология изготовления отделочного состава

7.1 Рецептура отделочного состава содержит следующие компоненты, согласно таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Рецептура отделочного состава

№ п/п	Наименование компонентов	Состав, массовая доля, %
1	2	3
1.	Известь – пушонка	22,88
2.	Песок (молотый $S_{уд}=20 \text{ м}^2/\text{кг}$)	45,77
3.	Алюмосиликатная добавка	2,293
4.	Пластификатор «Кратасол-ПФМ»	0,229
5.	Редиспергируемый порошок «Neolit-4400»	0,114
6.	Гидрофобизатор «Zincum-5»	0,114
6.	Вода	28,6
	ИТОГО:	100,0

7.2 Технология изготовления алюмосиликатной добавки.

7.2.1 Алюмосиликатную добавку получают путем синтеза из сульфата алюминия и жидкого стекла.

7.2.2 В 15 %-ый раствор алюминия сернокислого тонкой струей добавляется натриевое жидкое стекло, после чего образуется осадок прозрачно-белого цвета.

7.2.3 Осадок отфильтровывается через фильтры «Синяя лента».

7.2.4 Далее осадок промывается водой.

7.2.5 Высушивание проходит при температуре 110°C до постоянной массы.

7.2.6 Полученную смесь измельчают до удельной поверхности $S_{уд}=86.5 \pm 3.5 \text{ м}^2/\text{г}$.

7.3 Технология изготовления известковой штукатурки.

7.3.1 Комовую негашеную известь со склада направляют в дробилку и измельчают до частиц размером 5 – 10 мм. Для дробления извести применяют ударно-центробежные дробилки, работающие в замкнутом цикле с ситами.

7.3.2 Известь гасят в порошок в специальных гасильных аппаратах (гидраторах) непрерывного действия. После гашения продукт направляют в воздушный сепаратор для отделения непогасившихся зерен, которые подвергают тонкому измельчению и снова подают в силосы на вторичное гашение.

7.3.3 Помол песка для известковой краски предусматривается в шаровой мельнице.

7.3.4 Добавки поступают в цех со склада и готовятся их растворы в контейнерах, подаваемых с помощью погрузчика или гидравлических тележек.

7.3.5 Дозировка добавок предусмотрена по весу.

7.3.6 Подача алюмосиликатной добавки, гидрофобизатора, редиспергируемого порошка и пластификатора к дозаторам осуществляется с помощью насоса из приемочной емкости.

7.3.7 Вода питьевая загружается в смесь по весу. Водопровод находится над дозатором.

7.3.8 Процесс приготовления составов заключается в совместном смешивании отдозированных компонентов в смесительном модуле. Для смешивания возможно применение смесителей как циклического, так и непрерывного типа гравитационного или принудительного действия.

7.3.9 Перемешивание сухих компонентов для штукатурки осуществляется в смесителе.

