

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

На правах рукописи



Садовникова Мария Анатольевна

Сухая строительная смесь для реставрации и отделки зданий

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор
Логанина Валентина Ивановна

Пенза – 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Состояние вопроса и задачи исследования.....	8
1.1. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки.....	8
1.2. Модифицирующие добавки для известковых сухих строительных смесей.....	15
1.3. Цели и задачи исследования.....	30
Глава 2. Характеристика материалов. Методика проведения исследования.....	32
2.1. Характеристика материалов.....	32
2.2. Методика оценки реологических и технологических свойств отделочных составов.....	38
2.3. Методика оценки гидрофизических и физико-механических свойств компонентов отделочных составов и покрытий на их основе.....	40
2.4. Прочие методы исследований.....	45
2.5. Статистическая обработка результатов измерения.....	47
Глава 3. Свойства добавки на основе синтетических цеолитов для известковых сухих строительных смесей	50
3.1. Влияние технологии приготовления синтетических цеолитов на состав и структуру добавки.....	50
3.2. Свойства добавки на основе синтетического цеолита.....	59
Выводы по главе 3.....	63
Глава 4. Закономерности структурообразования известковых составов в присутствии добавки на основе синтетического цеолита.....	64

4.1. Структурообразование известковых составов в присутствии добавки на основе синтетического цеолита.....	64
4.2. Подбор гранулометрического состава мелкого заполнителя.....	74
4.3. Кинетика твердения известковых композитов	78
4.4. Реологические и технологические свойства известковых систем	80
Выводы по главе 4.....	84
Глава 5. Эксплуатационная стойкость отделочного слоя на основе сухой строительной смеси.....	85
5.1. Трещиностойкость покрытий на основе сухих строительных смесей.....	85
5.2. Прочность сцепления покрытия на основе ССС с применением добавки на основе синтетического цеолита	95
5.3. Гидрофизические свойства покрытий на основе отделочных составов.....	101
5.4. Влияние пигментов на свойства покрытий на основе отделочного состава.....	104
5.5. Оценка морозостойкости отделочного состава.....	107
5.6 Опытно-производственное опробование. Разработка нормативных документов.....	112
5.6.1 Технология приготовления известково-песчаных отделочных составов.....	112
5.6.2 Техничко-экономические показатели производства сухой строительной смеси.....	114
Выводы по главе 5.....	117
Заключение.....	118
Список литературы.....	121
Приложения.....	137

Введение

Актуальность избранной темы. Для реставрации и отделки зданий и сооружений широкое применение находят известковые составы, в том числе сухие строительные смеси (ССС). Значительную долю составляют СССР, поставляемые зарубежными фирмами «Tikkurila», «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.

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

Степень разработанности избранной темы. При написании работы был проведен анализ научно-технической, патентной отечественной и зарубежной литературы, а также справочной и нормативной документации. Заметный вклад в исследование проблем, связанных с созданием сухих строительных смесей, покрытия на основе которых обладают повышенными эксплуатационными

свойствами, внесли отечественные ученые Комохов П.Г., Калашников В.И., Шангина Н.Н., Трещев А.А, Акулова М.В., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Пустовгар А.П., Рахимбаев Ш.М., Ерофеев В.Т., Пичугин А.П. и др. Их работы содержат фундаментальные основы создания рецептуры ССС, выбора компонентов, топологии структуры. Отмечая значимость научных результатов, полученных данными авторами, необходимо обозначить, что некоторые аспекты изучены недостаточно. В связи с этим проблема импортозамещения модифицирующих добавок, расширения номенклатуры известковых ССС с отечественными модифицирующими добавками, способствующими повышению стойкости известковых покрытий, является актуальной современной задачей научно-практических исследований.

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

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

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

связанной извести на 8,74%.

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

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

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

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

Методология и методы диссертационного исследования.

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

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

Положения, выносимые на защиту:

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

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

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

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

Глава 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].

Рассматривая тенденцию развития производства СССР, следует выделить два основных фактора, тормозящих и ускоряющих развитие их производства. К тормозящему фактору, оказывающему значительное влияние на замедленное развитие производства СССР, можно отнести, прежде всего, отсутствие нормативной базы производства и применения СССР. 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 СССР, являются высокие эксплуатационные и технологические показатели растворов и покрытий на их основе, дающие несомненное преимущество при применении данного вида продукции.

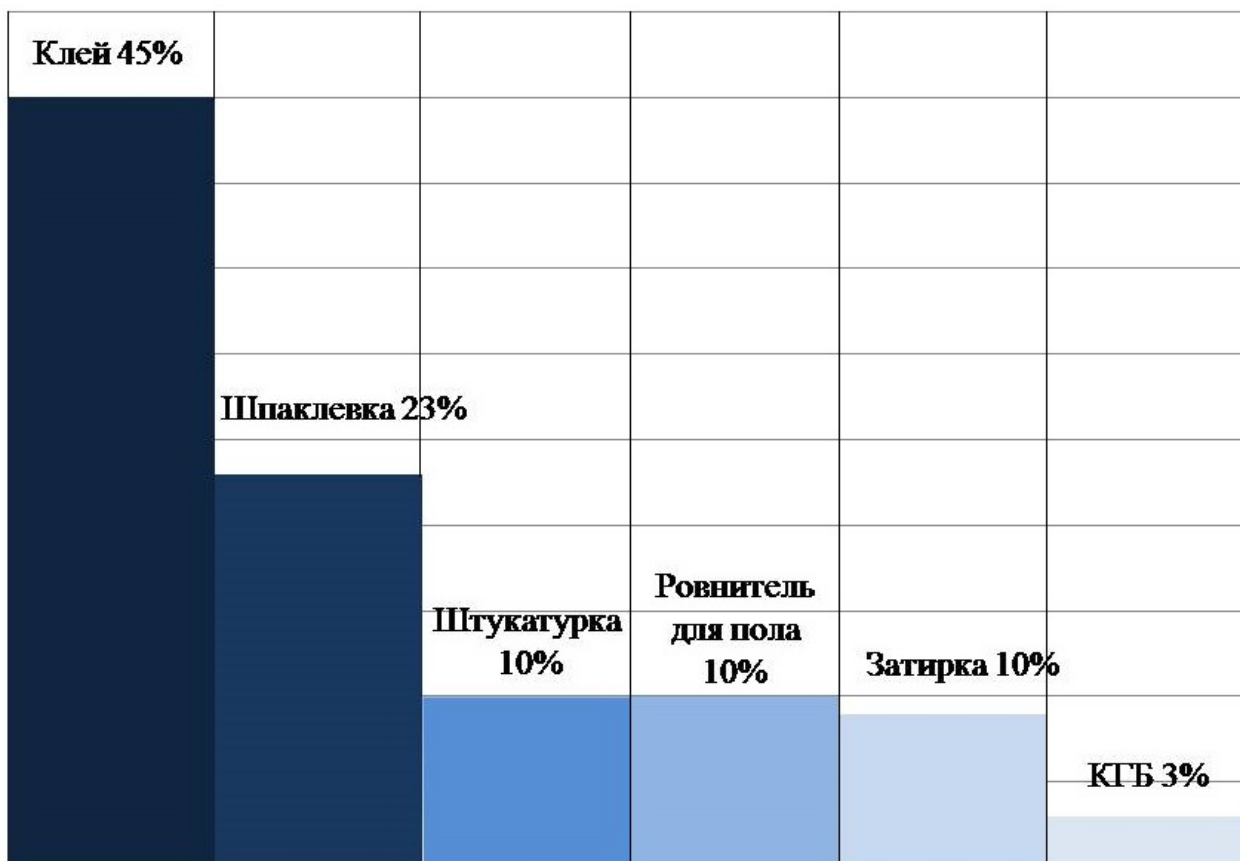


Рисунок 1.2 – Соотношение объемов реализации сухих строительных смесей различных торговых марок [56]

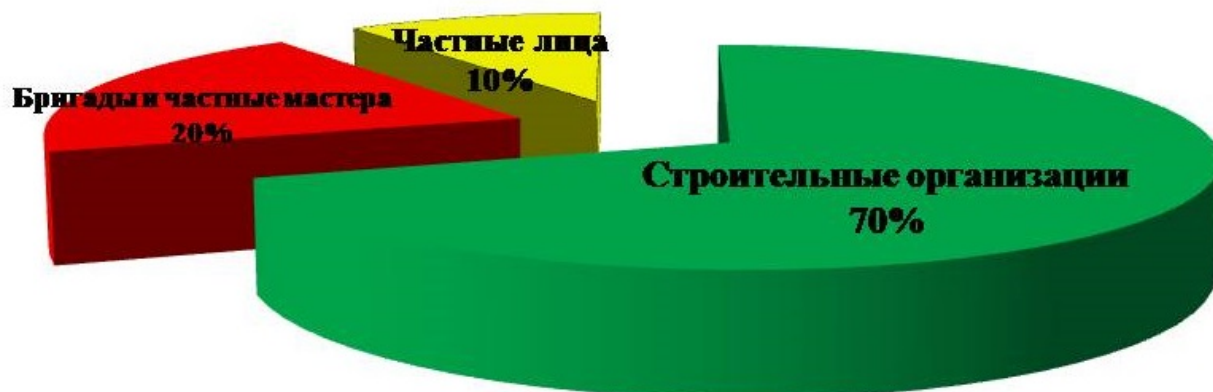


Рисунок 1.3 – Распределение сухих строительных смесей среди потребителей [52]

Это обуславливает необходимость принципиального выбора в качестве основного вяжущего для реставрационных сухих смесей воздушной извести,

которая и по сей день, несмотря на появление новых видов вяжущих, находит свое применение в строительстве.

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 "патина" (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].

При проектировании сухих строительных смесей необходимо решить одну важную задачу – получить раствор с надлежащими физико-механическими свойствами независимо от колебаний температуры и влажности окружающей среды. Набору прочности и трещиностойкости состава вредит излишний набор влажности.

Известь имеет высокую водопотребность и, если смесь готовится на месте, есть возможность изменять содержание извести в растворе, исходя из условий применения. Состав сухой смеси стабилен и не может меняться в зависимости от погоды [116].

На рынке хорошо известна известковая штукатурка фирмы Caparol. 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 Caparol, 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 Caparol 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 таблице 1.

Таблица 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°C
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°C до +3°C. Возможно использование смеси до минус 3°C, 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 2,5мм [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.

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 – наполнитель – 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 таблице 2 приведены модифицирующие добавки, наиболее широко используемые производителями сухих строительных смесей.

Таблица 2 – Классификация модифицирующих добавок для сухих строительных смесей.

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

		аморфная окись кремния, бентонит	
Специального назначения	6.1 Гидрофобизирующее	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
	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	Карбонид, карбонат натрия, формиат натрия,	Обеспечение твердения

		формиат кальция, нитрат кальция	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, ЗЩ 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.

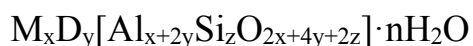
Действие добавок, участвующих в обменных реакциях, многообразно. В их присутствии возрастает удельная поверхность известкового камня и уменьшается

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 щелочноземельных 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 кремния (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°C). Лишенные воды цеолиты способны во влажном воздухе снова возмещать потерянную воду, причем все прежние физические свойства тоже восстанавливаются.

Акад. 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 гипсо-цементноцеолитовых 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 $M_pD_q[Al_p+2qSi_rO_{2p+4q+2r}] \cdot sH_2O$.

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 аминоксодержащего соединения из ряда: триэтанолламин, полиэтиленполиламин или мфенилендиламин, 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 pH 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 $M_pD_qAl_{p_2}Si_{r_2}O_{2p_4q_2rs}H_2O$. 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 двухзарядных 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.

1.3 Цели и задачи исследования

Анализ патентной и научно-технической литературы свидетельствует, что остаются нераскрытыми вопросы применения синтетических цеолитов в рецептуре ССС. В связи с этим актуальным является оценка возможности использования синтетических цеолитов при разработке рецептуры ССС с целью повышения стойкости покрытий на их основе.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка составов сухих строительных смесей для реставрации и отделки зданий и сооружений, покрытия на основе которых обладают повышенной стойкостью.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

Глава 2. Характеристика материалов. Методика проведения исследований

2.1. Характеристика материалов

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 таблице 2.1;

- жидкое натриевое стекло (ГОСТ 18958-71) характеризуется показателями, представленными в таблице 2.2.

Для приготовления сухой смеси использовали следующие материалы:

- 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;

- 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 $\rho_{ист} = 2650$ кг/м³, насыпная плотность – $\rho_{нас} = 1340$ кг/м³ и удельная поверхность – $S_{уд} = 20$ м²/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/м³. Среднее содержание глинистых частиц – 0,53-1,20 % [50];

- вода [32].

В качестве добавок применяли:

- Суперпластификатор Sika-3180;
- Суперпластификатор С-3 (ТУ 6-36-020429-625);
- Кратасол- ПФМ (ТУ 5745-365-05800142-2011м);
- Редиспергируемый порошок Neolit-4400;
- Гидрофобизирующий порошок Zincum-5.

Таблица 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
---	---	-------	-------	-------	-------------

Таблица 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°C, 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

Суперпластификатор Sika-3180 – это суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров для бетонных смесей с длительной сохраняемостью подвижности для изготовления бетонов с низкой экзотермией.

Таблица 2.3 – 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 таблице 2.4.

Таблица 2.4 – 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 таблице 2.5.

Таблица 2.5 – 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	4,5-6

	массовой долей 2,5 %	
4	Содержание хлоридов, % не более	0,1

Основные показатели добавки Neolit-4400 приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – 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

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

Таблица 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

В работе применялись пигменты, основные характеристики которых приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Основные характеристики пигментов

Пигмент	Устойчивость к							Маслоемкость, г/100г
	свету	дистиллированной воде	натуральной олифе	5%-ному раствору HCl	5%-ному раствору NaOH	уайт-спириту	температуре, °С	
Красный “Ж”	2	5	2	5	4	2	100	60
Голубой фталоцианиновый В-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

В качестве подложек в работе применяли цементно-песчаный раствор. Для затворения смесей применяли воду из хозяйственно-питьевого водопровода,

удовлетворяющую требованиям ГОСТ 23732-79 "Вода для бетонов и растворов. Технические условия".

2.2 Методика оценки реологических и технологических свойств отделочных составов

Пластическую прочность или предельное напряжение сдвига отделочной смеси определяли коническим пластометром КП-3. Основой данного метода является погружение конуса в исследуемый состав и действие на конус постоянной нагрузки (Р), вследствие чего измеряется глубина его погружения [34, 93]. После достижения конусом равновесного напряжения сдвига τ в составе, оно становится равным пределу текучести τ_0 и определяется по формуле:

$$\eta = \tau = \tau_0 = k * \frac{P}{h^2}, \quad (2.1)$$

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.

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 (таблица 2.9) [30].

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

Подготовка к испытанию заключалась в следующем: 10 листов промокатальной 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 вровень 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.

Таблица 2.9 – 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)

Водоудерживающую способность отделочной смеси определяли по формуле:

$$V = 100 - \left(\frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} * 100 \right), \quad (2.2)$$

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.

2.3 Методика оценки гидрофизических и физико-механических свойств компонентов, отделочных составов и покрытий на их основе

Определение истинной плотности осуществлялось при помощи Лешателье. Колбу наполняли керосином до нижней риски, после чего верхнюю часть протирали фильтровальной бумагой. Подготовка исследуемого материала заключалась в следующем, исследуемый материал высушивали в сушильном шкафу при температуре 105...110°C до постоянной массы. Взвешивали навеску порошка массой около 70 г с погрешностью не более 0,01 г. Порошок высыпали в колбу небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе не достигнет одного из делений в пределах верхней градуированной части. Остаток порошка взвешивали. Определяли уровень жидкости в приборе. Разность отсчетов между конечным и начальным уровнями жидкости соответствует объему высыпанного порошка V (см³). Истинную плотность исследуемого материала ρ вычисляли по формуле:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2)}{V}, \quad (2.3),$$

где m_1 – первоначальная масса порошка, г;

m_2 – масса остатка порошка, г.

Для определения средней плотности образцы также высушивали при температуре 105...110°C, взвешивали с погрешностью 0,1 г. Объем образца определяли, пользуясь штангенциркулем. Каждую грань образца измеряли в нескольких местах. Окончательный размер каждой грани (a, b, c) вычисляли как среднее арифметическое трех измерений и считали объем образца по формуле:

$$V = a * b * c \quad (2.4)$$

Среднюю плотность исследуемого материала ρ вычисляли по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.5)$$

где m – масса образца, г.

Определение насыпной плотности производили при помощи сосуда вместимостью 1000 см³ (1 л). Пробу материала массой около 1,5 кг насыпали в стандартную воронку. Мерный сосуд предварительно взвешивался и помещался под воронку, которая заполнялась порошком с небольшим избытком. После того как сосуд был заполнен, деревянной линейкой срезали излишек материала на уровне с краями сосуда. Затем сосуд с взвешивали и, вычитая из полученного результата массу сосуда, находили массу порошка. Насыпную плотность материала $\rho_{нас}$ (г/см³) вычисляли по формуле:

$$\rho_{нас} = \frac{m}{V}, \quad (2.6)$$

где m – масса материала, г;

V – объем сосуда, см³.

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°C, 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:

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c}, \quad (2.7)$$

где m_c – масса образца в сухом состоянии, г;

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

Коэффициент паропроницаемости определялся на основании метода определения количества водяных паров, прошедших через 1 см² поверхности отделочного слоя толщиной δ за время τ при температуре (20±2)°С. 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:

$$\mu = \frac{P * \delta}{F * (E * e_{60}) * \tau}, \quad (2.8)$$

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, м²;

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.

Прочность при сжатии образцов определялась по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний» [34]. В качестве испытательного оборудования для исследования прочности при сжатии образцов использовалась испытательная машина типа «ИР 5057-50». В зависимости от вида использованного силового датчика «ИР 5057-50» диапазон измерения усилий составляет от 50 до 50 000 Н с точностью до 1Н (0,1 кгс). Встроенные регуляторы скорости перемещения траверсы позволяют задавать скорость приложения нагрузки от 1 до 100 мм/мин (по величине перемещения). Прочность при сжатии (МПа) образцов определяется по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (2.9)$$

где P – разрушающая сила, Н;

F – площадь поперечного сечения образца до испытания, м².

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:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (2.10)$$

где P – сила отрыва, Н;

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

Усадочные деформации отделочных составов определялись с помощью оптического компаратора ИЗА-2 и вычисляли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{l_0 - l_i}{l_0} * 100, \quad (2.11)$$

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

l_i – длина образца в промежуточные периоды твердения, мм.

Определение предела прочности при растяжении (когезионной прочности) проводили по ГОСТ 18299-72* на разрывной машине ИР 5057-50. Основой метода служит растяжение испытуемого образца до разрыва при скорости деформирования 1 мм/мин. Образцы нужных составов размерами 1×1×5 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].

Расчёт предела прочности при растяжении проводили по результатам испытания не менее трех образцов каждого состава. Предел прочности при растяжении R_P , МПа ($\text{Н}/\text{мм}^2$) для каждого образца вычисляли по формуле:

$$R_P = \frac{F_{Pi}}{S_{O1}}, \quad (2.12)$$

где F_{Pi} – растягивающая нагрузка в момент разрыва, Н;

S_{O1} – 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 ($E_{упр}$) в МПа вычислялся по формуле:

$$E_{упр} = \frac{R'_{kogi}}{\varepsilon'_i} \cdot 100, \quad (2.13)$$

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

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

2.4 Прочие методы исследований

Определение емкости катионного поглощения производилось адсорбционным методом, основанным на адсорбции органического красителя (метиленового голубого) поверхностью добавки на основе синтетического цеолита.

Исследование проводилось в следующей последовательности.

1. Готовился 0,3 %-й раствор метиленового голубого и выдерживался в темной посуде и темном месте в течение 3 сут.
2. 10 г добавки высушивалось при температуре 105-110°C и измельчалось до полного прохождения через сито с 2500 отв/см².
3. В три мерные колбы вместимостью 100 см³ помещалось по 0,3 г подготовленной добавки.
4. При помощи пипетки в колбы заливалось по 50 см³ 0,3 %-го водного раствора органического красителя.
5. Содержимое колб встряхивалось в течение 20 мин и быстро отфильтровывалось через фильтр «Синяя лента». Так как часть концентрации метиленового голубого теряется на фильтре, первые капли профильтрованного раствора отбрасывались.

6. Измерение концентрации раствора метиленового голубого после обработки им пробой добавки производилось на спектрофотокориметре КФК-3КМ. Для облегчения работы на приборе рабочий раствор метиленового голубого и фильтраты предварительно разбавлялись, для чего пипеткой отбирался раствор 1 см³, помещался в мерную колбу вместимостью 100 см³ и к нему доливалась дистиллированная вода до метки.

7. Расчет емкости катионного поглощения материала производился по формуле:

$$E = \frac{a * b * d * 100}{c * 100 * e}, \quad (2.14)$$

где a – разность процентных содержаний метиленового голубого в растворе до и после обработки глиной;

b – количество метиленового голубого, взятого для анализа, $b = 50$ мл;

d – процентное содержание красителя, $d = 0,3$ %;

c – навеска исследуемого вещества с учетом гигроскопической воды, $c = 0,3$ г;

e – эквивалентная масса красителя метиленового голубого, $e = 319,9$.

Зерновой состав песка проводился путем отсева песка на стандартном наборе сит.

Навеска высушивалась до постоянной массы и просеивалась через набор сит диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016.

По результатам просеивания вычислялся: частный остаток на каждом сите (a_i) в процентах по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (2.15)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г.

Полный остаток на каждом сите (A_i) в процентах вычислялся по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (2.16)$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$, a_i – частные остатки на соответствующих ситах.

На основании значений истинной плотности и насыпной плотности песка, определялась межзерновая пустотность.

Межзерновая пустотность песка ($V_{м.п}$) в процентах по объему вычислялась по формуле

$$V_{м.п} = \left(1 - \frac{\rho_{нас}}{\rho_{ист}} \right) \cdot 100. \quad (2.17)$$

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 ГОСТ 10060.0-95. За «отказ» принималось состояние покрытия, оцененное III.4 баллами согласно ГОСТ 6992-68 [27]. Такое состояние характеризуется потерей блеска до 5 %, едва заметным изменением цвета и отсутствием отслаивания, растрескивания поверхности.

2.5 Статистическая обработка результатов испытаний

Для оценки достоверности полученных экспериментальных данных проводилась их статистическая обработка [66].

Для оценки точности измерений определялись абсолютная и относительная погрешности, Δx_i и ε , определяемые по формулам:

$$\Delta x_i = x - x_i, \quad (2.18)$$

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%. \quad (2.19)$$

Подозрительные результаты определялись с помощью критерия Шовенэ. Сущность расчета заключалась в следующем.

Производилось n измерений x_1, x_2, \dots, x_n одной и той же величины X . Учитывая все n измерений, вычислялись среднее арифметическое значение и среднеквадратическое отклонение.

Среднее арифметическое значение \bar{x} вычислялось по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.20)$$

Среднеквадратическое отклонение измерений прочности при сжатии определялось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (2.21)$$

где x_i – среднее арифметическое значение прочности при сжатии i -го испытания.

Если один из результатов измерения отличается от \bar{x} настолько, что представляется подозрительным $x_{под}$, то вычислялось число стандартных отклонений t , на которое $x_{под}$ отличается от \bar{x} :

$$t = \frac{x_{под} - \bar{x}}{\delta_x} \quad (2.22)$$

Находили вероятность P того, что нормальное измерение будет отличаться от \bar{x} на t . Затем определялось число ожидаемых измерений n , которые дадут столь же плохие результаты, как $x_{под}$:

$$n = N * P \quad (2.23)$$

Если $n < 1/2$, то $x_{под}$ не удовлетворяет критерию Шовенэ и отвергается [49].

Коэффициент вариации рассчитывался по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (2.24)$$

При нормальном законе распределения с учетом заданного коэффициента надежности α и вероятности P значения доверительных интервалов, покрывающих параметр α , могут рассчитаться по формуле:

$$P\left(\bar{x} - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x} + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 2\Phi = \alpha, \quad (2.25)$$

где n – объем выборки;

t – такое значение аргумента функции Лапласа $\Phi(t)$, при котором $\Phi(t)=\alpha/2$.

При этом точность оценки составляла:

$$\delta = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (2.26)$$

Для доказательства того, что распределение является нормальным, применялся критерий Пирсона, определяемый по формуле:

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'} \right], \quad (2.27)$$

где n_i – эмпирические частоты;

n_i' – теоретические частоты.

Глава 3. Свойства добавки на основе синтетического цеолита для известковых сухих строительных смесей

3.1 Влияние технологии приготовления синтетического цеолита на состав и структуру добавки

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°C 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 (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – 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

Примечание.* Плотность жидкого стекла составляла $\rho=1279$ кг/м³

Установлено, что при рН раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH \geq 5$, осадка не образуется. Минимальный выход продукта составляет 33,12 % и наблюдается при рН раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, равном $pH=3$, а максимальный выход (45,87%) – при рН 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 таблице 3.2 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.

Таблица 3.2 – 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, $S_{уд} = (86.5 \pm 3.5)$ м²/г.

Микроструктура полученной добавки была изучена с помощью электронного микроскопа при увеличении в 20 000 раз (рисунок 3.1 - 3.2).

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

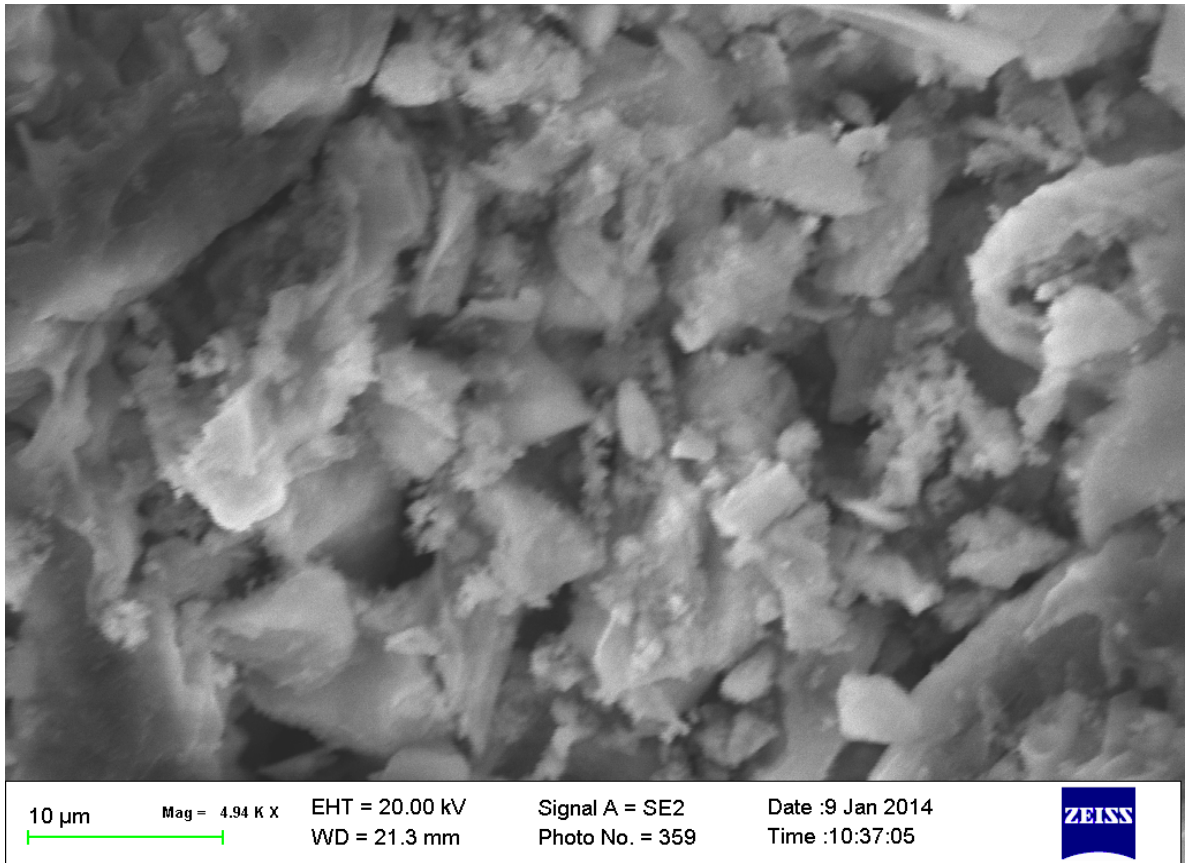


Рисунок 3.1 – Микроструктура добавки на основе синтетического цеолита
×20000

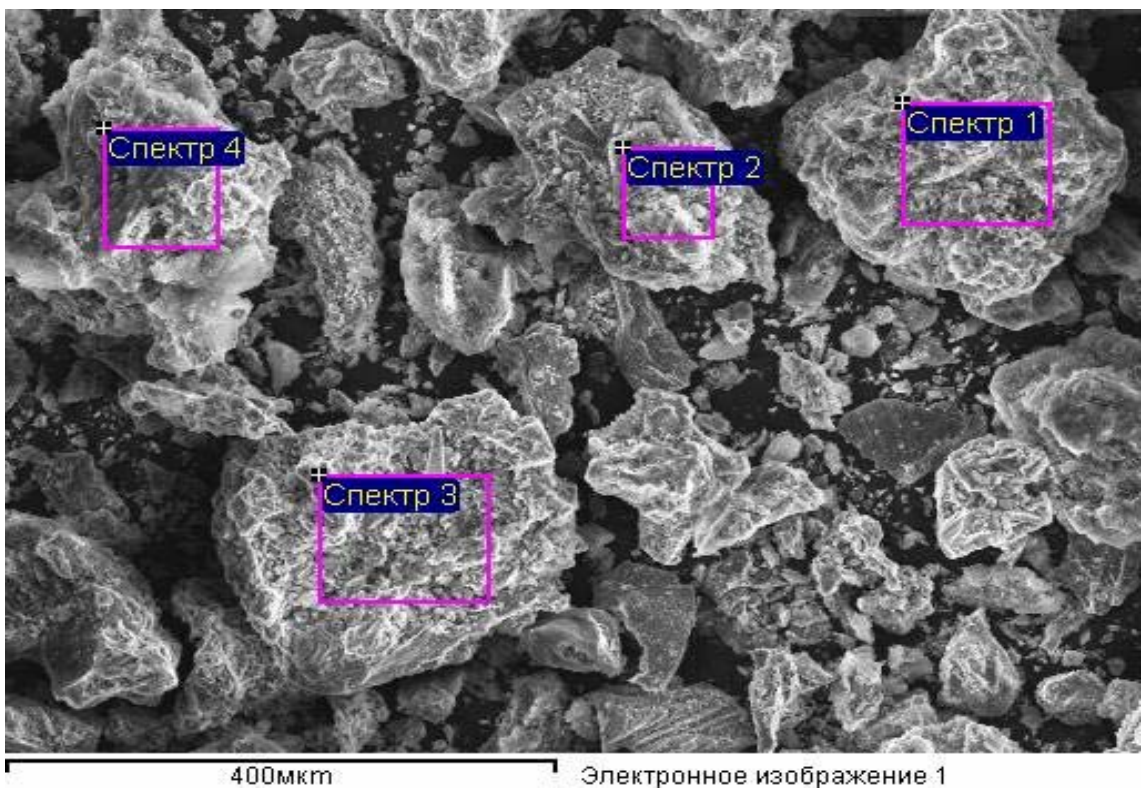


Рисунок 3.2 – Микроструктура добавки на основе синтетического цеолита
×20000

Химический состав добавки на основе синтетического цеолита представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – 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 3.3, 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 таблице 3.4. Установлено, что преобладают оксиды кремнезема, составляющие 56,21-55,45 % (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – 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 рентгенофлюоресцентного 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 $\lambda_{\text{CoK}\alpha 1,2}$ излучения. Интервал углов дифракции $2\Theta=12-80^\circ$, шаг сканирования $0,02^\circ$. Рентгенограмма материала характеризуется наличием селективных 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). (рисунок 3.3)

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 ($d=2.7907$; $d=2.6558$; $d=1.8679$) (рисунок 3.3) [16, 22, 45, 57].

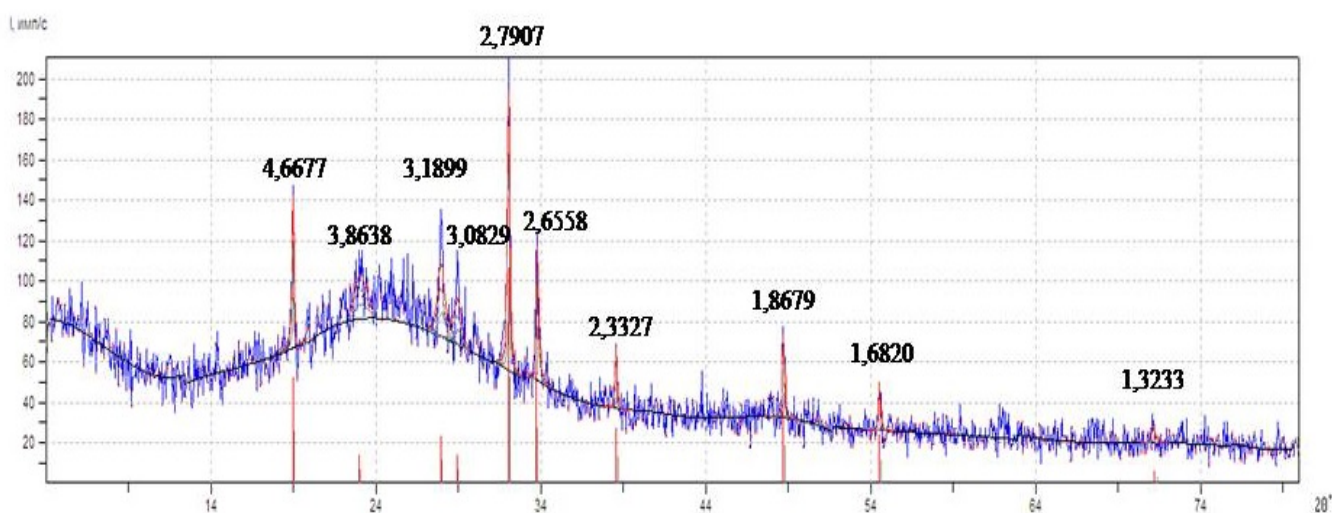


Рисунок 3.3 – Рентгенограмма добавки на основе синтетического цеолита

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 рисунке 3.4 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. %.

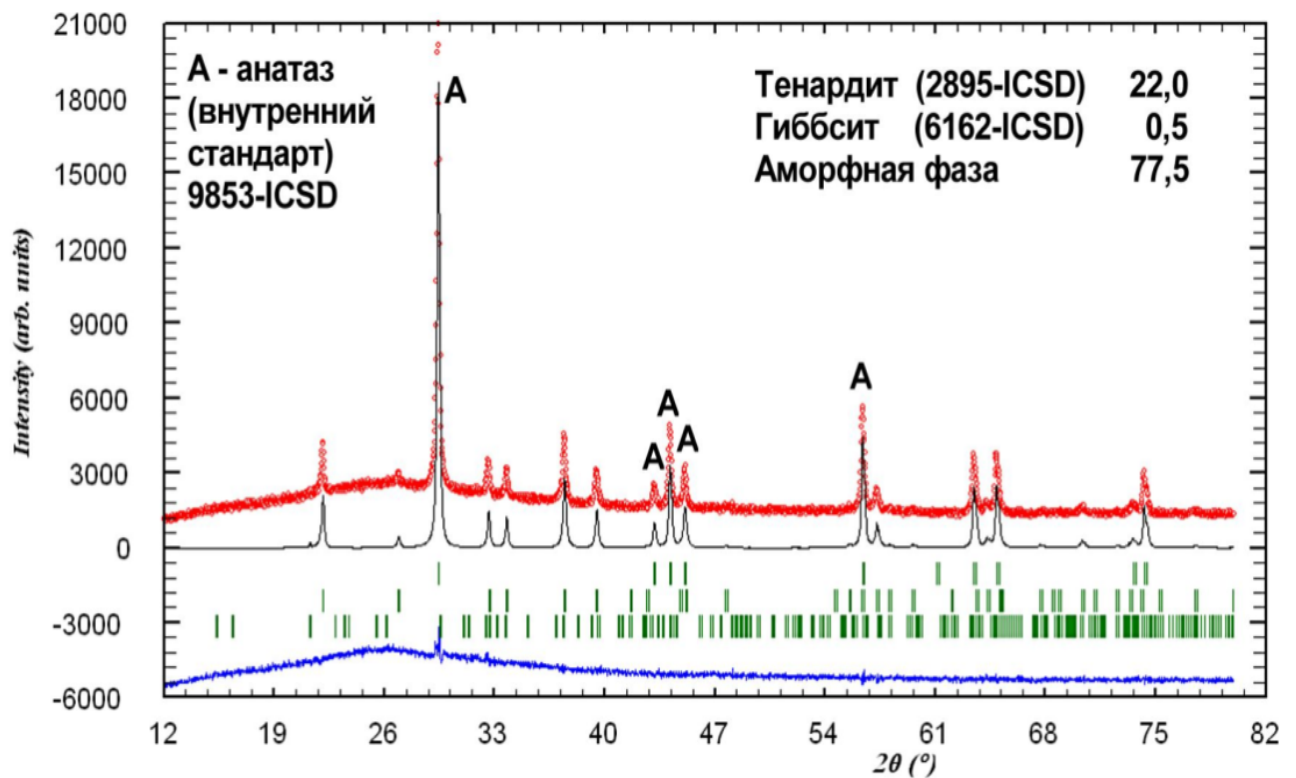


Рисунок 3.4 – Результат полного количественного РФА добавки на основе синтетического цеолита

Полученные результаты согласуются с данными химического анализа:

$$C_{\text{аморф}} = \sum C_i - (C_{\text{Na}_2\text{O}} + C_{\text{SO}_3}) = 77,5 \text{ вес \%}. \quad (3.1)$$

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:

$$\Delta G = \Delta H_p + T * \frac{\partial \Delta G}{\partial T}, \quad (3.2)$$

где ΔG – энергия Гиббса;

ΔH_p – энтальпия процесса;

T – температура, К.

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 таблице 3.5.

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:

$$f_{Si} = \frac{v_{SiO_2}}{v_{Me_2O} + v_{MeO} + 3v_{Me_2O_3} + 2v_{MeO_2} + 5v_{Me_2O_5}} \quad (3.3)$$

где v – молярная концентрация оксидов.

Таблица 3.5 – Термодинамические параметры изобарно-изотермических реакций получения синтетического цеолита

Но- мер реак- ции	Формула соединения	Теплота образования ΔH_{298}^0 , кДж/моль	Энергия Гиббса образования ΔG_{298}^0 , кДж/моль	Реакции
1	Na_2SO_4	-1389,5	-1271,7	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
2	$\text{Al}(\text{OH})_3$	-1275,7	-1139,7	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{SiO}_2$
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	$1,5\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{NaAlSi}_5\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 4,5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3$

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.

3.2 Свойства добавки на основе синтетического цеолита

В таблице 3.6 приведены значения активности добавки на основе синтетического цеолита в зависимости от режима ее получения.

Таблица 3.6 – 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 (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – 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. При изучении кинетики сорбции влаги образцы проходили предварительную сушку в сушильном шкафу при температуре $t=110^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы, помещались в эксикаторы с различной относительной влажностью воздуха $\varphi = 18-97\%$ и постоянной температурой $t = (20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. На основании полученных данных были построены изотермы сорбции и десорбции (рисунок 3.5-3.6).

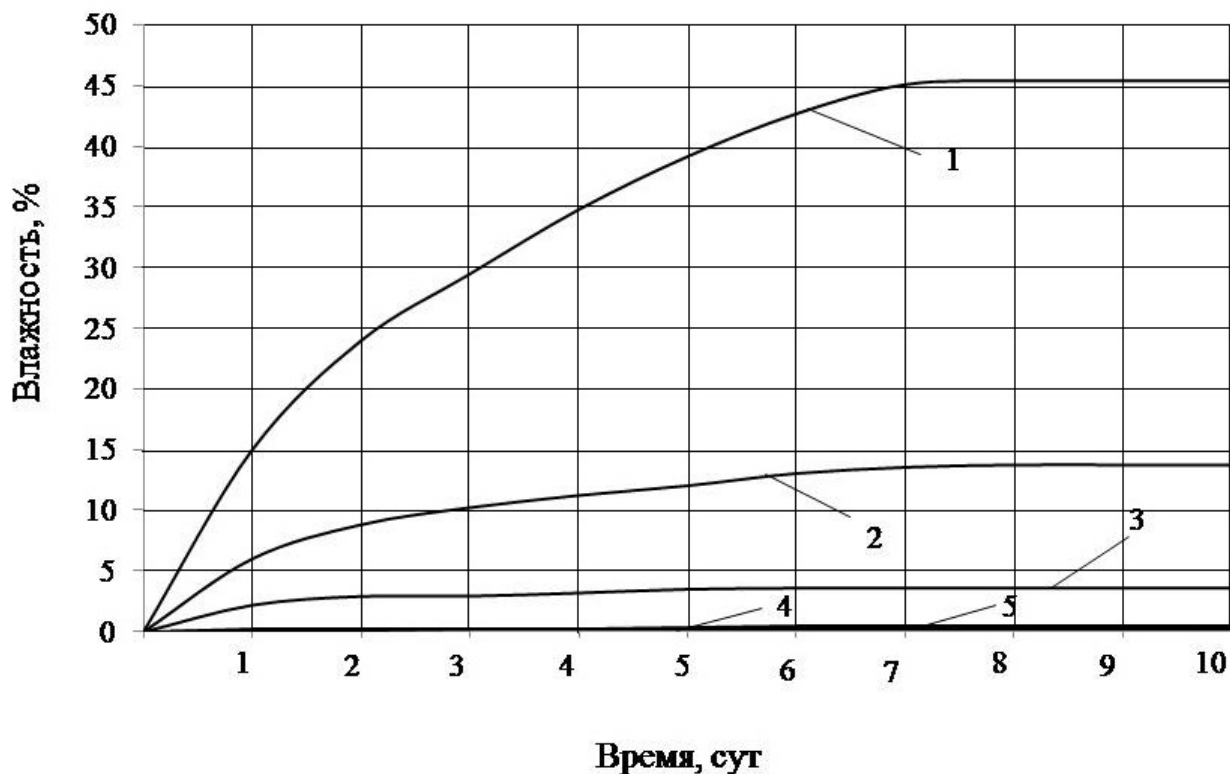


Рисунок 3.5 – Кинетика изменения влагосодержания образцов при различной влажности:

- 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%.