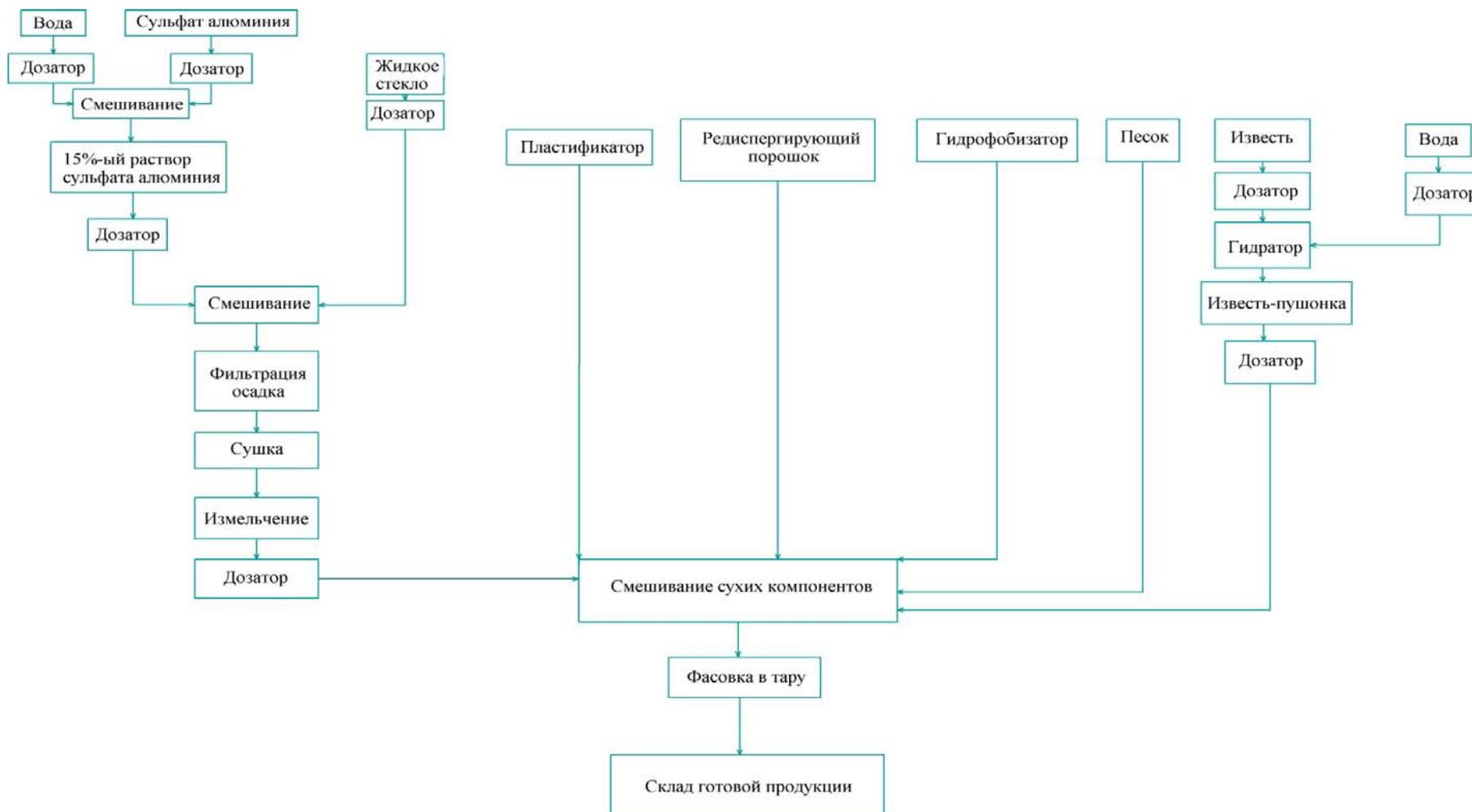
7.3.10 После получения однородной массы смесь перетирается в шаровых мельницах. Перед фасовкой отделочный состав проверяется на соответствие.

7.3.11 При несоответствии отдельных показателей сухой смеси требованиям стандарта ПТО ООО РСУ «Спецработ», производится постановка штукатурки на коррекцию состава с обязательным последующим перемешиванием.

7.3.12 Штукатурку, соответствующую требованиям стандарта ПТО ООО РСУ «Спецработ», направляют на фасовку. Фасовка штукатурки предусмотрена как в крупную, так и в мелкую тару.

7.3.13 Из смесительного модуля готовая смесь поступает в модуль упаковки и выдачи, где предусматривается ее дозирование и расфасовка. Предусматривается фасовка одного вида: готовая смесь в тару различной емкости. Сухая смесь упаковывается в мешки емкостью от 5 до 50 кг. Упакованная продукция на тележках отправляется на склад готовой продукции.

Технология производства известковой штукатурки с алюмосиликатной добавкой



8 Технология нанесения отделочного состава

8.1 При необходимости надо очистить поверхность от продуктов коррозии, старого покрытия, жировых и других загрязнений любым из возможных способов очистки: механическим, термическим или химическим.

8.2 Подготовка поверхности под известковую штукатурку сводится к очистке ее, смачиванию водой, сглаживанию поверхности, расшивке трещин, грунтовке, частичной подмазке со шлифовкой.

8.3 В случае необходимости производится шпатлевка. Фасады отделывают в пасмурную погоду, чтобы предотвратить быстрое высыхание штукатурного состава.

8.4 После тщательного перемешивания штукатурка наносится мастерком или методом пневматического распыления.

8.5 Для получения качественного декоративного покрытия отделочный состав наносится на поверхность в 1-2 слоя.

8.6 Отделочные работы должны выполняться при положительной температуре окружающей среды и отделываемых поверхностей не ниже 10°C.