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:

$$W=k(\varphi). \quad (3.4)$$

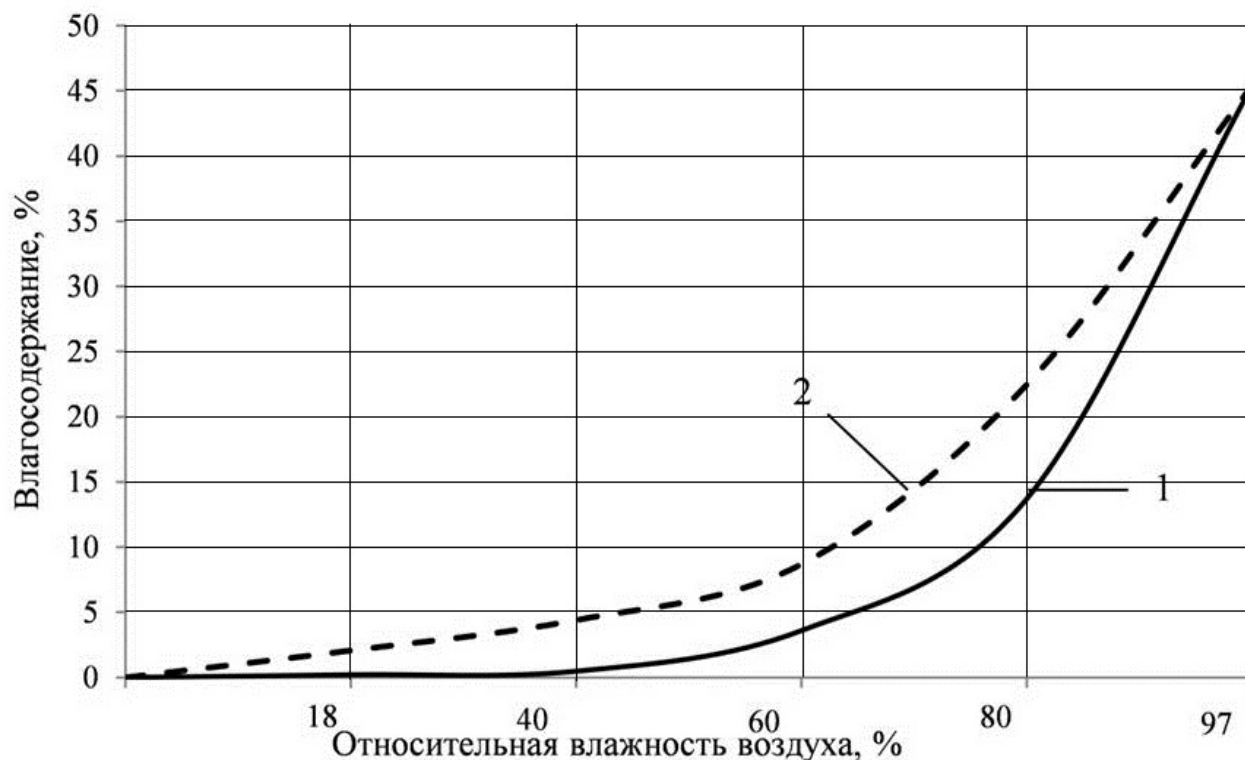


Рисунок 3.6 – Изотермы сорбции и десорбции добавки на основе синтетического цеолита:

- 1 – изотерма сорбции;
- 2 – изотерма десорбции.

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.

Выводы по главе 3

1. Методом рентгенофазового анализа и с применением термодинамических расчетов установлено, что минералогический состав кристаллической фазы добавки на основе синтетического цеолита представлен тенардитом, гиббситом, а также минералами группы цеолитов. Показано, что содержание аморфной фазы составляет 77,5 %.

2. Выявлено, что добавка на основе синтетического цеолита характеризуется высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Анализ гранулометрического состава, выполненный с помощью автоматического лазерного дифрактометра Fritsch Particle Sizer Analysette 22, выявил, 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. Истинная плотность синтетических цеолитов составляет $\rho_{\text{ист}}=568,515$ кг/м³, а насыпная – $\rho_{\text{нас}}=231$ кг/м³, емкость катионного обмена составляет $E=38,7-43,51$ мг·экв.

Глава 4 Закономерности структурообразования известковых составов в присутствии добавки на основе синтетического цеолита

4.1 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 известково-пушонке 1 сорта с активностью 84,4 %. 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 (таблица 4.1). Готовились составы с водоизвестковым отношением В/И, равным В/И=1,25. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18-20°C и относительной влажности воздуха 60-70 % [10,94].

Таблица 4.1. – 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

Примечание.* 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 метакеолинита 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 % (таблица 4.1).

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].

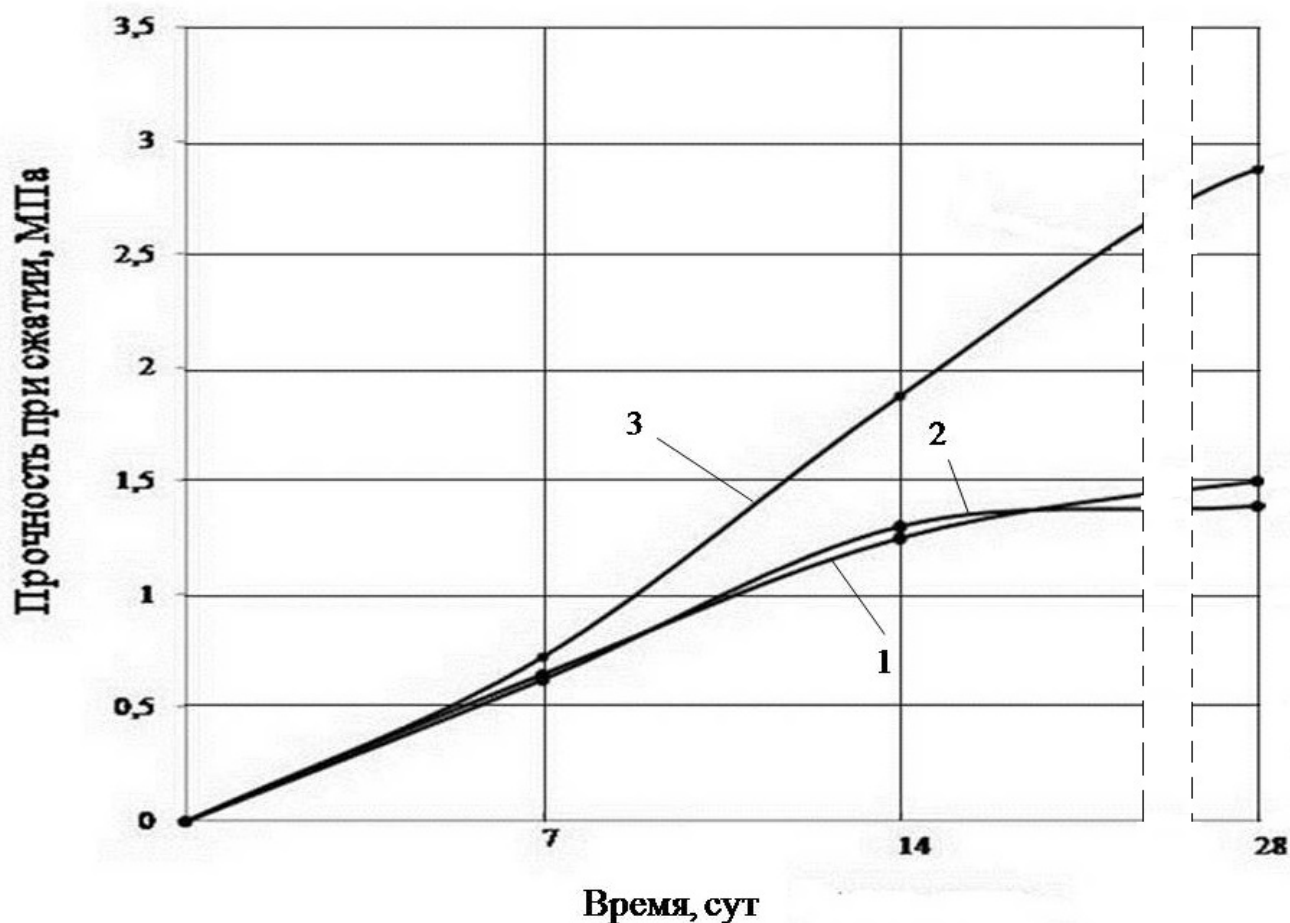


Рисунок 4.1 – Кинетика набора прочности известковых композитов:

- 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 (рисунок 4.1).

На рисунке 4.2, 4.3 представлены данные по кинетике набора прочности при сжатии известковых композитов с метакаолинитом и с добавкой на основе синтетического цеолита.

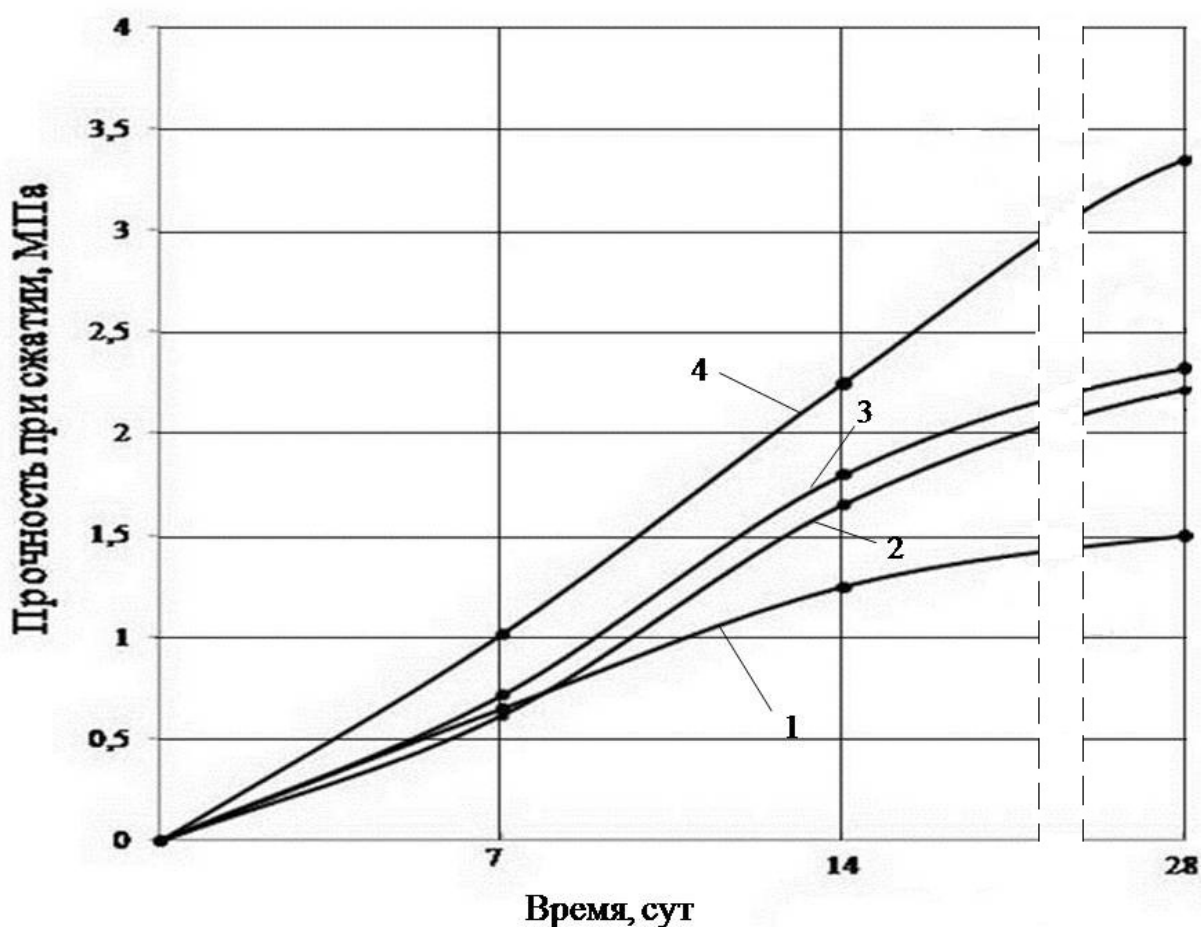


Рисунок 4.2 – Кинетика набора прочности известковых композитов с добавлением метакаолинита:

- 1 – контрольный;
- 2 – метакаолинит 1%;
- 3 – метакаолинит 3%;
- 4 – метакаолинит 10%.

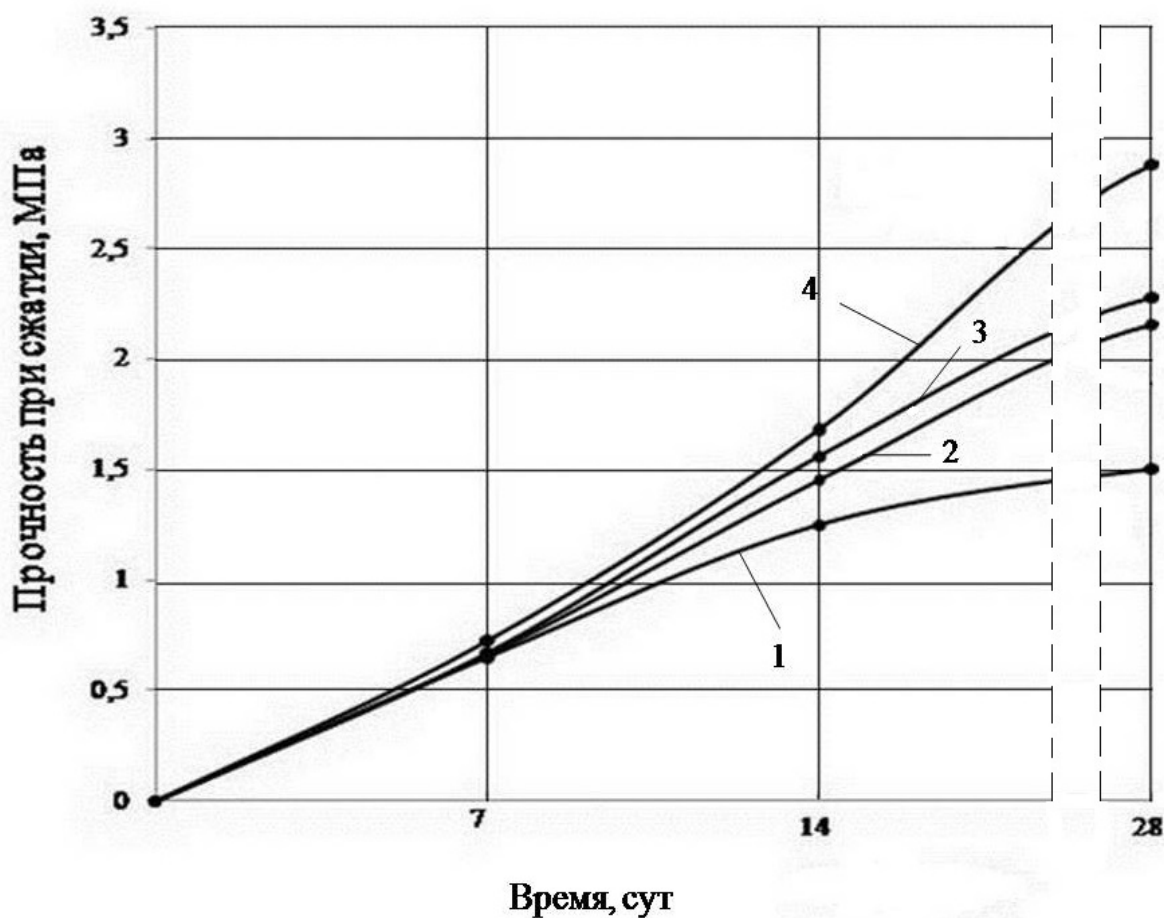


Рисунок 4.3 – Кинетика набора прочности известковых композитов с добавкой на основе синтетического цеолита:

- 1 – контрольный;
- 2 – содержание добавки 1%;
- 3 – содержание добавки 3%;
- 4 – содержание добавки 10%.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что введение метакеолинита 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.

Однако, приготовление метакеолинита (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 ($d=1,926$; $d=1,91$; $d=2,287$) (рисунок 4.4) [18, 24, 48, 77, 79, 107, 125, 162, 163].

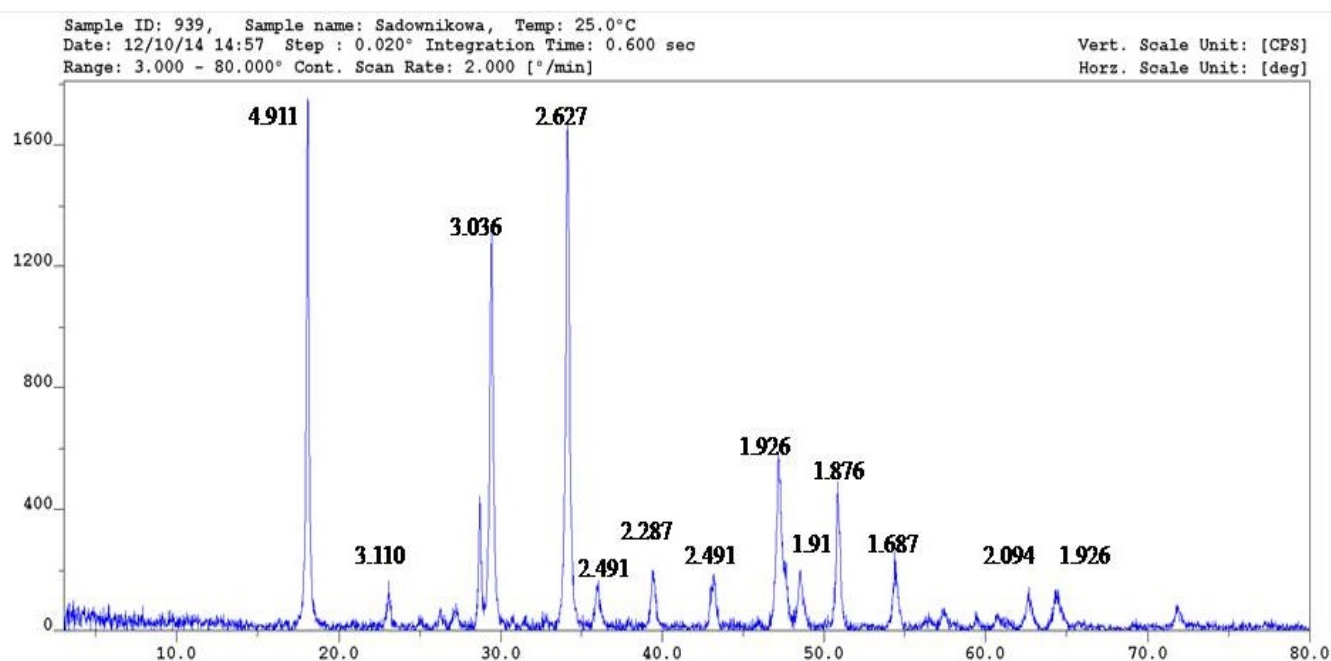


Рисунок 4.4. – Рентгенограмма известкового композита в присутствии добавки на основе синтетического цеолита

Проводился термодинамический анализ возможных реакций [48,124,131]. Результаты расчетов термодинамических параметров представлены в таблице 4.2.

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].

Таблица 4.2 – 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	$2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}^* \cdot 2\text{H}_2\text{O} =$ $= 2\text{CaNaHSiO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2$

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 % .

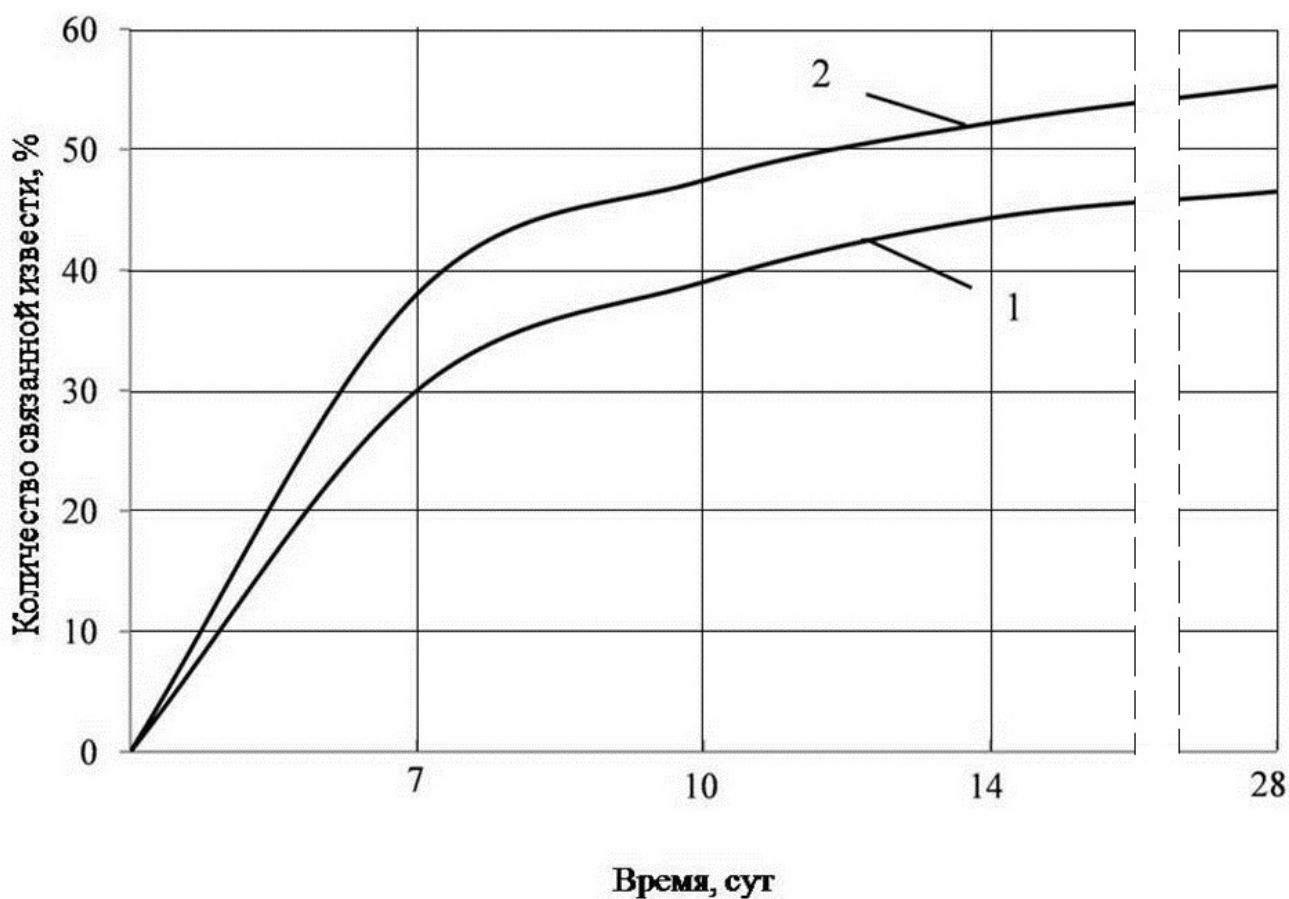


Рисунок 4.5 – Изменение количества связанной извести в процессе твердения:

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:

$$n = \frac{V_{\text{мат}}}{V_{\text{шара}}}, \quad (4.1)$$

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

Тогда число частиц извести равно:

$$n_{\text{и}} = \frac{6m_{\text{и}}}{\rho_{\text{и}}\pi d_{\text{и}}^3}, \quad (4.2)$$

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

а число частиц добавки:

$$n_{\text{з}} = \frac{6m_{\text{з}}}{\rho_{\text{з}}\pi d_{\text{з}}^3}, \quad (4.3)$$

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

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

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

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

Соотношение C между частицами добавки и извести равно:

$$C = \frac{n_{\text{з}}}{n_{\text{и}}} = \frac{m_{\text{з}}\rho_{\text{и}}d_{\text{и}}^3}{m_{\text{и}}\rho_{\text{з}}d_{\text{з}}^3}, \quad (4.4)$$

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

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.

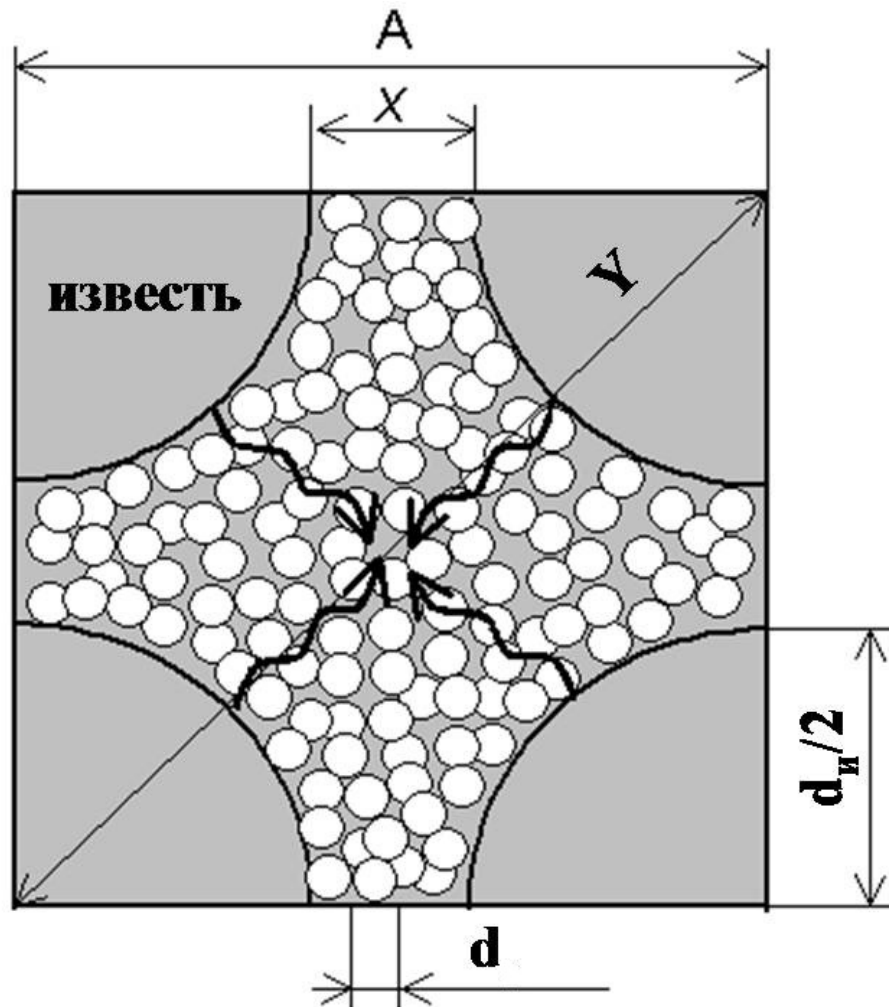


Рисунок 4.6 – Идеализированные топологии структуры известкового отделочного покрытия

Полный объем элементарной ячейки складывается из одной частицы извести и суммарного объема частиц добавки, уложенных с той или иной степенью упаковки $K_{уп}$ (рисунок 4.6).

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

$$V_{я} = A^3 = \frac{\pi d_i^3}{6} + \frac{\pi d_3^3}{6} \cdot K_{уп} n_3. \quad (45)$$

Откуда

$$A = \sqrt[3]{\frac{\pi}{6} (d_i^3 + d_3^3 K_{уп} n_3)}, \quad (46)$$

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

Для принятых характеристик извести и добавки, вычисленного значения A 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:

$$X = A - d \quad (4.7)$$

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

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:

$$Y = \sqrt{2}A - d, \quad (4.8)$$

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

Для составов 1:0,1 значение Y соответственно равно $2,895 \cdot 10^{-6}$ м.

Расстояние между поверхностями частиц Z по диагонали куба равно

$$Z = \sqrt{3}A - d, \quad (4.9)$$

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

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.

4.2 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. В таблице 4.1 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 таблице 4.3 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].

Таблица 4.3 – 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 4.4 – 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 рисунках 4.7-4.9 представлены графики изменения насыпной плотности песка при различном сочетании двух фракций.

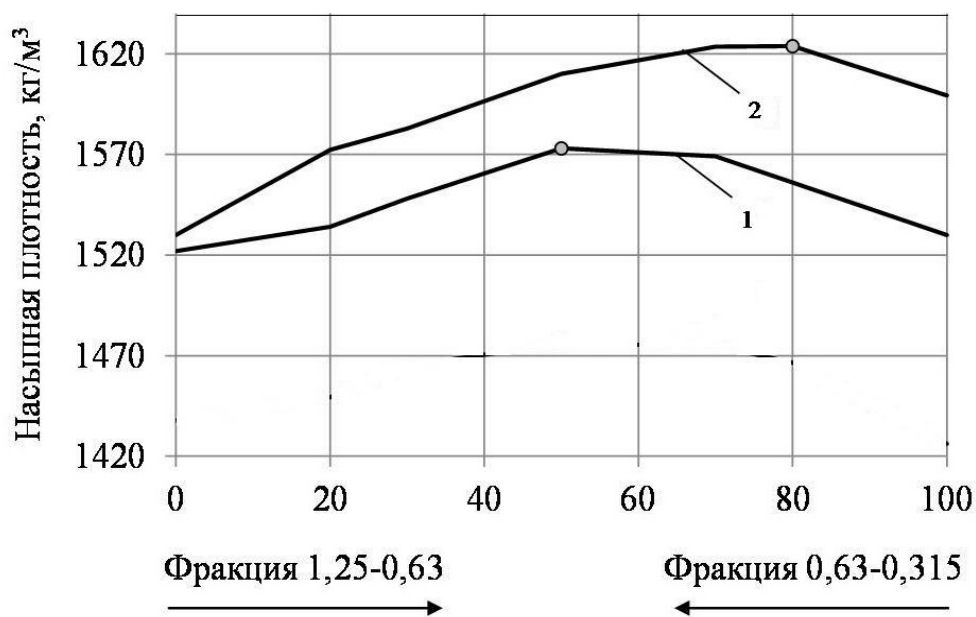


Рисунок 4.7 – Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 1,25-0,63 : 0,63-0,315:

- 1 – Ухтинское месторождение;
- 2 – Чадаевское месторождение

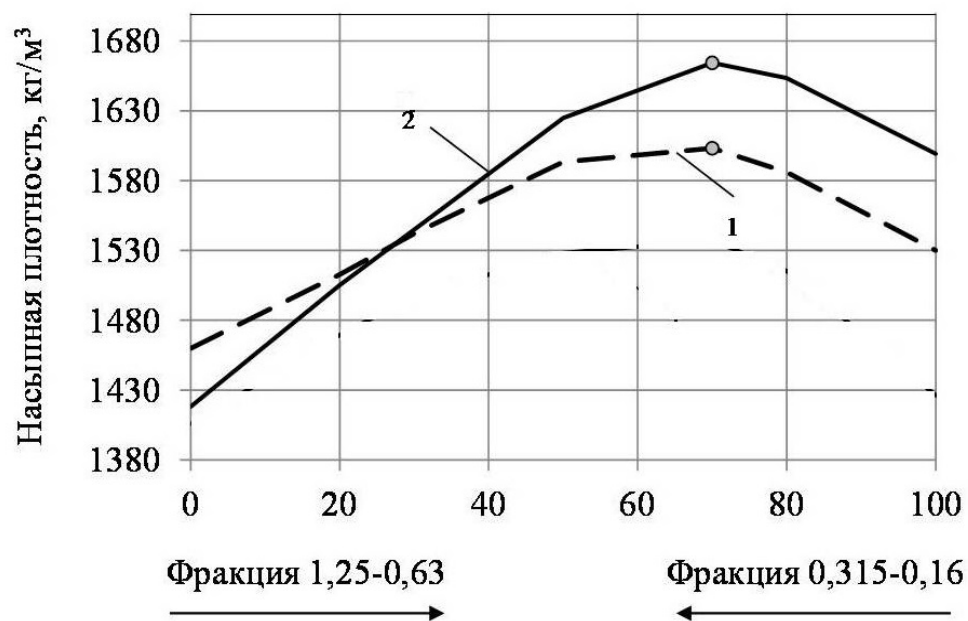


Рисунок 4.8 – Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 1,25-0,63 : 0,315-0,16:

- 1 – Ухтинское месторождение;
- 2 – Чадаевское месторождение

Оптимальное соотношение фракций для песка Чадаевского 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 $\rho_{нас}=1603$ 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 (таблица 4.1). 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 $\rho_{нас}=1527$ кг/м³.

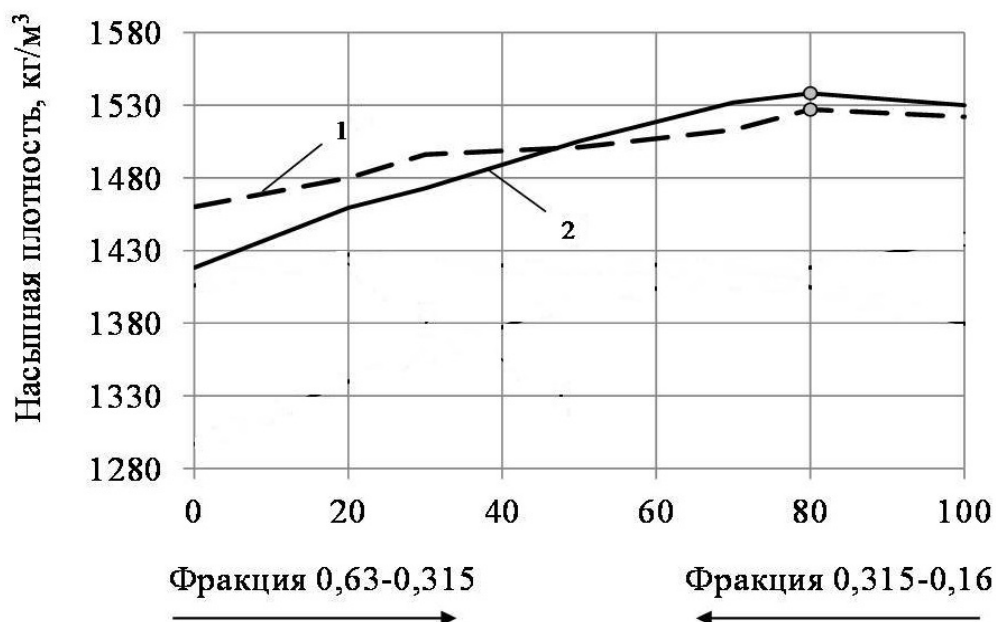


Рисунок 4.9 – Зависимость изменения насыпной плотности песка от соотношения фракций 0,63-0,315 : 0,315-0,16:

- 1 – Ухтинское месторождение;
- 2 – Чадаевское месторождение.

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 %.

4.3 Кинетика твердения известковых композитов

На рисунке 4.10 представлена графическая зависимость кинетики набора прочности известковых растворов с добавкой на основе синтетического цеолита.

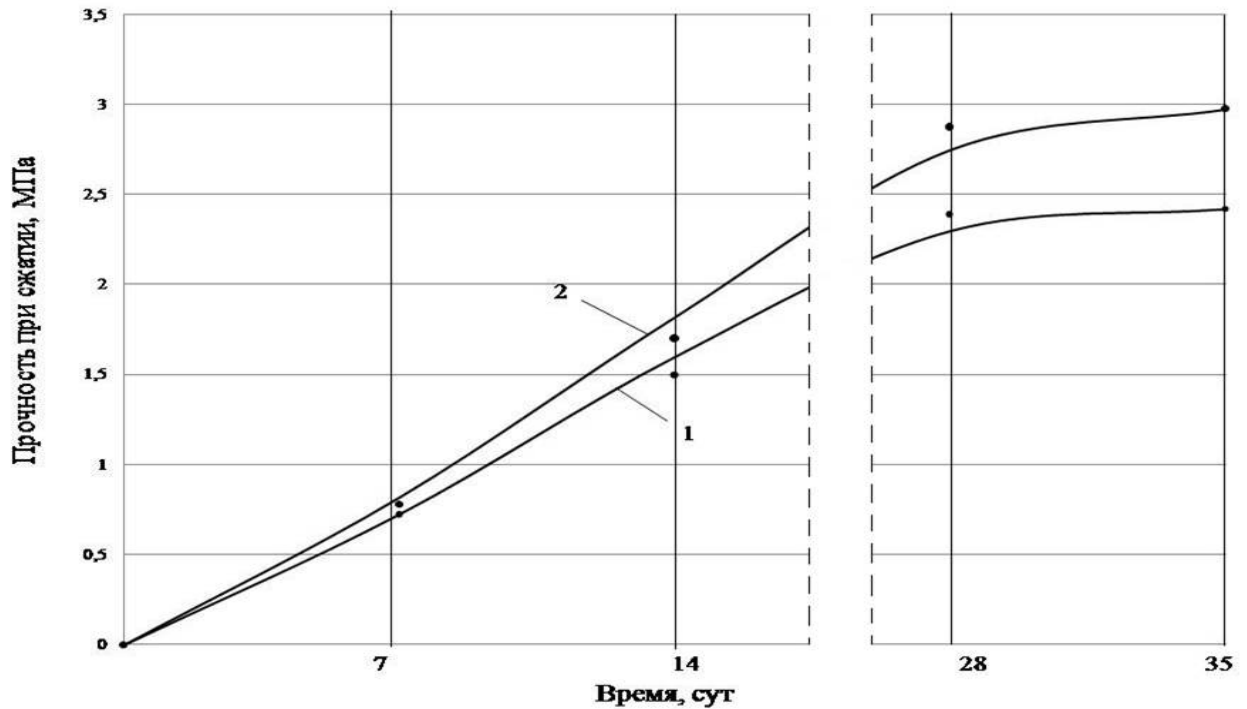


Рисунок 4.10 – Кинетика набора прочности:

- 1 – известь: песок: добавка на основе синтетического цеолита;
- 2 – известь: добавка на основе синтетического цеолита

Кривые, представленные на рисунке 4.10, описываются уравнением вида [150]:

$$y = ae^{bx} \quad (4.1)$$

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 таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Значения констант уравнения кинетики набора прочности

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

На рисунке 4.11 приведены кривые кинетики набора прочности известковых композитов с добавками пластификаторами Кратасол-ПФМ и редуцируемым порошком Neolit-4400, В/И=1,25.

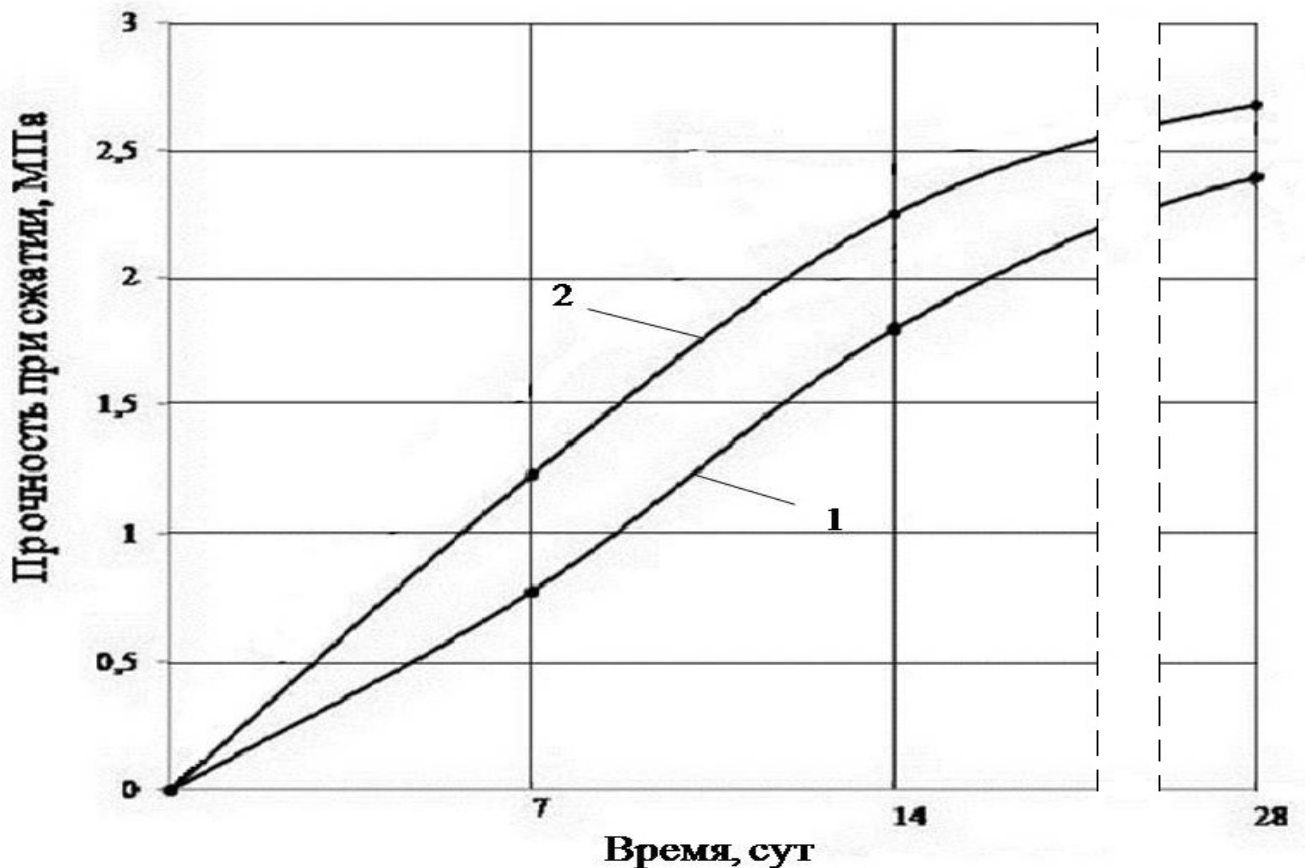


Рисунок 4.11 – Кинетика набора прочности образцов с применением добавки на основе синтетического цеолита:

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.