9 Контроль производства

Таблица 4 – Контроль производства

№	Наименование стадии процесса. Место отбора пробы или измерения параметра	Что контролируется	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Методы испытаний	Кто контролирует
1	2	3	4	5	6	7
1	Все сырье при поступлении на предприятие	Качество	Каждая партия	По ГОСТ 9980.1-86, ТУ на данный вид продукции	По ГОСТ, ТУ	Инженер по качеству
2	Все оборудование перед началом работы	Состояние и чистота оборудования	Перед загрузкой сырья	Должно быть чистым, исправным, герметичным	Визуально	Инженер по качеству
3	Все сырье перед загрузкой: а) извест-пушонка, наполнитель; б) добавки, пигменты и вода	Качество и количество	Перед загрузкой сырья	Согласно характеристикам исходного сырья в соответствии с ГОСТами на исходные материалы, сырье и полуфабрикаты	По ГОСТ, ТУ. Весы товарные 25-500 кг ГОСТ 8.225-77	Инженер по качеству
4	После изготовления алюмосиликатной добавки	Плотность алюмосиликатной добавки	Каждая операция	Согласно нормам технологического режима	Ареоматры	Инженер по качеству
4	Загрузка сырья в смеситель	Согласно рецептуры	Периодически, до полного смешивания	Согласно нормам технологического режима	Визуально	Инженер по качеству
5	Загрузка сырья в мельницу	Полнота загрузки согласно рецептуры	Загрузка каждой мельницы	Согласно нормам технологического режима	Визуально	Инженер по качеству
6	Тара	Чистота и исправность	Каждая партия	Должна быть чистой и исправной	Визуально	Бригадир
7	Фасовка	1. Точность дозировки; 2. Правильность оклейки.	Через каждый час	По ГОСТ 9980.4-86	Весы настольные циферблатные	Инженер по качеству

10 Правила приемки

10.1 Сухая смесь должна быть принята техническим контролером или лицом, ответственным за качество, предприятия-изготовителя.

10.2 Сухая смесь принимается партиями. За партию принимают количество сухой смеси одного наименования продукции, изготовленной в течение одной смены из материалов одного вида и качества по одной рецептуре.

10.3 Приемку смеси осуществляют по результатам приемо-сдаточных и периодических испытаний.

10.4 Для проведения приемо-сдаточных испытаний отбирается проба в соответствии с требованиями ГОСТ 30515.

10.5 Приемку по показателям: влажность, а также для отделочных смесей: подвижность, водоудерживающая способность следует осуществлять по результатам приемо-сдаточных испытаний один раз в смену от каждой партии.

10.6 При получении неудовлетворительных результатов приемо-сдаточных испытаний хотя бы по одному показателю проводят повторные испытания на удвоенном количестве продукции, взятом от той же партии. Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

10.7 Партию смеси бракуют, если смесь хотя бы по одному показателю не соответствует требованиям настоящего стандарта.

10.8 При периодических испытаниях приемку производят по показателям: удельная эффективная активность естественных радионуклидов, прочность сцепления с основанием (адгезия), водопоглощение.

10.9 Периодичность испытаний по показателям:

- прочность сцепления с основанием – один раз в месяц;
- время переработки растворной смеси – один раз в квартал;
- водопоглощение – один раз в шесть месяцев;
- морозостойкость, сцепление с основанием, трещиностойкость – один раз в год.

Перечисленные показатели должны определяться при смене сырья и материалов, состава смесей, технологии изготовления.

10.10 Результаты периодических испытаний по величине удельной эффективности активности естественных радионуклидов и прочности сцепления с бетонным основанием распространяются на все произведенные партии до получения новых результатов периодических испытаний.

10.11 Радиационно- и санитарно-гигиеническую оценку смесей подтверждают наличием санитарно-эпидемиологического заключения уполномоченных органов государственного санитарного надзора, которое необходимо возобновлять по истечению срока его действия или при изменении качества исходных материалов, состава смеси и технологии изготовления.

10.12 Радиационно-гигиеническую оценку смесей допускается проводить на основании паспортных данных предприятий-поставщиков сырья и материалов, применяемых для изготовления смесей, о содержании естественных радионуклидов в этих материалах.

При отсутствии данных поставщика о содержании естественных радионуклидов в исходных материалах предприятие-изготовитель смесей не реже одного раза в год, а также при каждой смене поставщика определяет содержание естественных радионуклидов в материалах или смеси.

10.13 Потребитель имеет право проводить контрольную проверку качества смесей в соответствии с требованиями и методами, установленными в настоящем стандарте.

10.14 Каждая партия поставляемой смеси должна сопровождаться документом о качестве, за подписью лица, ответственного за качество и содержащим:

- наименование предприятия-изготовителя, его товарный знак, адрес;
- наименование смеси, ее назначение;
- номер рецептуры, партии;
- дату изготовления смеси;
- дату выдачи документа о качестве;
- условия хранения и срок гарантийного хранения;
- отметку о принятии;
- обозначение нормативного документа, в соответствии с которым изготовлена сухая строительная смесь.

10.15 При экспортно-импортных операциях содержание документа о качестве уточняется в договоре на поставку сухой смеси.

11 Методы испытаний

11.1 Материалы для приготовления сухих строительных смесей испытывают в соответствии с требованиями нормативных или технических документов на эти материалы.

11.2 Методы испытаний материалов, применяемых для приготовления сухих смесей, должны быть указаны в технологической документации на приготовление сухой смеси.

11.3 Пробы сухих смесей для проведения испытаний отбирают в соответствии с ГОСТ 31356.

11.4 Насыпную плотность определяют по ГОСТ 8735.

11.5 Подвижность растворной смеси определяют по погружению конуса по ГОСТ 5802.

11.6 Водоудерживающую способность растворных смесей определяют по ГОСТ 5802 путем испытания уложенной на промокательную бумагу растворной смеси толщиной 12 мм.

11.7 Прочность на сжатие определяют по ГОСТ 5802.

11.8 Водопоглощение при полном погружении в воду образцов затвердевших растворных смесей определяют по ГОСТ 5802.

11.9 Морозостойкость затвердевших растворов определяют по ГОСТ 31356.

11.10 Прочность сцепления затвердевших растворов с основанием определяют в соответствии с приложением настоящего стандарта.

11.11 Паропроницаемость следует определять по величине сопротивления паропроницанию по ГОСТ 25898.

11.12 Подвижность растворной смеси определяют по ГОСТ 23789.

11.13 Эффективность применяемых добавок определяют по ГОСТ 30459.

12 Маркировка

Маркировка смесей должна производиться несмываемой краской непосредственно на упаковку или ярлык, вкладываемый в упаковку.

Маркировка должна содержать:

- наименование предприятия-изготовителя, его товарный знак, адрес;
- наименование и обозначение смеси;
- инструкцию по применению;
- условия хранения;
- срок гарантийного хранения;
- дату изготовления;
- массу нетто, кг;
- номер партии;
- отметку о принятии лица, ответственного за качество;
- обозначение настоящего стандарта.

13 Требования безопасности и охраны окружающей среды

13.1 Сухие смеси пожаро-, взрывобезопасны, нерадиоактивны, относятся к веществам IV класса опасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007.

13.2 Помещение, в котором изготавливаются сухие смеси, должно быть оснащено приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением, в соответствии со СНиП 2.04-05-91 и ГОСТ 12.4.021.

13.3 Работники, занятые в производстве сухих смесей, должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.034 (ЕН 133), в соответствии с «Типовыми отраслевыми нормами выдачи средств индивидуальной защиты работникам промышленности строительных материалов».

13.4 Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005 и составлять не более 4 мг/м³.

13.5 Санитарно- и радиационно-гигиеническую безопасность применения смесей устанавливают на основании санитарно-эпидемиологического заключения уполномоченных органов государственного санитарного надзора и оценивают по безопасности смесей или их составляющих.

13.6 Безопасность минеральных составляющих смесей (известы, заполнителей, наполнителей) оценивают по содержанию радиоактивных веществ, а химических добавок – по их санитарно-гигиеническим характеристикам.

13.7 Смеси не должны выделять во внешнюю окружающую среду вредные химические вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), утвержденные органами здравоохранения.

13.8 Запрещается сбрасывать сухие смеси, а также отходы от промывки оборудования в водоемы санитарно-бытового использования и канализацию.

13.9 Отходы производства образуются в ходе технологического процесса и сосредотачиваются на площадке, где собираются и помещаются в тару:

- третий класс – в бумажные мешки;
- четвертый класс – собираются в виде конуса, откуда автопогрузчиком перегружаются в автотранспорт и доставляются на полигон захоронения.

13.10 Во избежание пыления сверху отходы следует закрывать брезентом или полиэтиленовой пленкой по ГОСТ 10354.

13.11 Транспортировка промышленных отходов на полигон производится транспортом предприятия в соответствии с «Инструкцией о порядке перевозки опасных грузов автомобильным транспортом».