4.4. Реологические и технологические свойства известковых систем

На рисунке 4.12 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.

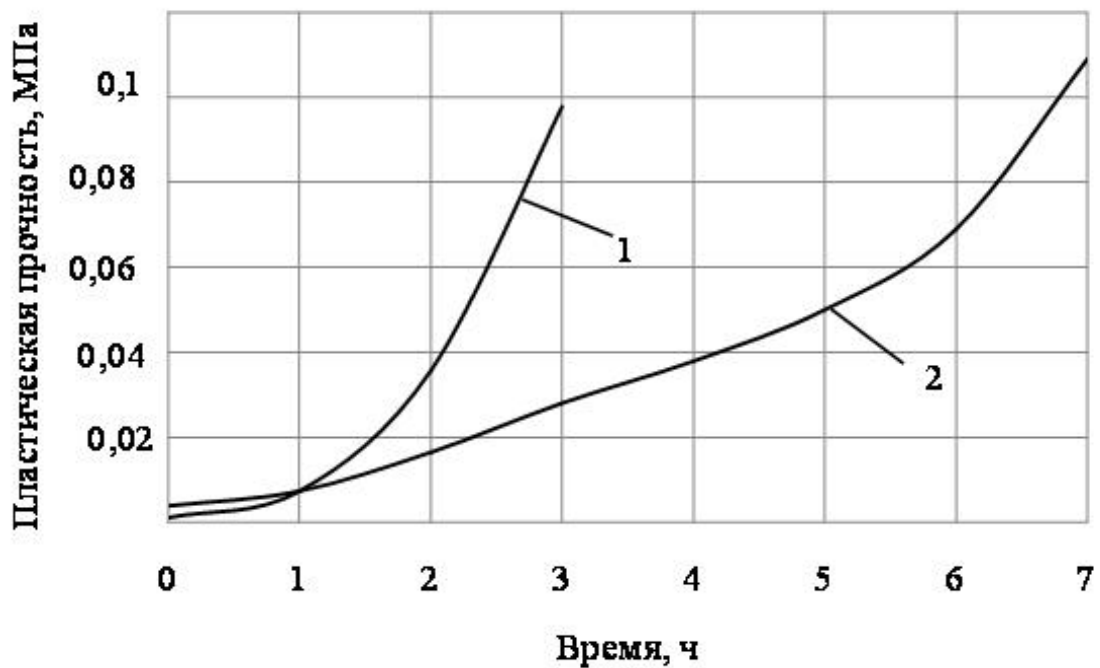


Рисунок 4.12 – Изменение пластической прочности известкового теста при введении добавки на основе синтетического цеолита и диатомита:

- 1 – содержание диатомита 10 % от массы извести;
- 2 – содержание добавки на основе синтетического цеолита 10 % от массы извести

Анализ пластограмм (рисунок 4.12) 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 (рисунок 4.12, кривая 2), а при применении диатомита – 0,0382 МПа (рисунок 4.12, кривая 1).

Обжиг добавки при температуре 500°С способствует повышению ее активности, в результате чего наблюдается ускорение процесса структурообразования известкового теста (рисунок 4.13, 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(рисунок 4.13, кривая 4, 5).

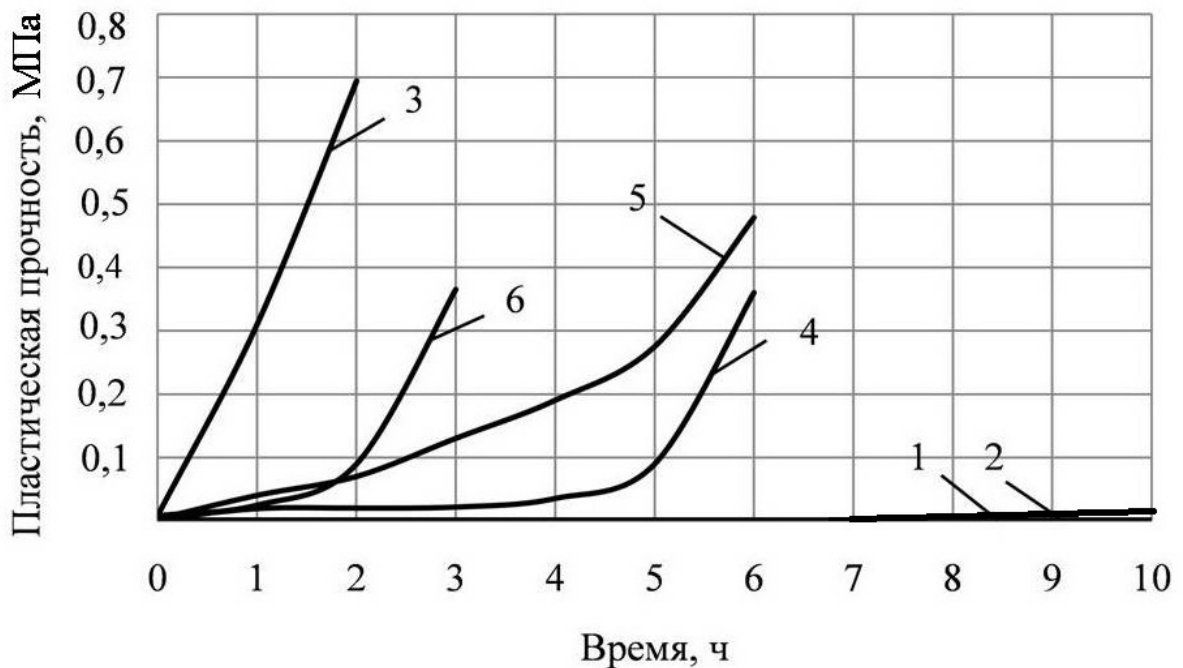


Рисунок 4.13 – Изменение пластической прочности известкового теста при введении добавки метакаолинита и добавки на основе синтетического цеолита:

- 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°С);

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 (рисунок 4.13, кривая 6). Добавка метакаолинита при содержании 1-3 % от массы извести не вызывает раннего структурообразования (рисунок 4.13, 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 (рисунок 4.13, 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 (рисунок 4.13, 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 (рисунок 4.14) 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 (рисунок 4.14, кривая 4), а при добавлении Sika 3180 в количестве 1 % от массы извести – $\tau = 0,00081$ МПа (рисунок 4.14, 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.

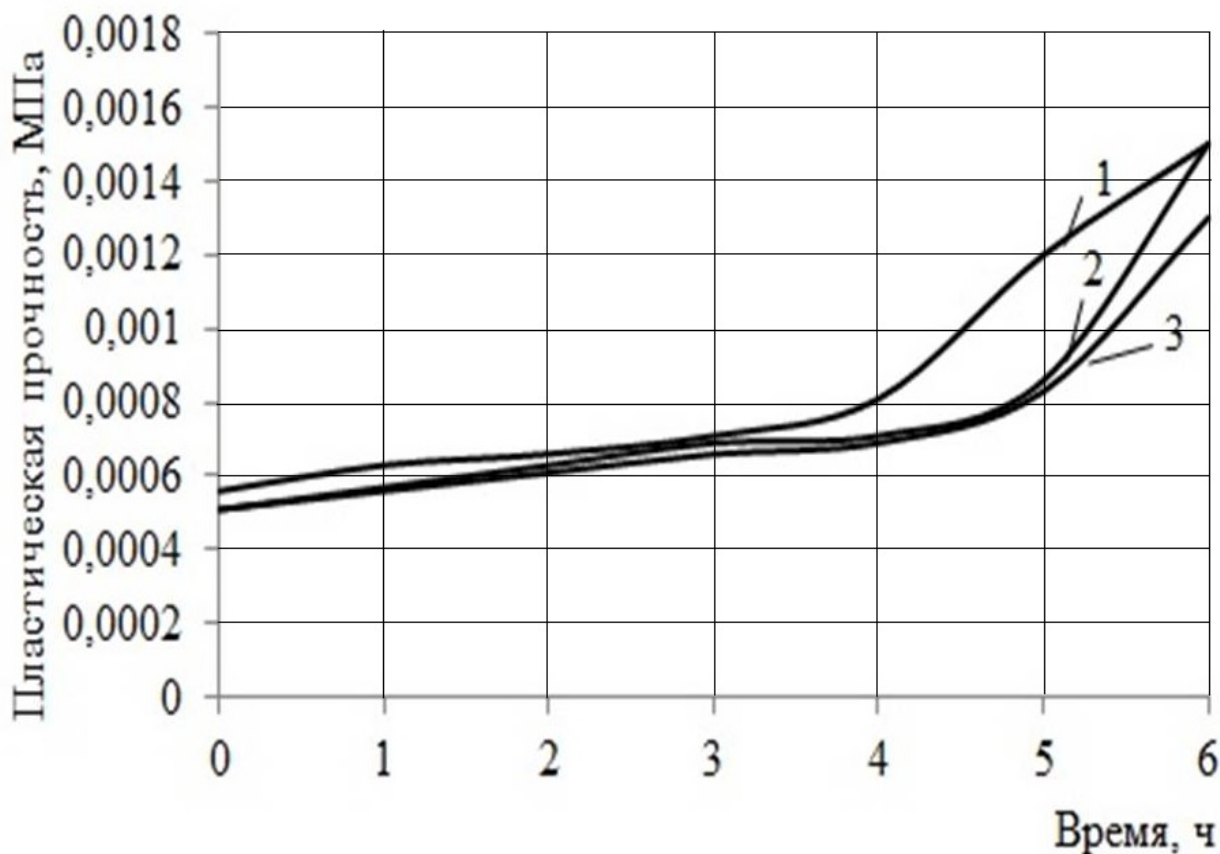


Рисунок 4.14 – Кинетика пластической прочности растворной смеси:

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.

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

Выводы по главе 4

1. Установлены закономерности твердения известково-песчаных растворов с добавкой на основе синтетического цеолита. Подобрана оптимальная концентрация добавки, составляющая 10 % от массы извести. Показано, что введение в известково-песчаный состав добавки на основе синтетического цеолита способствует повышению прочности при сжатии образцов в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения в 1,9 раз. Разработана модель твердения известково-песчаных растворов с добавкой на основе синтетического цеолита.

2. Методом РФА, термодинамических расчетов выявлено, что известковые образцы с добавкой на основе синтетического цеолита характеризуются наличием кальцита, минералов группы цеолитов, гидросиликатов кальция-натрия, портландита. Выявлено увеличение количества химически связанной извести на 8,78 %.

3. Установлены 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.

Глава 5. Эксплуатационная стойкость отделочного слоя на основе сухой строительной смеси

5.1 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 (рисунок 5.1-5.5).



Рисунок 5.1 – Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после первого года эксплуатации покрытия



Рисунок 5.2 – Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после первого года эксплуатации покрытия



Рисунок 5.3 – Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия

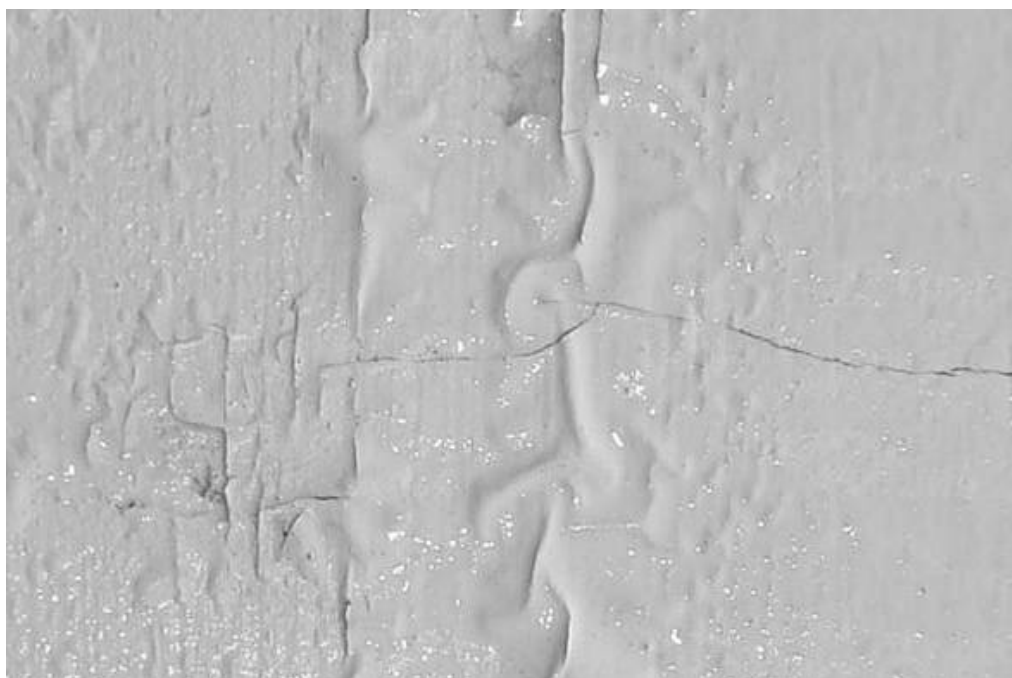


Рисунок 5.4 - Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия

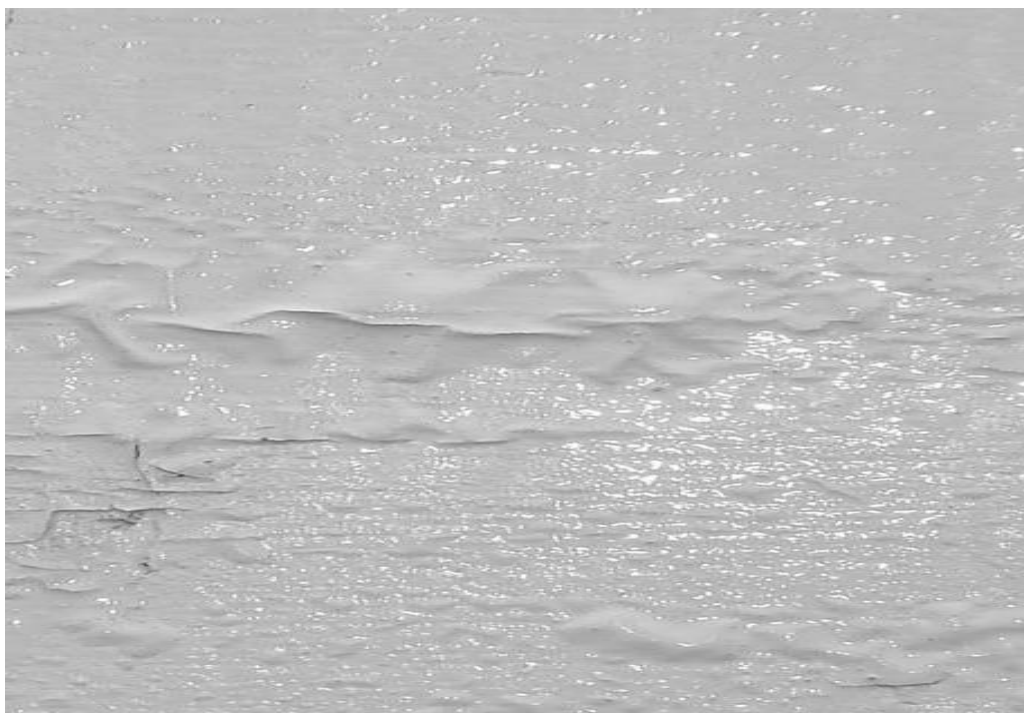


Рисунок 5.5 – Фотография фасада здания по улице Циолковского, г. Пенза, после трех лет эксплуатации покрытия

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 таблице 5.1.

Т а б л и ц а 5.1 – 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]:

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

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. На рисунке 5.6 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 $\epsilon = 0,0281\%$, а спустя 90 суток значение усадочных деформаций составило $\epsilon = 0,035\%$ (рисунок 5.6).

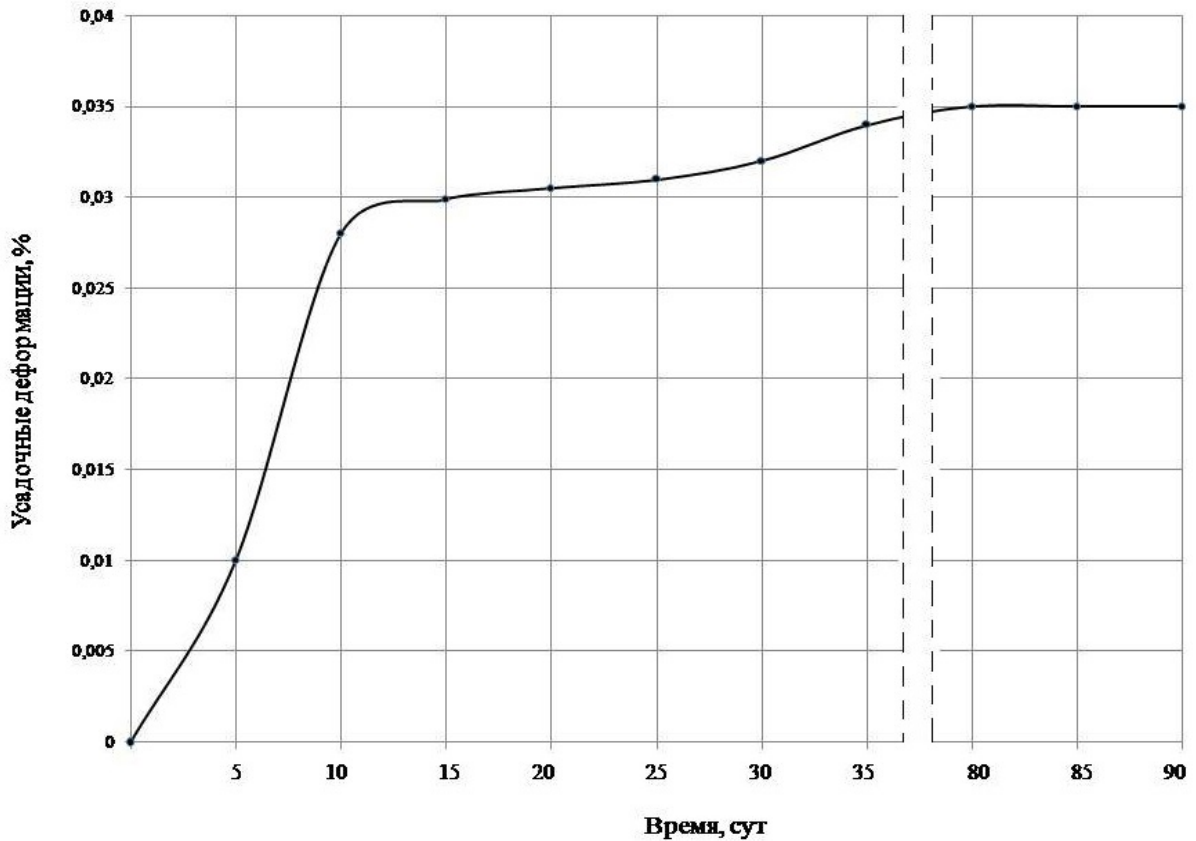


Рисунок 5.6 – Изменения усуточных деформаций в процессе твердения

Наиболее интенсивный рост усуточных 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. Результаты экспериментов представлены на рисунке 5.7.

Полученные результаты (рисунок 5.7) 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.