13.12 Все работы, связанные с загрузкой, транспортировкой и выгрузкой и захоронением отходов, должны быть механизированы и герметизированы.

13.13 Транспортирование отходов следует производить в специально оборудованном транспорте, исключающем возможность потерь по пути следования и загрязнения окружающей среды, а также обеспечивать удобство при перегрузке.

13.14 При перегрузке твердых и пылевидных отходов необходимо самостоятельное устройство или тара с захватными приспособлениями для загрузки автокранами, работающими на полигоне.

13.15 При работе с пылевидными отходами необходимо их увлажнение на всех этапах: при погрузке, транспортировании, выгрузке и разравнивании.

14 Упаковка

14.1 Упаковка смесей должна производиться в многослойные бумажные мешки из крафт-бумаги или с полиэтиленовым вкладышем массой 10,25,40 и 50 кг, полиэтиленовые пакеты массой 5,10,25 кг, высокопрочные полимерные пакеты массой 500, 1000кг.

14.2 Упаковочная тара должна соответствовать требованиям нормативной документации на конкретные виды тары.

14.3 Сухие смеси, упакованные в мешки и пакеты, укладываются на деревянные поддоны ровными рядами общим весом не более 1500 кг на один поддон. Поддоны должны соответствовать требованиям ГОСТ 9078.

По требованию потребителя поддоны со смесями дополнительно могут быть упакованы термоусадочной пленкой по ГОСТ 25951.

14.4 Упаковка смесей должна обеспечивать защиту от доступа влаги к смесям из окружающего воздуха и исключать высыпание смесей при транспортировании и хранении.

15 Транспортирование и хранение

15.1 Упакованные сухие смеси перевозят транспортными пакетами автомобильным, железнодорожным и другими видам транспорта в соответствии с правилами перевозки и крепления грузов, действующими на транспорте конкретного вида, и инструкцией предприятия-изготовителя.

15.2 Применяемые средства транспортирования смесей должны исключать возможность попадания атмосферных осадков, а также обеспечивать защиту упаковки от механического повреждения и нарушения целостности.

15.3 Сухие смеси должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя, в сухих помещениях с влажностью воздуха не более 70 %, при температуре не ниже +5°C в условиях, обеспечивающих сохранность упаковки и предохранения от увлажнения.

15.4 При хранении мешки с сухими смесями следует укладывать на деревянные поддоны на расстоянии 15 см от земли в ряды по высоте не более 1,8 м, располагая мешки в ряду плотно один возле другого при обеспечивании подхода к ним.

16 Гарантии изготовителя

16.1 Изготовитель гарантирует соответствие сухих смесей требованиям настоящего стандарта при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения и применения.

16.2 Гарантийный срок хранения сухих смесей составляет 11 месяцев со дня изготовления.

16.3 По истечении гарантийного срока хранения сухая смесь должна быть проверена на соответствие требованиям настоящего стандарта. В случае соответствия требованиям стандарта сухая смесь может быть использована по назначению.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.1. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки.....	5
1.2. Модифицирующие добавки для известковых сухих строительных смесей.....	17
2. СВОЙСТВА ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА ДЛЯ ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	29
2.1. Влияние технологии приготовления синтетического цеолита на состав и структуру добавки	29
2.2. Свойства добавки на основе синтетического цеолита.....	38
3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ СОСТАВОВ В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА.....	42
3.1. Структурообразование известковых составов в присутствии добавки на основе синтетического цеолита.....	42
3.2. Подбор гранулометрического состава мелкого заполнителя	50
3.3. Кинетика твердения известковых композитов	54
3.4. Реологические и технологические свойства известковых систем....	57
4. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ОТДЕЛОЧНОГО СЛОЯ НА ОСНОВЕ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ.....	63
4.1. Трещиностойкость покрытий на основе сухих строительных смесей	63
4.2. Прочность сцепления покрытия на основе ССС с применением добавки на основе синтетического цеолита.....	72
4.3. Гидрофизические свойства покрытий на основе отделочных составов	76
4.4. Влияние пигментов на свойства покрытий на основе отделочного состава.....	80
4.5. Оценка морозостойкости отделочного состава	82
4.6. Опытно-производственное опробование. Разработка нормативных документов	85
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	88
ПРИЛОЖЕНИЯ	100

Научное издание

Логанина Валентина Ивановна
Садовникова Мария Анатольевна

**СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ
ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ**

Монография

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 19.01.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,0. Уч.-изд.л. 7,5. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 58.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.