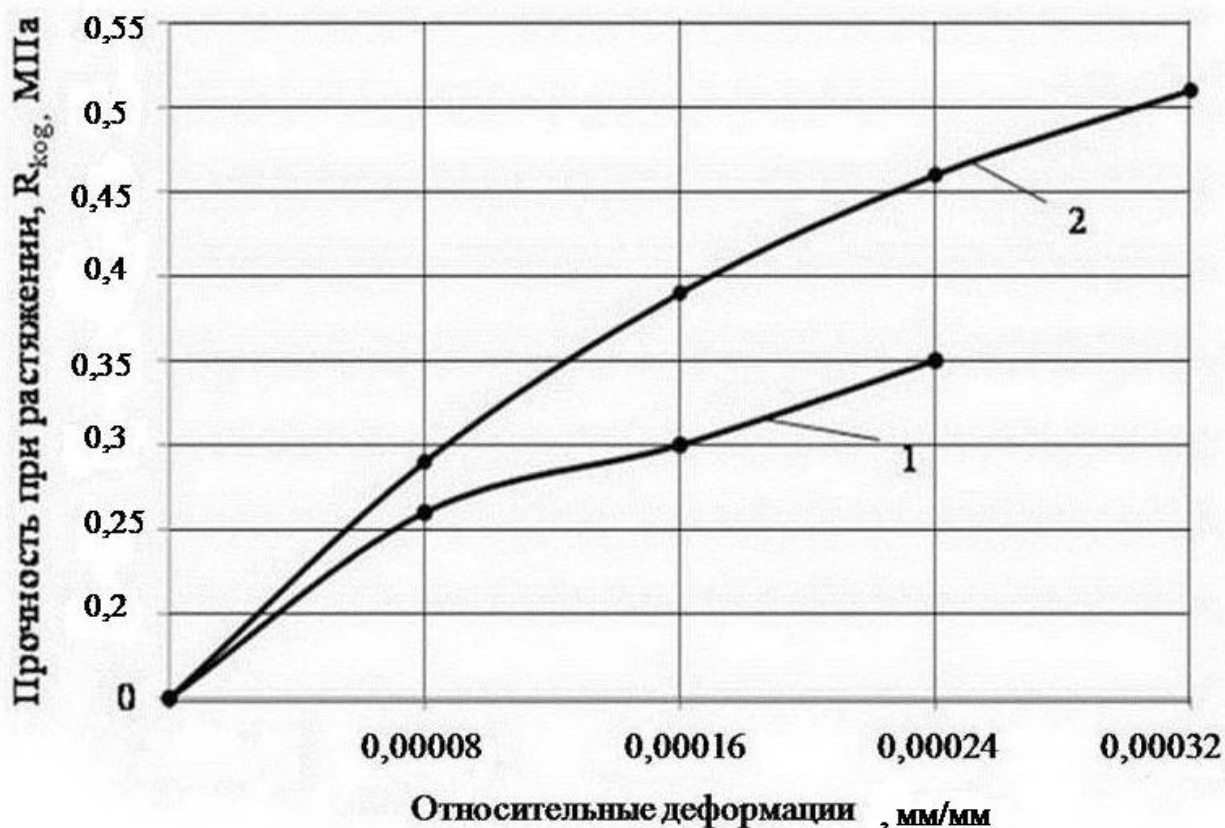


Рисунок 5.7 – Изменение относительных деформаций при растяжении известковых покрытий:

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.:

$$\sigma = R_{kog} \quad (5.2)$$

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 $\text{КЛТР}=8,6\cdot 10^{-6}$, для пенополистирола $\text{КЛТР}=7,0\cdot 10^{-6}$. 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 рисунке 5.8.

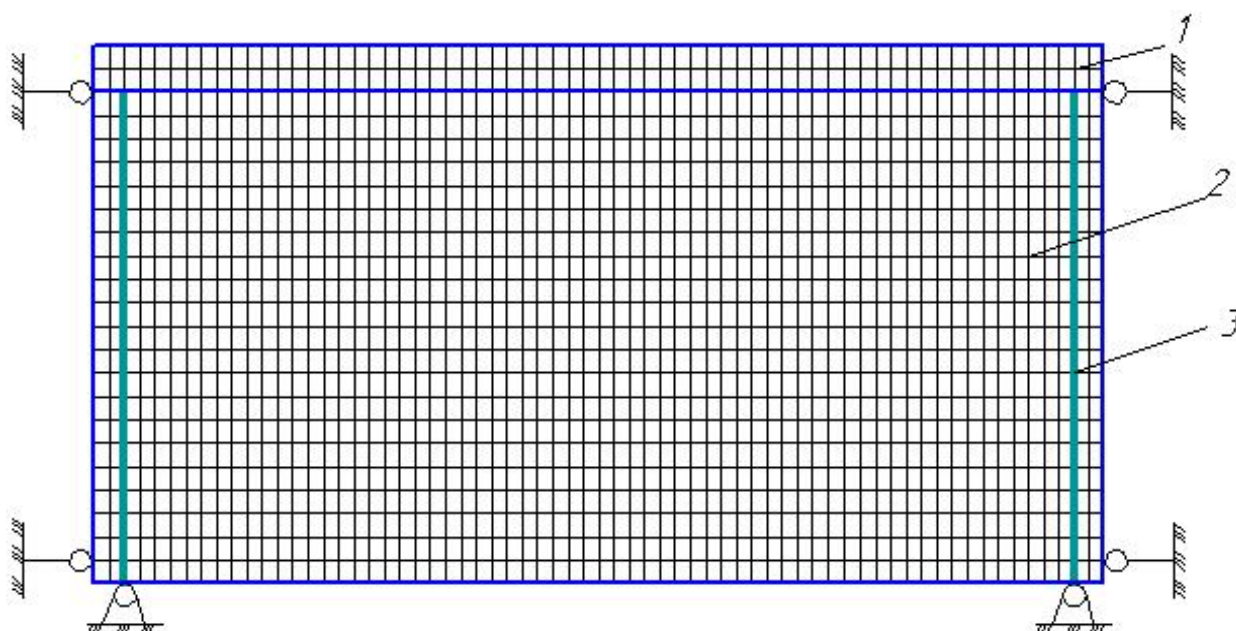


Рисунок 5.8 – Расчетная схема:

- 1 – декоративный отделочный слой;
- 2 – утеплитель;
- 3 – анкера

На рисунке 5.9 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 0,101-0,1098МПа, наблюдаются в зоне расположения анкеров.

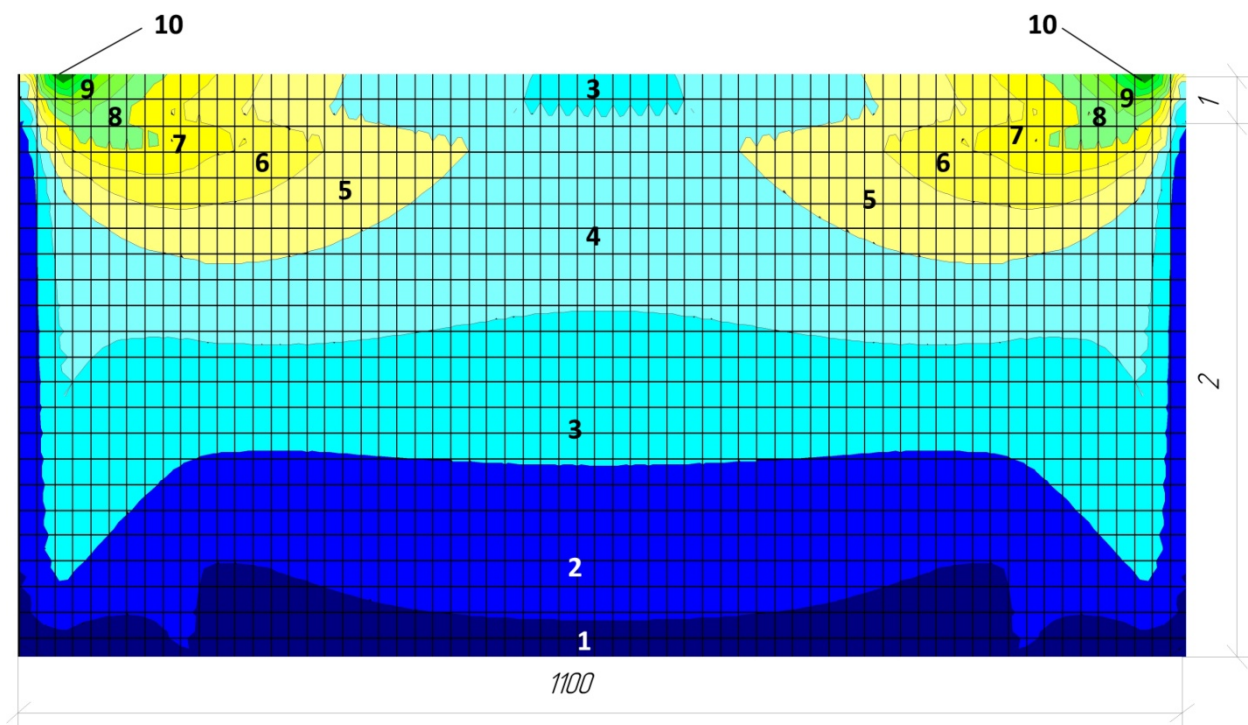


Рисунок 5.9 – Распределение концентрации напряжений по оси x:

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.

На рисунке 5.10 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 $\sigma_x = 0,0385$ МПа, г. Москвы $\sigma_x = 0,0503$ МПа, г. Новосибирска $\sigma_x = 0,061$ МПа.

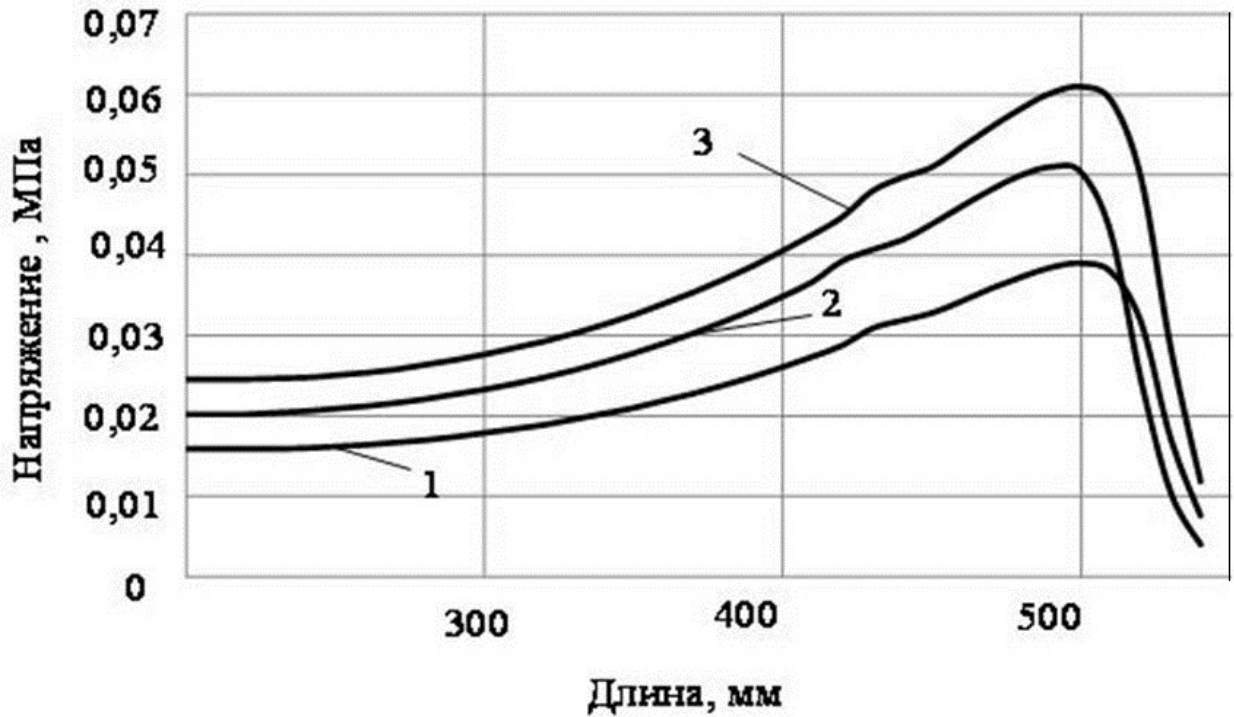


Рисунок 5.10 – Зависимость растягивающих напряжений σ_x от протяженности контакта в апреле:

- 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.

Таблица 5.2 – Деформативные свойства отделочного слоя

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

$$K_{тр} = R_{изг} / R_{сж} \quad (5.1)$$

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.

5.2 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 отделываемых элементов [41, 112]. Это показатель, зависящий от рецептуры отделочной композиции, вида и состояния подложки, технологии нанесения и условий формирования покрытий.

Адгезионная прочность суммируется из:

$$R_{адг} = R_1 + R_2, \quad (5.2)$$

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].

Был установлен адгезионный характер отрыва покрытий (рисунок 5.11).



Рисунок 5.11 – Адгезионный характер отрыва

Анализ экспериментальных данных, приведенных в таблице 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.

Таблица 5.3 – 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 рисунке 5.12, оценивались касательные напряжения в покрытии. Установлено, максимальные касательные напряжения наблюдаются в концевой зоне покрытия. На рисунке 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 рисунке 5.13 приведено распределение максимальных значений касательных напряжений σ_{xy} в течение года для различных климатических зон.

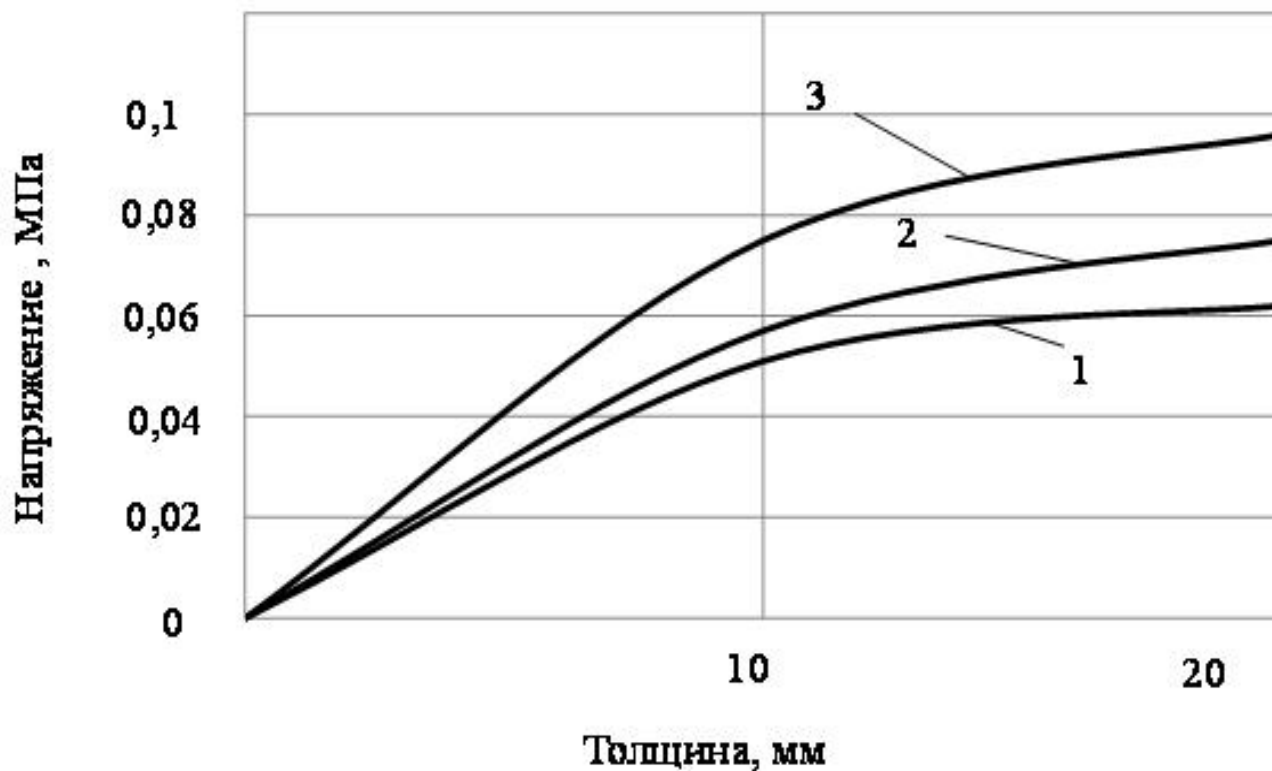


Рисунок 5.12 – Зависимость касательных напряжений σ_{xy} от толщины отделочного слоя в апреле месяце:

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

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.

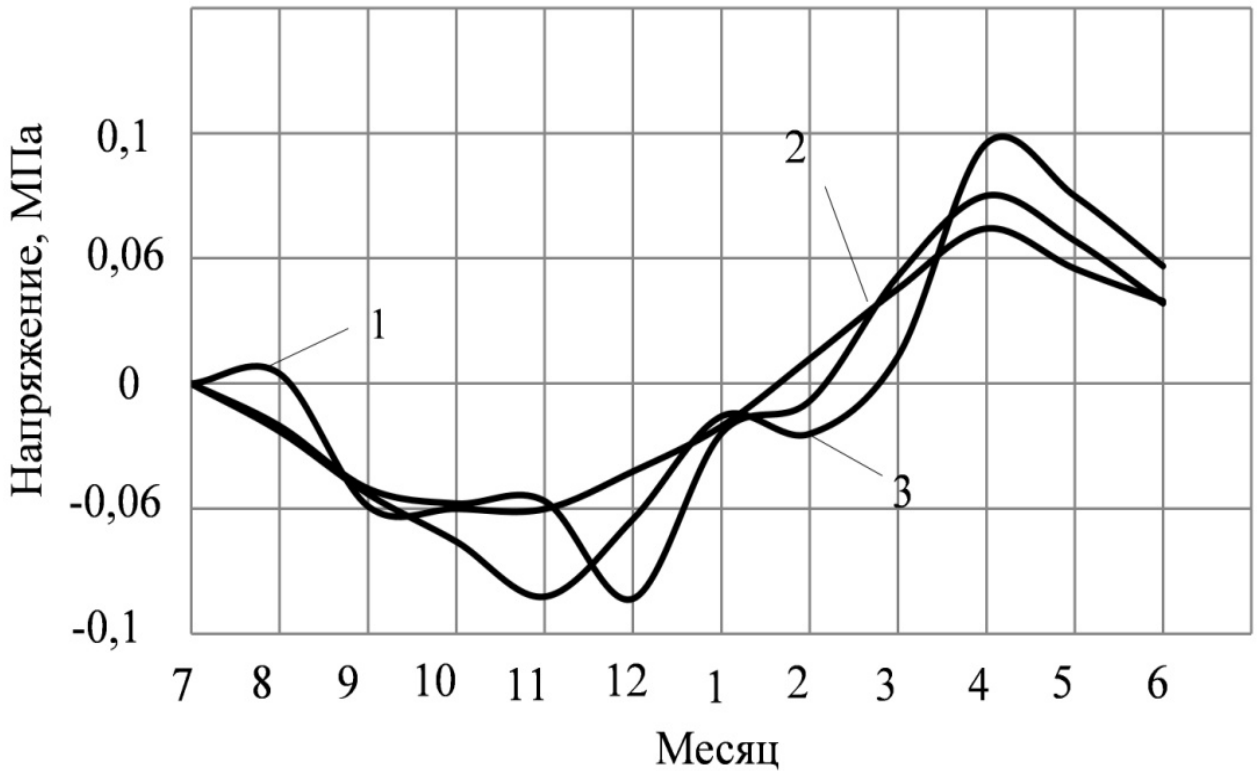


Рисунок 5.13 – Изменение касательных напряжений σ_{xy} :

1 – г. Краснодар,

2 – г. Москва,

3 – г. Новосибирск

На рисунке 5.14 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.

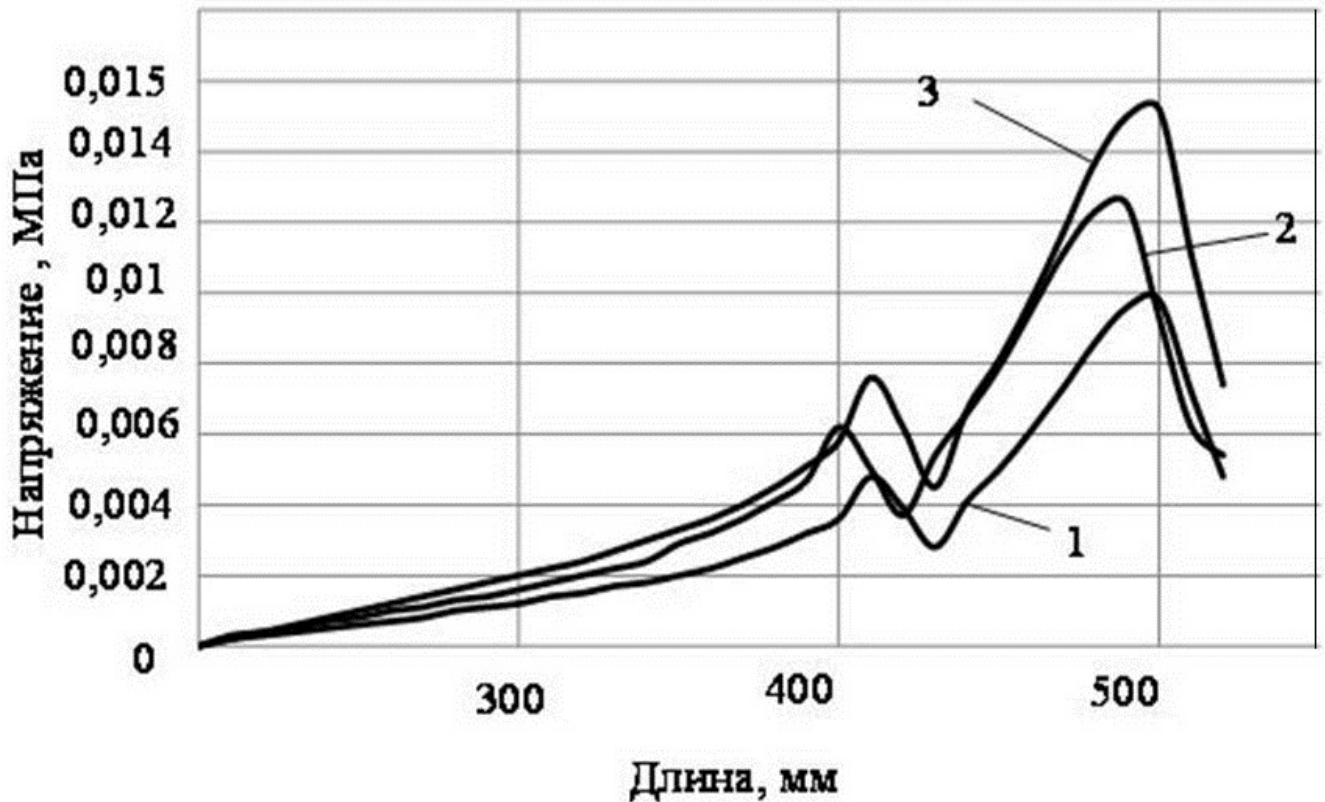


Рис. 5.14 – Зависимость касательных напряжений σ_{xy} от протяженности контакта отделочного слоя в апреле:

- 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.

5.3 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-влажной 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 предлагаемого 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 (рисунок 5.15). В первый момент увлажнения (4 часа) зависимость влагосодержания от времени увлажнения описывается квадратичной параболой по формуле:

$$W_m = f(\sqrt{\tau}). \quad (5.4)$$

Водопоглощение W_m образцов покрытия на основе контрольного состава (рисунок 5.15, кривая 1) после 4 часов водонасыщения составило $W_m = 13,01$ %, а при введении в его рецептуру добавки на основе синтетического цеолита – $W_m = 10,12$ % (рисунок 5.15, 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 – $W_m = 10,45$ % (рисунок 5.15).

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].

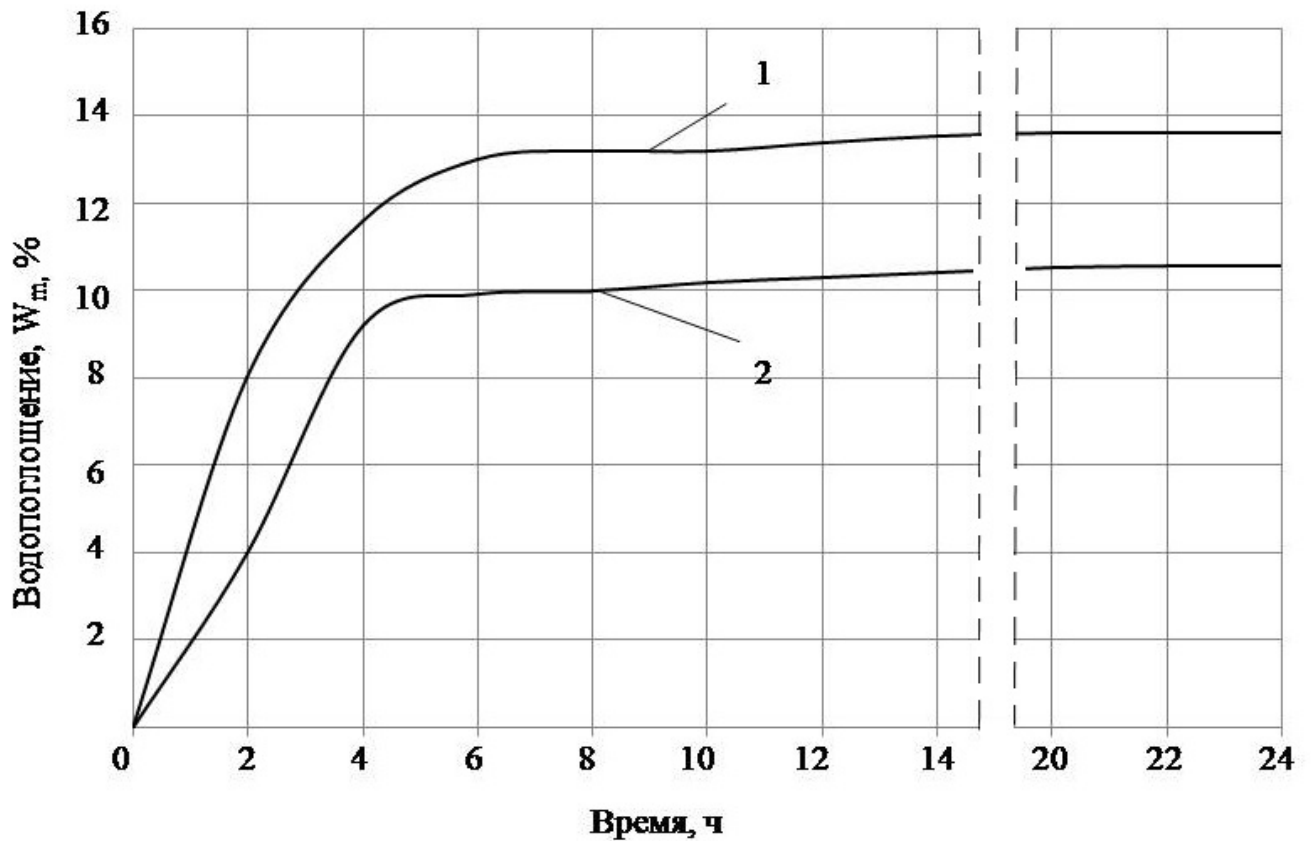


Рисунок 5.15 – Кинетика водопоглощения по массе известково-песчаных образцов с использованием ухтинского песка:

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 (таблица 5.4). 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 $K_p = 0,68-0,71$.

Таблица 5.4 – Показатели пористости и гидрофизических свойств покрытий на основе ССС

№	Состав	Пористость, % $P_{общ}$	Водопоглощение, W_m , %	Значение коэффициента диффузии влаги, $D \times 10^{-9}$, м ² /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.

В таблице 5.5 приведены экспериментальные данные по определению паропроницаемости отделочных покрытий на основе контрольного состава и состава с применением добавки на основе синтетического цеолита.

Таблица 5.5 – Паропроницаемость отделочных покрытий

№ состава	Толщина отделочного слоя, δ , м	Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/м·ч·Па	Сопротивление паропроницанию, R_n , м ² ·ч·Па/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.

5.4 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. 5.11) [8].

В связи с чем, 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. (таблица 5.6). 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

Таблица 5.6 – 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

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%.



Рисунок 5.16 – Влияние содержания пигмента на цвет декоративного отделочного покрытия

На рисунке 5.16 наглядно проиллюстрирована зависимость интенсивности окраски сухой смеси от концентрации пигмента.

5.5 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 таблицами 5.7 и 5.8.

Таблица 5.7 – 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		
V	До 20	Незначительное	Незначительное		Незначительное
II	До 50	Значительное	Значительная	Значительная. Пятна местами	Значительная
I	До 80	Сильное	Сильная	Сильная. Пятна по всей поверхности	Сильное
	Свыше 80	Полная потеря основного цвета	Сильная	Сильная. Пятна по всей поверхности	Сильное

Таблица 5.8 – 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	Отсутст-	Трещины или	Отсутствие		

		вие	поверхностные сетки, видимые невооруженным глазом, до 5% поверхности			
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 таблице 5.9 приведена оценка устойчивости декоративного вида покрытия и оценка защитных свойств в процесс замораживания-оттаивания.

Таблица 5.9 – 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 5.10 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].

Таблица 5.10 – Технологические и эксплуатационные свойства отделочных составов

Наименование показателя	Величина показателя отделочных составов	
	разработанного	прототипа
Средняя плотность ССС, ρ_{cp} , 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].

5.6 Опытно-производственное опробование. Разработка нормативных документов

5.6.1 Технология приготовления известково-песчаных отделочных составов

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 высушенный 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 постанковка 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, исключая 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 соответствии 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.

5.6.2 Техничко-экономические показатели производства сухой строительной смеси

В таблице 5.11 представлена калькуляция себестоимости изготовления разработанных ССС по предлагаемой технологии. Стоимость материалов, используемых при производстве ССС, принята по реальным ценам 2014 года [110].

Таблица 5.11 – Калькуляция себестоимости ССС

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб	с кварцевым песком и пигментом	
				Норма расхода на калькуляционную единицу	Заграты на калькуляционную единицу, руб
1	2	3	4	5	6
1	Сырье и материалы:				
	Известь	т	3500	0,19300	675,5
	Песок	т	200	0,77201	154,40
	Сульфат алюминия	т	135	0,02116	2,86
	Жидкое стекло	т	80000	0,00007	5,6
	Пластифицирующая добавка	т	48000	0,00193	92,64
	Полимерная добавка	т	200000	0,00990	1980
	Пигмент	т	348630	0,00193	672,85
	Итого:	руб			3583,9
	Вспомогательные материалы	руб			33,43
2	Амортизация основного оборудования	руб			80,00

Окончание таблицы 5.11

	2	3	4	9	10
3	Аренда помещения	руб/м ² ·ч	447,92	0,46ч	206,04
4	Электроэнергия на технологические цели	кВт/ч	2,6	24,88	64,69
5	Основная заработная плата производственных рабочих	руб/ч	598,96	0,46ч	275,52
	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	руб/ч	179,69	0,46ч	82,66
6	Отчисления на социальное страхование	руб/ч	180,89	0,46ч	83,21
	Заводская себестоимость 1т	руб			4409,5
	Заводская себестоимость 1кг	руб			4,41

Выводы по главе 5

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Рекомендации. Проект стандарта организации СТО «Смеси сухие строительные. Технические условия», а также рецептуру и технологию изготовления известковых ССС с добавкой на основе синтетического цеолита рекомендуется внедрить на предприятиях по производству ССС. Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований рекомендуются для использования в учебном процессе для подготовки бакалавров по направлению «Строительство».

Перспективы дальнейшей разработки темы. Положения и выводы, изложенные в диссертации, могут представлять методологическую основу для продолжения исследования.

Список литературы

1. Андреева, А.Б. Пластифицирующие и гидрофобизирующие добавки в растворах и бетонах / А.Б. Андреева – М.: Высшая школа, 1988. – 214 с.
2. Аппен, А.А. Химия стекла / А.А. Аппен – Л.: Изд-во «Химия» Ленинградское отделение, 1974. – 352 с.
3. Бабушкин, В.И. Термодинамика силикатов / 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 / 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 / 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 / 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 / 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 / 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) / В.С. Бирюков, В.Г. Боков, Н.Ф. Габак // М.: ВИЭМС, 1994. – 143 с.
10. Бойтон, Р.С. Химия и технология извести / Р.С. Бойтон; пер. с англ. // М.: Стройиздат, 1972. – 239 с.
11. Большаков, Э.Л. Сухие смеси для отделочных работ / Э.Л. Большаков // Строительные материалы. – 1997. – №7. – С. 8-9.

12. Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита / Д. Брек // М.: Мир, 1970. – 328 с.
13. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров // М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
14. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства) / 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 / В.А. Волков, Е.В. Вонский, Г.И. Кузнецова // М.: ВШ, 1991. – 656 с.
16. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов // СПб.: Лань, 2008. – 336 с.
17. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин // М.: Мир, 1973. – 280 с.
18. Годовиков, А.А. Минералогия / А.А. Годовиков // М.: Недра, 1983. – 647 с.
19. Голубев, В.И. Новые продукты на рынке добавок для сухих строительных смесей и бетонов / В.И. Голубев, П.Г. Василик // Строительные материалы. – 2006. – № 3. – С. 24-25.
20. Гонтарь, Ю.В. Модифицированные сухие смеси для отделочных работ / 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 / С.Ю. Горегляд // Строительные материалы. – 2001. – № 8. – С. 28-29.
22. Горчаков, Г.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов / Г.И. Горчаков, Л.П. Орендлихер, В.И. Савин, В.В. Воронин, Л.А. Алимов, И.П. Новикова // М.: Стройиздат, 1976. – 146 с.
23. Горчаков, Г.И. Трещиностойкость и водостойкость легких бетонов / 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: справочное пособие / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.В. Абакумов // М.: Стройиздат, 1995. – 584 с.
25. Горшков, В.С. Термография строительных материалов / В.С. Горшков // М.: Стройиздат, 1968. – 237 с.
26. Грушичева, Е.А. Неорганические сорбенты: сорбционные свойства природных силикатов / Е.А. Грушичева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2006. – № 6. – С. 922-927.
27. ГОСТ 6992-68 Шпатлевки. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 14 с.
28. ГОСТ 15140-78* Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. – 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. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 10с.
30. ГОСТ 19007-73* (СТ СЭВ 1442-78) Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
31. ГОСТ 24816-81 Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 8 с.
32. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 7 с.
33. ГОСТ 29234.12-91 Пески формовочные. Метод определения формы зерен песка. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
34. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные методы испытания. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 17 с.
35. ГОСТ 8433-81 Вещества вспомогательные ОП-7 и ОП-10. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 13 с.
36. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2006. – 26 с.

37. ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия. – 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 / 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 / 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 / Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, В. П. Смилга // М.: Наука, 1973. – 279 с.
42. Дистанов, У.Г. Минеральное сырье. Сорбенты природные / У.Г. Дистанов, Т.П. Конюхова // М.: Геоинформмарк, 1999. – 42 с.
43. Дружинкин С.В. Сухие строительные смеси на основе цеолитсодержащих пород: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05: защищена 26.04.10– Красноярск, 2010. – 169 с.
44. Елисеева И.С. Становление и развитие производства синтетических цеолитов: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.13: защищена 3.07.2003 – Уфа, 2003 – 153 с.
45. Жегера, К.В. Свойства цементных сухих строительных смесей при введении в их рецептуру синтезированных алюмосиликатов / К.В. Жегера // Молодой ученый. – 2014. – №3. – С. 278-280.
46. Жегера, К.В. Добавка на основе синтезированных алюмосиликатов в составе плиточного клея / 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 / Н.Н. Завражин, Г.В. Северинова, Ю.Е. Громов // М.: Стройиздат, 1987. – 310 с.
48. Зевин, Л.С. Рентгеновские методы исследования строительных материалов / 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 / 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 / А. Г. Зоткин // Сухие строительные смеси. – 2009. – № 3. – С. 66-68.
51. Калашников, В.И. Глиношлаковые строительные материалы / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров, В.Л. Хвастунов, П.Г. Комохов, В.И. Соломатов, В.Я. Марусенцев, В.М. Тростянский // Пенза: ПГАСА, 2000. – 207 с.
52. Карапузов, Е.К. Сухие строительные смеси / 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 / 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 / В.В. Козлов // М.: Изд-во АСВ, 2000. – 96 с.
57. Кокин, А.Д. Отделочные работы в строительстве: справочник строителя / А.Д. Кокин, О.С. Вершинина, Т.М. Каптельцева, И.Г. Козин, Л.К. Немцын, Г.В. Шкундов // М.: Стройиздат, 1988. – 656 с.

58. Корнеев, В.И. Словарь "Что" есть "что" в сухих строительных смесях: 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 / В. И. Корнеев [и др.] // СПб.: Квинтет, 2010. – 316 с.
60. Кристаллоструктурные параметры [Электронный ресурс] // WWW Минкрисст. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов. – М., 1997.
61. Курзина, И.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков. Методические 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 / 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-vetonit.ru/>
64. Логанина, В.И. Изменение физико-механических свойств покрытий на основе полимерцементных связующих в процессе старения / 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 / 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: Учебное пособие / В.И. Логанина, В.Р. Гелашвили // Пенза: ПГАСА, 2000. – 96с.
67. Логанина, В.И. Оценка эффективности использования синтезированных алюмосиликатов в цементных системах / 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 / В.И. Логанина, О.А. Давыдова, Е.Е. Симонов// Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 3. – С. 20-23.

69. Логанина, В.И. Свойства известковых композитов с силикатсодержащими наполнителями / 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 / 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 / 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 / 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 / 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: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Макаревич Марина Сергеевна. – Томск, 2005. – 22 с.

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

76. Мюнстер, А. Термодинамика необратимых процессов / А. Мюнстер. пер. с нем. под ред. Я. И. Герасимова // М.: Мир, 1971. – 296 с.

77. Недома, И. Расшифровка рентгенограмм порошков / Под ред. Л.Н. Расторгуева // М.: Металлургия, 1975. – 423с.

78. Овчаренко, Ф. Д. Изучение ионообменной адсорбции бутиламмонийхлорида на катионзамещенных формах монтмориллонита / Ф.Д. Овчаренко, А.И. Жукова, Н.В. Вдовенко, Н.С. Дьяченко, Н.Г. Васильев // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – 1971. – № 3. – С. 8-13.

79. Овчаренко, Г.И. Цеолиты в строительных материалах / 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: Справочное пособие. / Л.П. Орендлихер, В.И. Логанина // М.: Стройиздат. – 1993. – 136с.

81. Пат. 2044689 Российская федерация, С01В33/38 Способ получения алюмосиликата натрия / В.П. Харитонов (RU), Г.Н. Алексеева (RU), А.А. Гнездинов (RU), Н.Ф. Савина (RU), В.М. Ковалев (RU) патентообладатель Пермский завод по синтетическим моющим средствам – 3с.

82. Пат. 2088544 Российская федерация, С04В7/32 Способ утилизации шлака алюминиевого производства / Куценко С.А. (RU), Спиридонов А.А. (RU), Неженцев В.Ю. (RU), Пилюзин В.И. (RU), Бурцева Н.В. (RU), Акимов И.Я. (RU) патентообладатель закрытое акционерное общество «Экопром».

83. Пат. 6872685 США, С01В39/ Композиция аморфного алюмосиликата и способ получения и использования такой композиции / 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, С01В33/26 Способ получения аморфного алюмосиликата / А.А. Меликян (AM), С.А. Меликян (AM), А.А. Меликян (AM), Г.Г. Бабаян (AM), В.М. Сычев (AM) владелец и патентообладатель научно-производственное объединение «Камень и силикат» – 5 с.

85. Пат. 2083493 Российская федерация, С01В39/02 Способ получения цеолита / Л.С. Нам (RU), А.В. Шумовский (RU), С.А. Малютин (RU) патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара – 4с.

86. Пат. 2452688 Российская федерация, С01В39/16 Способ получения цеолита NaA или NaX / Л.К. Казанцева (RU), патентообладатель учреждение Российской академии наук Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева –

4 с.

87. Пат. 2452688 Российская федерация, С01В39/20 Способ получения цеолита NaA или NaX / 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 / 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 / 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 / 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 / И. С. Пышкина // Молодой ученый. – 2014. – №3. – С. 337-339.

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

93. Ребиндер, П.А. О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел / 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 / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский // М.: Наука, 1974. – 560 с.

95. Рейнер, М. Реология / 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 / 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 / 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 / Г.Н. Савилова // Строительные материалы. – 1999. – №11. – С.13-16.

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

93.Северина, Г.В. Прогрессивные направления в производстве сухих строительных смесей / Г.В. Северина, 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 деградиционных функций / В.П. Селяев, Т.А. Низина // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов. Материалы IV международной научно-технической конференции: В 4ч./ ВолгГАСУ. – Волгоград, 2005. – ч2. – С.125-130.

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

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

103. Строкова, В.В. Свойства синтетических нанотубулярных гидросиликатов / 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 / Под ред. В.А. Вознесенского // Киев: Высшая школа, 1983. – 143 с.

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

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

107. Тейлор, Х. Гидросиликаты кальция / Х. Тейлор // V Междунар. конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1973.

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

109. Тихомирова, И.Н. Механоактивация известково-кварцевых вяжущих / 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 / А. А. Троицкий // Электрические станции. Энергопрогресс. – 2005. – №1. – С. 11-16.

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

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

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

114. Хинт, И.А. Производство извести и ее применение при изготовлении известково-песчаных изделий Силикальцит / 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 / Н.С. Царев // Водоочистка. – 2012. – № 9. – С. 37-47.

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

117. Шильд, Е. Строительная физика / 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 / 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 / В.И. Шубин, Л.Н. Грикевич, Л.А. Кройчук // М.: НИИЦемент, 2005. – 52 с.
121. Шумейко, Л.И. Суперпластификаторы и рациональные области их применения / Л.И. Шумейко // Киев: Бетон, цемент, 1979. – 61с.
122. Яковис, Л.М. Многокомпонентные смеси для строительства // 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».
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. Kardashev, 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 Crystallin Polymers / Eds. D. Acierno, A.A. Collyer // Publ. Chapman and Hall. – London, 1996.
142. Praktische Rhejlogie 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'étatfloculent 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 hydratation 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

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
Ремонтно-строительное управление «Спецработ»**

Юридический адрес: 440028, г. Пенза, ул. Г.Титова,
Территориальный адрес: 440052, г. Пенза, ул. Набережная реки Мойки, 41 «В».
Тел: 32-28-22, Факс: 32-28-21.

ИНН 5835025043 КПП 583501001 Р/с 40702810948000110814 Отделение № 8624
Сбербанка России г. Пенза БИК 045655635 к/с 30101810000000000635

«12» сентября 2014 г.

**АКТ
опытно-производственного апробирования сухих строительных смесей с
применением алюмосиликатной добавки**

Мы, нижеподписавшиеся, генеральный директор ООО РСУ «Спецработ» Пшестилевский В.А., начальник ПТО ООО РСУ «Спецработ» Алешина Т.А., профессор ПГУАС Логанина В.И., аспирант ПГУАС Садовникова М.А., составили настоящий акт о том, что нами было произведено опытно-производственное апробирование сухих строительных смесей, разработанных на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» Логаниной В.И., Садовниковой М.А.. Состав сухой строительной смеси включает: известь-пушонку, мелкий заполнитель (песок Ухтинского месторождения фракций 0,65-0,315 мм и 0,315-0,16 мм в соотношении 80:20), синтезированные алюмосиликаты, суперпластификатор Кратасол ПФМ, релаксируемый порошок Neolit-4400.

Отделочный состав готовили перемешиванием сухой строительной смеси с водой в барабане лопастной мешалки.

Были отделаны поверхности железобетонных стеновых панелей зданий складского помещения. Перед нанесением декоративного отделочного состава поверхность очищалась от пыли, грязи и просушивалась. Состав наносился ручным способом. При нанесении отделочного состава отмечалась его хорошая удобоаносимость. Время отверждения отделочного слоя составило 30 минут (до степени 5). Расход смеси составил 12,8 кг/м² при нанесении толщиной 10 мм. Общее количество отделанной поверхности составило 610 м².

При визуальном осмотре растрескивания и отслаивания не зафиксировано.



Генеральный директор
ООО РСУ «Спецработ»

Начальник ПТО
ООО РСУ «Спецработ»

Профессор ПГУАС

Аспирант ПГУАС

В.А. Пшестилевский

Т.А.Алешина

В.И. Логанина

М.А. Садовникова

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.....	140
2. Нормативные ссылки.....	140
3. Термины и определения, обозначения и сокращения.....	141
4. Общие положения.....	142
5. Технические требования.....	142
6. Характеристика исходного сырья и материалов.....	144
7. Технология изготовления отделочного состава.....	145
8. Технология нанесения отделочного состава.....	149
9. Контроль производства.....	150
10. Правила приемки.....	152
11. Методы испытаний.....	154
12. Маркировка.....	155
13. Требования безопасности и охраны окружающей среды.....	155
14. Упаковка.....	157
15. Транспортировка и хранение.....	157
16. Гарантии изготовителя.....	158

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 известки-пушонки, песка, алюмосиликатной добавки, пластификатора, редиспергируемого порошка, 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 Рецептúra отделочного состава содержит следующие компоненты, согласно таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Рецептúra 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, ретиспергируемого 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.

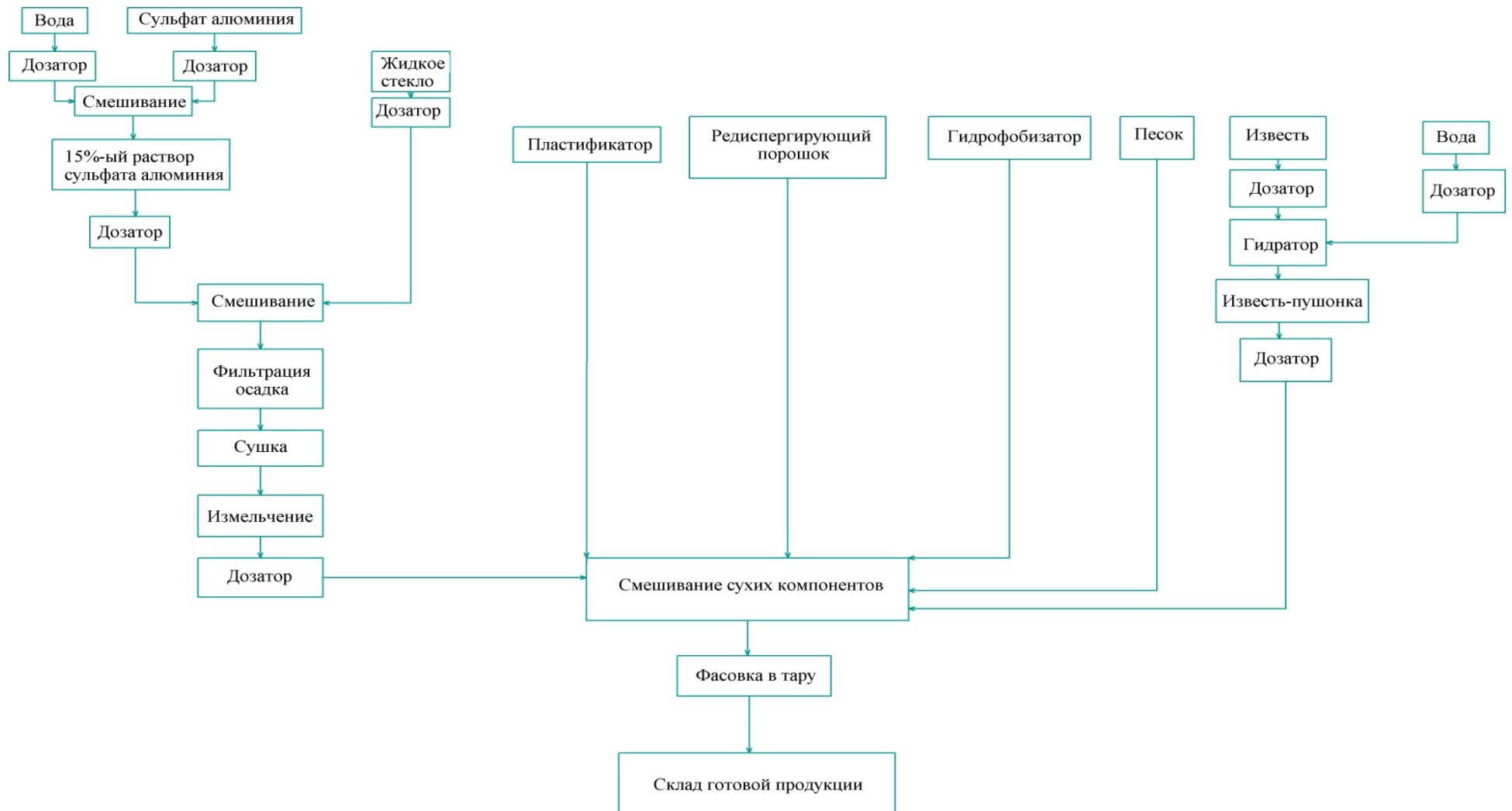
7.3.10 После получения однородной массы смесь перетирается в шаровых мельницах. Перед фасовкой отделочный состав проверяется на соответствие.

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) известь-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 (известки, 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 видами 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 обеспечении 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.



Дата передачи 17.04.2009 г.

Передано ГОУ ВПО "Пензенский Государственный
Университет Архитектуры и Строительства", г. Пенза.

(Программный комплекс предоставлен в рамках
благотворительной поддержки ВУЗов)

ООО НПФ "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи проектно-вычислительного комплекса для расчета конструкций методом конечных элементов SCAD Office (SCAD Office 11.1 и 11.3) и гарантирует бесплатное сопровождение и обновление комплекса в рамках переданной конфигурации в течении 1 (одного) года со дня передачи.

Состав комплекса (Smax)

НАИМЕНОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ	ПЕРЕДАНО
Линейный процессор (статика, динамика, библиотека конечных элементов)	X
Графический синтез расчетной схемы и анализ результатов расчета	X
Расчетные сочетания усилий	X
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций	X
Комбинации загружений	X
Анализ устойчивости	X
Проверка по различным теориям прочности	X
Расчет нагрузок от фрагмента схемы	X
Вычисление спектров ответа	X
Документирование результатов расчета, экспорт таблиц в MS Excel и MS Word	X
Интерфейс с системой AutoCAD (чтение DXF, DWG)	X
Проверка и подбор элементов стальных конструкций	X
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	X
Амплитудно-частотные характеристики	X
Вариации моделей	X
Руководство пользователя	X
FORUM	X
КРИСТАЛЛ	X
Eurocode 3	X
АРБАТ	X
Арбат (СНиП 52-01-2003)	X
ВЕСТ	X
Конструктор сечений	X
Консул	X
ТОНУС	X
СЕЗАМ	X
КРОСС	X
Монолит	X
КОМЕТА	X
Кристалл - коррозия и погниби	X
КАМИН	X
КоКон	X
КУСТ	X
Запрос	X
Откос	X
Декор	X
Комета-2	X

По вопросам сопровождения обращаться:

Тел. Факс +38 (044) 249 71 91, +7 (499) 267 40 76

e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Ген. директор ООО НПФ "СКАД СОФТ"

Маляренко А.А.



Договор о предоставлении лицензии на программное обеспечение

Предоставление лицензии

SCAD SOFT предоставляет Вам не исключительную, без права передачи, лицензию на право использования прилагаемой компьютерной программы ("Программное обеспечение") под товарным знаком SCAD Office (Свидетельство № 261628 от 13.01.2004г) и сопровождающей ее документации ("Документация") на аппаратуре, принадлежащей Вам или находящейся под Вашим контролем, на излагаемых ниже условиях.

Настоящий Договор о предоставлении лицензии позволяет пользователю использовать Программное обеспечение в любое время..

Ограничения

Вы не имеете права:

- копировать Программное обеспечение или Документацию, за исключением случаев, предусмотренных в настоящей лицензии.
- разбирать, декомпилировать или разукруплять Программное обеспечение, за исключением случаев, предусмотренных законом, когда выявляется потребность получить информацию, необходимую для обеспечения взаимодействия какой-либо независимо созданной программы с Программным обеспечением или иной программой, и такую информацию нельзя получить в SCAD SOFT или где-либо в другом месте;
- распространять, отдавать в аренду или напрокат, продавать, предоставлять под свою лицензию или иным образом передавать целиком или часть Программного обеспечения, Документацию или какие-либо права, предоставляемые по настоящему Договору, любому другому лицу без предварительного письменного согласия со стороны SCAD SOFT;
- удалять, изменять или заклеивать на Программном обеспечении или Документации любые указатели, знаки либо отметки о праве собственности;
- модифицировать, переводить, адаптировать, приспособлять или создавать любые производные программы на основе Программного обеспечения или Документации в каких бы то ни было целях без письменного согласия SCAD SOFT;
- использовать любую аппаратуру, устройство, программное обеспечение или иные средства, которые предназначены для действий в обход или удаления любых форм защиты от копирования, применяемых SCAD SOFT в отношении Программного обеспечения.

Дополненные и обновленные версии

Если Вам предоставляется лицензия на данное Программное обеспечение, являющееся дополненной или обновленной версией Программного обеспечения, лицензию на которое Вы приобрели ранее, Вы обязаны уничтожить все копии Программного обеспечения, лицензию на которое Вы приобрели ранее, в том числе все копии, хранящиеся на жестком диске Вашего компьютера, в течение тридцати (30) дней с момента покупки Вами настоящего Программного обеспечения.

Авторское право

Авторские права на Программное обеспечение и Документацию, а также на все сделанные Вами копии сохраняются за SCAD SOFT. Неразрешенное копирование Программного обеспечения или Документации, либо несоблюдение изложенных выше ограничений означает автоматическое прекращение действия настоящей лицензии. Неразрешенное дублирование Программного обеспечения является нарушением авторского права и подлежит наказанию в виде наложения штрафа в сумме 10-кратной стоимости Программного обеспечения.

Гарантия

SCAD SOFT гарантирует, что Программное обеспечение будет функционировать так, как в целом описано в Документации, и что носители, на которых записано Программное обеспечение, не будут иметь дефекты в том, что касается материалов и качества изготовления при условии их нормального использования. При обнаружении дефектов на магнитных носителях в течении тридцати (30) дней с момента приобретения Вами копии Программного продукта SCAD SOFT гарантирует замену магнитных носителей.

ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ИЗЛОЖЕННЫХ ВЫШЕ, ЧЕТКО ВЫРАЖЕННЫХ ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ, SCAD SOFT НЕ ПРЕДОСТАВЛЯЕТ, А ВЫ НЕ ПОЛУЧАЕТЕ НИКАКИХ ЧЕТКО ВЫРАЖЕННЫХ, КОСВЕННЫХ, ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ИЛИ ИМЕЮЩИХ КАКОЕ-ЛИБО К ВАМ ОТНОШЕНИЕ ГАРАНТИЙ, И SCAD SOFT, В ЧАСТНОСТИ, ЗАЯВЛЯЕТ ОБ ОТСУТСТВИИ ЛЮБОЙ ИНОЙ ГАРАНТИИ, ВКЛЮЧАЯ КОСВЕННУЮ ГАРАНТИЮ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ТОРГОВЛИ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ.

Ограничение ответственности

НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ SCAD SOFT НЕ БУДЕТ НЕСТИ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБУЮ ПОТЕРЮ ИЛИ УЩЕРБ ЛЮБОГО ХАРАКТЕРА, ВКЛЮЧАЯ ПОТЕРЮ ИЛИ ИСКАЖЕНИЕ ДАННЫХ, УТРАЧЕННЫЕ ПРИБЫЛИ, СТОИМОСТЬ СТРАХОВАНИЯ ИЛИ ИНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ, СЛУЧАЙНЫЙ, ПРЯМОЙ ИЛИ КОСВЕННЫЙ УЩЕРБ, ПОНЕСЕННЫЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ НЕВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЛИ ДОКУМЕНТАЦИИ, НЕЗАВИСИМО ОТ ЕГО ПРИЧИНЫ И ЛЮБЫХ КОНЦЕПЦИЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ. ЭТО ОГРАНИЧЕНИЕ БУДЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, КОГДА SCAD SOFT ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ДИЛЕР SCAD SOFT БУДУТ ИЗВЕЩЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОЙ ПОТЕРИ ИЛИ УЩЕРБА. ВЫ СОГЛАШАЕТЕСЬ С ТЕМ, ЧТО СТОИМОСТЬ ЛИЦЕНЗИИ ОТРАЖАЕТ ТАКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА.



Дата передачи 17.04.2009 г.

Передано ГОУ ВПО "Пензенский Государственный
Университет Архитектуры и Строительства", г. Пенза.

ООО НПФ "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи проектно-вычислительного комплекса для расчета конструкций методом конечных элементов SCAD Office (SCAD Office 11.1 и 11.3) и гарантирует бесплатное сопровождение и обновление комплекса в рамках переданной конфигурации в течении 1 (одного) года со дня передачи.

Состав комплекса (S24)

(число сетевых рабочих мест – 10(десять))

НАИМЕНОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ	ПЕРЕДАНО
Линейный процессор (статика, динамика, библиотека конечных элементов)	X
Графический синтез расчетной схемы и анализ результатов расчета	X
Расчетные сочетания усилий	X
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций	X
Комбинации загрузений	X
Анализ устойчивости	X
Проверка по различным теория прочности	X
Расчет нагрузок от фрагмента схемы	X
Вычисление спектров ответа	X
Документирование результатов расчета, экспорт таблиц в MS Excel и MS Word	X
Интерфейс с системой AutoCAD (чтение DXF,DWG)	X
Проверка и подбор элементов стальных конструкций	X
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	X
Амплитудно-частотные характеристики	X
Вариации моделей	X
Руководство пользователя	X
FORUM	X
КРИСТАЛЛ	X
Eurocode 3	X
АРБАТ	X
Арбат (СНиП 52-01-2003)	X
ВЕСТ	X
Конструктор сечений	X
Консул	X
ТОНУС	X
СЕЗАМ	X
КРОСС	X
Монолит	X
КОМЕТА	X
Кристалл - коррозия и погни	X
КАМИН	X
КоКон	X
КУСТ	X
Запрос	X
Откос	X
Декор	X
Комета-2	X

По вопросам сопровождения обращаться:

Тел. Факс +38 (044) 249 71 91, +7 (499) 267 40 76

e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Ген. директор ООО НПФ "СКАД СОФТ"

Маляренко А.А.



Договор о предоставлении лицензии на программное обеспечение

Предоставление лицензии

SCAD SOFT предоставляет Вам не исключительную, без права передачи, лицензию на право использования прилагаемой компьютерной программы ("Программное обеспечение") под товарным знаком SCAD Office (Свидетельство № 261628 от 13.01.2004г) и сопровождающей ее документации ("Документация") на аппаратуре, принадлежащей Вам или находящейся под Вашим контролем, на излагаемых ниже условиях.

Настоящий Договор о предоставлении лицензии позволяет пользователю использовать Программное обеспечение в любое время..

Ограничения

Вы не имеете права:

- копировать Программное обеспечение или Документацию, за исключением случаев, предусмотренных в настоящей лицензии.
- разбирать, декомпилировать или разукруплять Программное обеспечение, за исключением случаев, предусмотренных законом, когда выявляется потребность получить информацию, необходимую для обеспечения взаимодействия какой-либо независимо созданной программы с Программным обеспечением или иной программой, и такую информацию нельзя получить в SCAD SOFT или где-либо в другом месте;
- распространять, отдавать в аренду или напрокат, продавать, предоставлять под свою лицензию или иным образом передавать целиком или часть Программного обеспечения, Документацию или какие-либо права, предоставляемые по настоящему Договору, любому другому лицу без предварительного письменного согласия со стороны SCAD SOFT;
- удалять, изменять или заклеивать на Программном обеспечении или Документации любые указатели, знаки либо отметки о праве собственности;
- модифицировать, переводить, адаптировать, приспосабливать или создавать любые производные программы на основе Программного обеспечения или Документации в каких бы то ни было целях без письменного согласия SCAD SOFT;
- использовать любую аппаратуру, устройство, программное обеспечение или иные средства, которые предназначены для действий в обход или удаления любых форм защиты от копирования, применяемых SCAD SOFT в отношении Программного обеспечения.

Дополненные и обновленные версии

Если Вам предоставляется лицензия на данное Программное обеспечение, являющееся дополненной или обновленной версией Программного обеспечения, лицензию на которое Вы приобрели ранее, Вы обязаны уничтожить все копии Программного обеспечения, лицензию на которое Вы приобрели ранее, в том числе все копии, хранящиеся на жестком диске Вашего компьютера, в течение тридцати (30) дней с момента покупки Вами настоящего Программного обеспечения.

Авторское право

Авторские права на Программное обеспечение и Документацию, а также на все сделанные Вами копии сохраняются за SCAD SOFT. Незапрещенное копирование Программного обеспечения или Документации, либо несоблюдение изложенных выше ограничений означает автоматическое прекращение действия настоящей лицензии. Незапрещенное дублирование Программного обеспечения является нарушением авторского права и подлежит наказанию в виде наложения штрафа в сумме 10-кратной стоимости Программного обеспечения.

Гарантия

SCAD SOFT гарантирует, что Программное обеспечение будет функционировать так, как в целом описано в Документации, и что носители, на которых записано Программное обеспечение, не будут иметь дефекты в том, что касается материалов и качества изготовления при условии их нормального использования. При обнаружении дефектов на магнитных носителях в течении тридцати (30) дней с момента приобретения Вами копии Программного продукта SCAD SOFT гарантирует замену магнитных носителей.

ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ИЗЛОЖЕННЫХ ВЫШЕ, ЧЕТКО ВЫРАЖЕННЫХ ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ, SCAD SOFT НЕ ПРЕДОСТАВЛЯЕТ, А ВЫ НЕ ПОЛУЧАЕТЕ НИКАКИХ ЧЕТКО ВЫРАЖЕННЫХ, КОСВЕННЫХ, ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ИЛИ ИМЕЮЩИХ КАКОЕ-ЛИБО К ВАМ ОТНОШЕНИЕ ГАРАНТИЙ, И SCAD SOFT, В ЧАСТНОСТИ, ЗАЯВЛЯЕТ ОБ ОТСУТСТВИИ ЛЮБОЙ ИНОЙ ГАРАНТИИ, ВКЛЮЧАЯ КОСВЕННУЮ ГАРАНТИЮ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ТОРГОВЛИ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ.

Ограничение ответственности

НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ SCAD SOFT НЕ БУДЕТ НЕСТИ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБУЮ ПОТЕРЮ ИЛИ УЩЕРБ ЛЮБОГО ХАРАКТЕРА, ВКЛЮЧАЯ ПОТЕРЮ ИЛИ ИСКАЖЕНИЕ ДАННЫХ, УТРАЧЕННЫЕ ПРИБЫЛИ, СТОИМОСТЬ СТРАХОВАНИЯ ИЛИ ИНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ, СЛУЧАЙНЫЙ, ПРЯМОЙ ИЛИ КОСВЕННЫЙ УЩЕРБ, ПОНЕСЕННЫЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ НЕВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЛИ ДОКУМЕНТАЦИИ, НЕЗАВИСИМО ОТ ЕГО ПРИЧИНЫ И ЛЮБЫХ КОНЦЕПЦИЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ. ЭТО ОГРАНИЧЕНИЕ БУДЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, КОГДА SCAD SOFT ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ДИЛЕР SCAD SOFT БУДУТ ИЗВЕЩЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОЙ ПОТЕРИ ИЛИ УЩЕРБА. ВЫ СОГЛАШАЕТЕСЬ С ТЕМ, ЧТО СТОИМОСТЬ ЛИЦЕНЗИИ ОТРАЖАЕТ ТАКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА.