

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

В.И. Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Сергеева

**ИЗВЕСТКОВЫЕ СУХИЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ
ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ
СТЕН ЗДАНИЙ**

Пенза 2013

УДК 691.175.746

ББК 38.3

Л69

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент
С.Н. Кислицына (ПГУАС);
генеральный директор ООО «Техно-
стройпроект» кандидат технических
наук, профессор В.С. Абрашитов

Логанина В.И.

Л69 Известковые сухие строительные смеси для реставрации и
отделки стен зданий: моногр. / В.И. Логанина, Л.В. Макарова,
К.А. Сергеева. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 128 с.
ISBN 978-5-9282-0919-3

Предложена технология синтеза минерального наполнителя на основе гидросиликатов кальция. Установлены закономерности влияния условий синтеза на свойства получаемых наполнителей, а также закономерности изменения свойств известковых отделочных составов на основе сухих строительных смесей в зависимости от условий синтеза наполнителя и его содержания.

Монография предназначена для студентов, обучающихся по направлению 270800.68 «Строительство», а также для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами производства сухих строительных смесей.

ISBN 978-5-9282-0919-3

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

© Логанина В.И., Макарова Л.В.,
Сергеева К.А., 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время отечественный рынок сухих смесей является одним из наиболее динамично развивающихся сегментов отрасли строительных материалов. Длительный срок службы покрытий на основе сухих строительных смесей (ССС) является одним из главных факторов, обеспечивающих низкие эксплуатационные расходы на содержание зданий.

В практике отделочных работ часто применяют известковые ССС, обеспечивающие вследствие высокой паропроницаемости покрытий оптимальный микроклимат зданий и сооружений. Однако недостаточная водостойкость и прочность известковых покрытий сдерживают более широкое применение известковых ССС при наружной отделке. Решение данной проблемы в целом будет способствовать повышению срока службы покрытий на основе известковых ССС.

В настоящей книге авторы ставили перед собой задачу найти технологическое решение повышения эксплуатационных свойств покрытий на основе известковых ССС путём введения в их рецептуру компонентов, способных регулировать структурообразование материала. Одним из перспективных решений данной задачи является использование в составе известковых ССС минеральных наполнителей на основе силикатов кальция. Материал книги дает возможность читателю ознакомиться с предлагаемой технологией синтеза минерального наполнителя на основе гидросиликатов кальция, закономерностями влияния условий синтеза на гранулометрический состав получаемых наполнителей, а также закономерностями изменения реологических и технологических свойств известковых отделочных составов в зависимости от условий синтеза наполнителя и его содержания.

Книга предназначена для студентов и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами производства ССС.

1 СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1.1. Применение сухих строительных смесей при реставрации зданий исторической застройки и отделке зданий и сооружений

В настоящее время производство ССС в нашей стране является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений строительной индустрии и одним из крупнейших сегментов строительного рынка.

Современные ССС – это продукция, производство которой основано на использовании наукоемких технологий. Именно поэтому применение таких смесей позволяет существенно увеличить производительность труда и его эффективность, а также получить отличные результаты по улучшению эксплуатационных свойств смесей [1].

Заметные количества модифицированных ССС в России стали доступны с середины 90-х годов XX века. До этого все строительные и отделочные материалы, такие как монтажно-кладочные растворы на цементных связующих, шпатлевки, клеи, известковые и меловые пасты, приготавливались на заводах готовыми к употреблению. Главным недостатком заводских смесей был малый срок годности – от нескольких часов у растворов до пары месяцев у шпатлевок и паст. Как и всякий "молодой", рынок ССС рос очень быстро. Если в 1995-1998 гг. прирост потребления обеспечивался, в основном, поставками из-за рубежа, за 1999-2000 гг. ситуация существенно изменилась, доля импортной продукции сократилась в несколько раз, а рост рынка получил новый импульс. К 2005 году число производителей модифицированных ССС в России выросло с 10-15 до 230. После 2005 года увеличение объемов выпуска продукции на существующих предприятиях, а также создание новых заводов, не только не утратило своей позитивной динамики, но и продолжает с каждым годом увеличиваться [2]. На рис. 1.1 показаны данные об объемах выпуска модифицированных сухих смесей в России за 2005-2013 года.

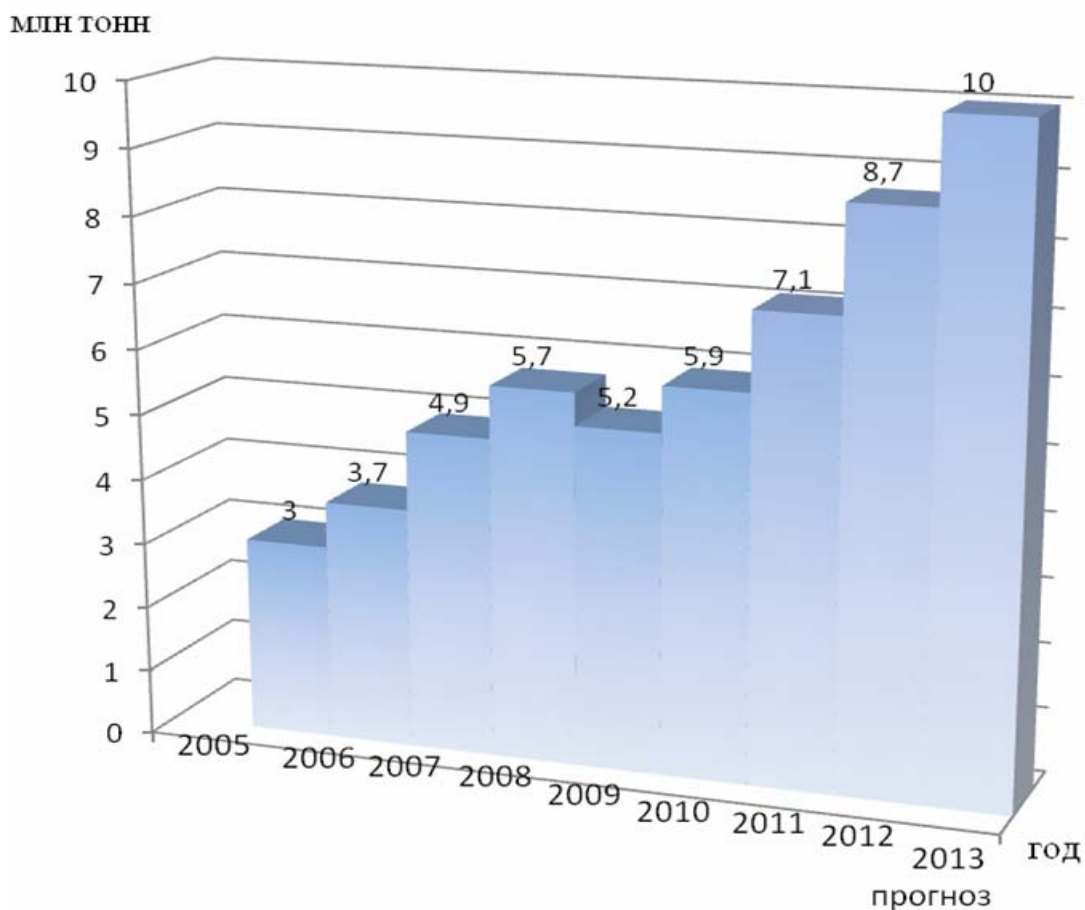


Рис. 1.1. Объемы производства модифицированных ССС в РФ, тыс. тонн [3,4,5]

Среднегодовой темп прироста объемов выпуска модифицированных ССС в 2000-2004 годах составлял 45-60%[3]. Начиная с 2005 года, рынок постепенно замедляется (рис. 1.2).

В 2009 году объем внутреннего производства общестроительных ССС составил примерно 5,2 млн тонн, что на 9% меньше, чем в 2008 году. В 2010 году наблюдается восстановление рынка ССС, внутреннее производство выросло на 11-12%. Если в кризисном 2009 году российские предприятия ССС выпустили немногим более 5 млн тонн продукции, то уже в 2010 году эта цифра составила около 6 млн тонн, превысив аналогичный показатель относительно благополучного 2008 года (5,7 млн тонн). По оценкам компании «Строительная информация», рост объемов выпуска смесей в РФ составил 19%. В 2011 году суммарный объем выпуска смесей превысил 7 млн тонн. В 2012 году он приблизился к 9 млн тонн и при сохранении таких темпов роста в 2013 году подойдет к знаковому рубежу в 10 млн тонн [5].

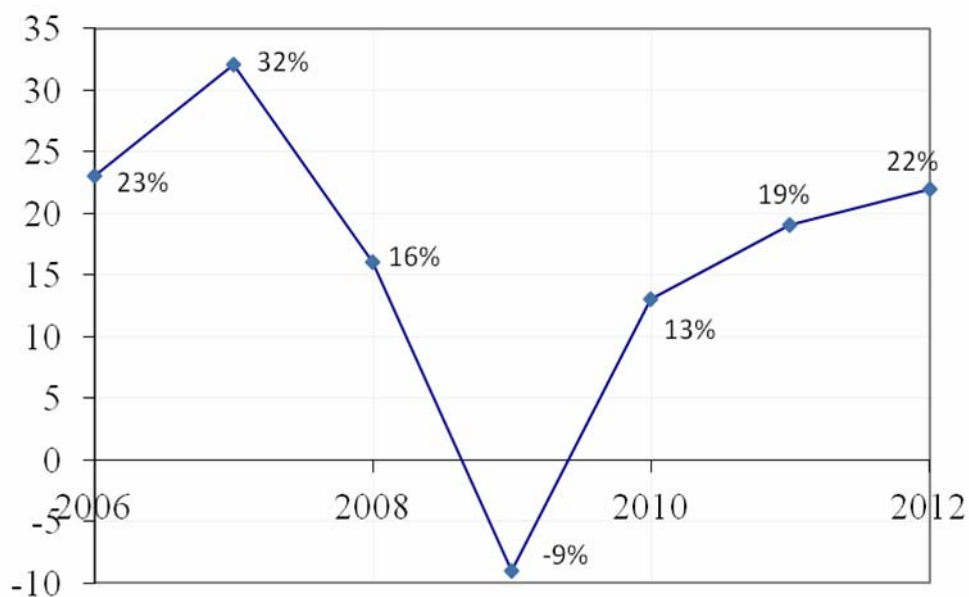


Рис. 1.2. Темпы прироста объемов производства ССС в РФ [3,4,5]

Главная специфическая особенность рынка строительных материалов заключается в том, что их производство напрямую зависит от активности строительной отрасли. Производство смесей зависит, с одной стороны, от объемов гражданского, коммерческого и промышленного строительства. Очевидно, что чем больше вводится в строй новых зданий и сооружений, тем больше смесей требуется для их отделки. Большое значение имеют и объемы ремонтно-восстановительных и реставрационных работ на объектах жилого, коммерческого фонда, а также памятников архитектуры. Чем больше эти объемы, тем больше востребована продукция производителей ССС. Начиная с 2010 года в строительном секторе наблюдается оживление [6]. За последние годы значительно вырос ввод жилья и нежилых зданий. В результате чего существенно увеличился спрос на отделочные материалы, в том числе сухие смеси. В настоящее время объемы строительства в России растут. В связи с данной тенденцией в ближайшие 2-3 года прогнозируется также устойчивое развитие производства стройматериалов. Таким образом, соотношение объемов производства строительных материалов и ввода жилья находится во взаимозависимости и при увеличении объемов строительства развитие отрасли должно вестись опережающими темпами [7].

С каждым годом на отечественном рынке стройматериалов все более популярными становятся сухие штукатурные смеси. Модифи-

факторы, которые используются для их создания, придают им новые свойства. Современные составы обладают высокой прочностью, плотностью, трещиностойкостью, морозостойкостью и пр. Такие качества позволяют использовать эти продукты более широко. Доли отдельных видов ССС в объеме выпуска российских предприятий показаны в табл. 1.1 [2,3,6,8,9,].

Т а б л и ц а 1.1

Доли отдельных видов ССС в объеме выпуска
российских предприятий

Год	Доли клеевых смесей в объеме выпуска в натуральных показателях, %	Доля штукатурных и шпаклевочных смесей в объеме выпуска в натуральных показателях, %	Доля ровнителев для пола в объеме выпуска в натуральных показателях, %	Доля прочих в объеме выпуска в натуральных показателях, %
2005	38	40	9	13
2006	44	41	9	6
2007	42	44	10	4
2009	42	44	10	4
2010	37	46	11	6
2012	38	48	11	3

Из табл. 1.1 видно, что объем выпуска штукатурных и шпаклевочных смесей с каждым годом увеличивается и на сегодняшний день составляет около 48% в объеме выпуска.

В настоящее время наибольшей популярностью среди штукатурных смесей пользуются цементные и гипсовые смеси. На известковые смеси спрос немного ниже вследствие низкой прочности и водостойкости. Однако, известковые штукатурные смеси имеют ряд преимуществ: они обладают хорошими теплоизоляционными и огнеупорными свойствами; экологичны; имеют хорошее сцепление с деревянными, кирпичными и шлакобетонными поверхностями; устойчивы к биоповреждениям, за счет высокой щелочности извести; эластичны и легки в работе; имеют высокую паропроницаемость, что позволяет стене дышать не скапливая конденсата, тем самым способствуя улучшению микроклимата отделанных ими помещений за счет регулирования влажности среды. Известковые покрытия гвоздимы. Шту-

катурные смеси на основе извести можно наносить на отделяваемую поверхность при низких положительных и умеренно отрицательных температурах [10].

Все большее применение находят известковые сухие строительные смеси в реставрации памятников, санирования и ремонта зданий [11].

В России все каменные здания и сооружения, возведенные до конца XIX в., а также подавляющее большинство домов начала XX в. построены на известковом связующем и оштукатурены известковыми составами. Это обусловлено тем, что промышленное производство и применение цемента в нашей стране началось только после 1880 г. Реставрация исторических зданий, сохранивших (в большей или меньшей степени) первоначальную отделку, вызывает определенные трудности, связанные с несовместимостью известковой штукатурки с современными отделочными материалами. Как известно, интенсивная карбонизация известковых составов происходит только в поверхностном слое, контактирующем с воздухом, поэтому прочность массива известковой штукатурки сравнительно невелика. Современные краски, предназначенные для нанесения на прочные подложки, сформированные на основе цементного или известково-цементного связующего с преобладанием цемента, мало пригодны для окрашивания здания, оштукатуренных известковыми составами, так как замена известковых растворов на цементные при проведении реставрации объектов может нарушить процессы миграции влаги через ограждающие конструкции и вызывать негативные проявления в виде морозного разрушения, отслоения отделочных покрытий и пр. Лакокрасочные пленки, образуемые органическими красками на слабых подложках, быстро растрескиваются и отслаиваются, нередко вместе с мелкими фрагментами верхнего слоя известковой штукатурки [12].

В настоящее время при проведении реставрационных работ для отделки применяют в основном известковые составы, поставляемые зарубежными фирмами «Tikkurila», «Caparol» и др., что удорожает стоимость работ и делает их зависимыми от импортных поставок.

На сегодняшний день 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. Этот материал использовался при реставрации гостиницы «Англетер» и отделки Витебского вокзала [13]. Стоимость такой краски на сегодняшний день составляет около 3500 рублей за 25 кг.

Не уступает по популярности фасадные краски немецкой фирмы Sapaol (цена около 3700 рублей за 10 л). Краски фирмы Sapaol использовались при реставрации Музея истории города Санкт-Петербург, Большого дворца Петергофа, а так же корпусов Ольгина, Царицына и Марли [13].

Технологический процесс создания краски на основе извести достаточно сложный и не всегда удаётся достичь необходимых характеристик. Поэтому отечественных производителей известковой краски не так много. Одним из них является петербургская фирма «Топаз Плюс», выпускающая краску «Силакра-известковая» (цена около 100 рублей за кг). Краска использовалась при реставрации корпуса Бенуа в Петродворце [13].

На рынке известна компания «Крепс», успешно выпускающая несколько видов известковых штукатурок с гидравлической добавкой и без нее – серия «Крепс Антик» [14]. Известковые штукатурки «Антик 1» и «Антик 2» можно наносить на старые кирпичные, бетонные, оштукатуренные составами на известковом вяжущем стены. Различие в фракционном составе наполнителя позволяет использовать «Антик 1» и «Антик 2» при различных видах отделочных работ.

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

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

Для ремонта, реконструкции и реставрации старых зданий и историко-архитектурных памятников, различных бетонных и железобетонных сооружений предложен ассортимент продукции под торговой маркой "БИРСС" и "Баумит".

Комплексная система "БИРСС" идеальна для реставрации подверженных солеобразованию строений и сильно увлажненных поверхностей. Она была успешно применена при реконструкции стен и

подвалов зданий Казанского кремля, при реставрационных работах в Казанском университете и здании мэрии [15]. Штукатурные смеси для реставрации исторических памятников и сооружений данной марки представлены следующие: известково-песчаная штукатурная смесь «БИРСС 43», известково-цементно-песчаная штукатурная смесь «БИРСС 43 С-3». Известково-цементно-песчаная штукатурная смесь «БИРСС 43 С-3» служит для оштукатуривания поверхностей из камня и кирпича внутри и снаружи зданий, может быть рекомендована для реставрации исторических памятников. «БИРСС 43 С-3» выпускается в виде сухой смеси «БИРСС 43 С-3 обрызг», «БИРСС 43 С-3 грунт», «БИРСС 43 С-3 накрывка».

Компания "Баумит" – считается одним из лидеров в Европе по производству материалов для реставрации и реконструкции памятников архитектуры. Штукатурные смеси для реставрации памятников архитектуры данной марки представлены следующие: Baunit HandPutz 1 Winter – зимняя известково-цементная штукатурка, применяющаяся для внутренних и наружных работ в зимних условиях при средней температуре окружающего воздуха около 0°C; saniрующая штукатурка Baunit SanovaPutz L применяется для оштукатуривания влажных, подверженных вредному воздействию солей минеральных оснований для внутренних и наружных работ; Baunit GrundPutz Leicht – известково-цементная штукатурка заводского приготовления, с легким наполнителем, для ручного и машинного нанесения, для внутренних и наружных работ.

В настоящее время на рынке представлены также известковые сухие смеси для реставрационных и отделочных работ такими марками как Рунит, Пмах, Атлант. Технические характеристики штукатурных смесей представлены в табл. 1.2

Одним из значимых параметров отделочных составов является их трещиностойкость. Представленные данные Шангиной Н.Н. и Харитоновым А.М. свидетельствуют о более высокой трещиностойкости известковых растворов по сравнению с цементными в соответствии с рис. 1.3 [12].

Вместе с тем, применение для реставрации памятников архитектуры известковых составов вызывает определенные трудности, связанные с их низкой водостойкостью.

Для повышения водостойкости известковых покрытий предлагается введение в рецептуру смеси гидрофобизирующих добавок. Гидрофобизирующие добавки обладают определенной воздухововлекающей способностью (воздухововлечение 3...5%). Образованная сетка замкнутых пор уменьшает напряжения, возникающие при замерзании воды в

открытых порах, тем самым значительно увеличивая морозостойкость покрытий. Гидрофобизирующие добавки предназначены для придания затвердевшим составам водоотталкивающих свойств. Как правило, это стеараты и олеаты кальция, натрия или цинка. В настоящее время на рынке представлены такие гидрофобизирующие добавки такие, как Гидрофоб Е (Hidrofob E) и Сементол Е (Cementol E) фирмы ТКК (Словения), Церезит (Ceresit СС 92) компании «Хенкель Баутехник» (Россия, Украина) [16,17,18,19,20].

Стеарат кальция – смесь из кальциевых солей стеариновой кислоты и смеси стеариновой кислоты с синтетическими жирными кислотами. Олеат кальция представляет собой смесь равномерно распределенных в насыщенном растворе извести очень мелких частиц нерастворимых в воде солей олеиновой кислоты и извести. Применяют для повышения водонепроницаемости раствора для гидроизоляционных штукатурок. Гидрофоб Е (Hidrofob E) – гидрофобный агент для строительных растворов, обладает пластифицирующим действием. Дозировка для цементных растворов – 3 % массы цемента; для известково-цементных растворов – 4...5 % массы вяжущего; для известковых растворов – 7...10 % массы вяжущего. Сементол Е (Cementol E) – гидрофобизатор для строительных растворов с пластифицирующим действием. Дозировка для цементных растворов – 3 % массы цемента; для известково-цементных растворов – 3...5 % массы вяжущего; для известковых растворов – 7...10 % массы вяжущего. Церезит (Ceresit СС 92) – гидрофобизирующая и уплотняющая добавка для изготовления водонепроницаемых бетонов и гидрофобных строительных растворов. Церезит (Ceresit СС 92) гидрофобизирует поры, снижает капиллярное водопоглощение, обладает пластифицирующим действием, придает водоотталкивающие свойства, повышает водонепроницаемость. Расход добавки 2 % от массы цемента. Для повышения водостойкости штукатурок в состав раствора при его затворении водой вводят кремнийорганические гидрофобизаторы (водные эмульсии полигидросилоксановых жидкостей 136-41 и 136-157М и водные растворы силиконатов натрия ГКЖ-10 и ГКЖ-11, Эмульсии фенилэтоксисилоксана ФЭС-50) [16,17,18,20].

Технические характеристики штукатурных смесей

Т а б л и ц а 1.2

Техни- ческие характе- ристики	Проч- ность на сжатие (МПа)	Адгезия (МПа)	Жизне- способ- ность (ч)	Расход (кг/кв. м/мм)	Паропрони- цаемость, г/м ² ч мм.рт.ст.	Максималь- ная величина фракции, мм	Морозо- стойкость	Водо- погло- щение, %
Наименова- ние марки	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рунит	3-4	0,4	1,5-2	1,4-1,6	не указ. произв-м	0,6	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Крепс Антик 1	1	–	3	1,2-1,4	0,01	0,63	35	11,7
Крепс Антик 2	1,5	не указ. произв-м	3	1,4-1,6	0,01	2,5	35	11,5
Крепс Экстра- лайт	2,5	не указ. произв-м	2	1,4	не указ. произв-м	0,63	35	не указ. произв-м
Baumit KalkPutz	5	0,5	5	0,8	не указ. произв-м	не указ. произв-м	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Baumit HandPutz 1 Winter	3,5	не указ. произв-м	не указ. произв-м	1,5	не указ. произв-м	1	не указ. произв-м	не указ. произв-м

Окончание табл.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ваумит SanovaPutz L	1,5	не указ. произв-м	не указ. произв-м	0,4	не указ. произв-м	2	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Ваумит GrundPutz Leicht	2,5	не указ. произв-м	не указ. произв-м	1-1,2	не указ. произв-м	2	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Пмах 6830	5	0,5	3-4	1,4-1,5	не указ. произв-м	0,63	75	не указ. произв-м
Атлант	не указ. произв- м	0,5	4	1,2	не указ. произв-м	0,5	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Бирсс 43	2,5	не указ. произв-м	5	1,5-1,7	не указ. произв-м	0,5	не указ. произв-м	не указ. произв-м
Бирсс С-3	4-5	не указ. произв-м	5	1,5-1,7	не указ. произв-м	0,5-3	не указ. произв-м	не указ. произв-м

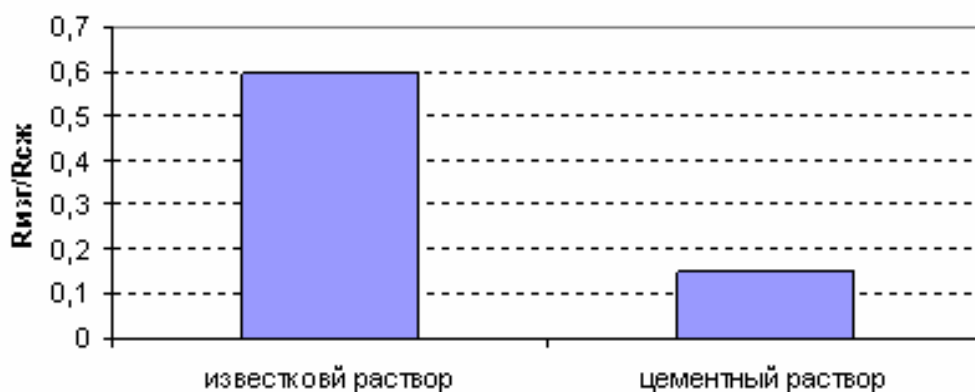


Рис. 1.3. Отношение $R_{изг}/R_{сж}$ для известковых и цементных растворов (по данным [12])

Недостатком гидрофобно-пластифицирующих добавок, с технологической точки зрения, является то, что они замедляют сроки схватывания и темп роста прочности цементного и известкового камня. Помимо того, величина удобоукладываемости смеси, прочность и ряд других физико-технических свойств бетона и раствора, достигнутые с такой добавкой, могут потребовать улучшения. В таких случаях в состав гидрофобно-пластифицирующих добавок включают вещества, позволяющие не только исключить нежелательные эффекты компонентов добавки, но и получить с помощью взаимного усиления влияния ингредиентов в направлении значительного увеличения физико-технических свойств цементных и известковых систем. В качестве таких дополнительных компонентов к гидрофобизирующим добавкам наиболее распространены добавки ускорители схватывания и твердения, а также различного вида и степени эффективности пластификаторы-водопонизители и суперпластификаторы. Кроме того, такие добавки 136-41 и 136-157М и водные растворы силиконатов натрия ГКЖ-10 и ГКЖ-11, эмульсии фенилэтоксисилоксана ФЭС-50 нельзя применять при производстве ССС.

Другим способом повышения водостойкости является применение активных минеральных добавок. Применение минеральных добавок приводит к повышению непроницаемости и химической стойкости, улучшению сопротивления трещинообразования, увеличение предела прочности [18, 21]. При использовании наполнителей высокой активности наблюдается повышение сцепления растворов на основе сухих строительных смесей с основанием [22].

В качестве активных минеральных добавок используют природные материалы: кремнезем, глинезем, трепел, опока, диатомит, пеплы, туфы, пемзы, вулканические трассы и искусственные: доменные гранулированные шлаки, топливные золы и шлаки, искусственно обожженные глинистые материалы и кремнеземные отходы. Взаимодействие извести с активными минеральными добавками основано на том, что активный (аморфный, мелкодисперсный) кремнезем связывает известь в присутствии воды в гидросиликат кальция, который и обуславливает ее гидравлическое твердение, т.е. нарастание прочности под водой после предварительного затвердевания на воздухе, а также способность сопротивляться выщелачивающему действию воды [18, 23]. Кроме кремнезема в состав активных минеральных добавок входит глинезем, который в присутствии влаги также может взаимодействовать с известью, образуя гидроалюминат кальция, обладающий гидравлическими свойствами. Однако, очень трудно подобрать оптимальное содержание минеральных добавок при введении в сухую смесь из-за их непостоянного минералогического состава.

Часто промышленные зола-унос и шлаки содержат от 10-40% аналитически определяемого оксида кальция. Такие материалы называют активными гидравлическими добавками, так как они содержат достаточно извести, чтобы быть самоцементирующими. Очевидно, что из-за высокого содержания извести и низкого содержания кремнезема и глинезема вводить их необходимо в больших количествах для достижения определенного уровня механической прочности в нормированном возрасте [18].

На активность добавок влияет также содержание в них химически связанной воды. Это подтверждается тем, что вулканический трасс после прокаливания теряет способность придавать извести гидравлические свойства. Диатомовые земли состоят из опалового или аморфного гидратированного кремнезема, который образуется из скелетов диатомий. В чистом виде они обладают активностью, однако обычно они загрязнены глинистыми включениями. Глины не обладают активностью до тех пор, пока не будут подвержены термической обработке, в результате которой происходит превращение кристаллической структуры алюмосиликатных минералов в глине в аморфную [18]. К искусственно обожженным глинистым материалам относятся глинит, цемянка, керамзит, аглопорит (температура обжига 600-800⁰С). Обожженная глина в виде измельченного в порошок битого кирпича (цемянки) применялась еще в древней Руси в качестве гидравлической добавки в смеси с воздушной известью [12].

Критерием выбора минеральных добавок для известковых смесей должна быть не только гидравлическая активность добавки, но и ее способность влиять на развитие ранней прочности и снижение усадочных деформаций за счет водоудержания [21,22].

Введение минеральных наполнителей в качестве гидравлически активного компонента приводит к экономии вяжущего, частичному отказу от импортных модифицированных добавок, снижению стоимости готовой смеси и улучшению эксплуатационно-технологических свойств отделочных составов на основе ССС [22,24].

Введение цемента в ССС способствует повышению прочности при сжатии и водостойкости известковых смесей. Примером могут служить штукатурные смеси марки Баумит, БИРС, Пмах, Рунит, Атлант. Однако, введение цемента в известковый состав, используемого для реставрационной работы, в последствие приводит к растрескиванию и отслоению отделочного слоя, а также снижению паропроницаемости и трещиностойкости.

Большинство добавок, улучшая одни характеристики смеси, иногда не изменяют, а зачастую ухудшают другие характеристики. Для преодоления побочных эффектов используют комплексные добавки, состоящие из нескольких самостоятельных компонентов (например, суперпластификатор с микрокремнеземом). Комплексные добавки многофункциональны и способны влиять сразу на несколько свойств, характерных для сухой строительной смеси. Состав комплексных добавок можно «проектировать» таким образом, чтобы их компоненты усиливали эффекты, обеспечиваемые каждым из них в отдельности. Применение комплексных добавок позволяет добиваться универсальности их действия в сухих смесях.

Так, например, французская фирма Super Cogocol в облицовочных сухих смесях применяет комплексную химическую добавку, состоящую из отходов производства целлюлозы, поливинилхлорида и других соединений - поверхностно-активных веществ. Предприятие Югославии Carbon при производстве сухих смесей для облицовочных работ использует химические добавки, которые по свойствам сходны с французскими и представляют собой смесь соединений целлюлозы, поливинилацетата и его сополимеров. Добавки фирм Super Cogocol и Carbon применяют при выпуске сухих смесей на цементных вяжущих и вводят в количестве 0,45-0,1 от массы цемента [25]. В патенте РФ №2364576 представлена комплексная модифицирующая добавка для строительных растворов. Данная добавка содержит, мас. ч.: минеральный компонент – 100, водоудерживающий активный ингредиент – эфир целлюлозы – 0,1-1,0, вода – 8-50. Строительный раствор полу-

чают путем смешивания вяжущего с указанной добавкой в соотношении, мас. ч.: модифицирующая добавка – 100, вяжущее – 10-45 [26]. В патенте РФ №2439016 представлена комплексная добавка для модификации гипсовых вяжущих, включающая минеральный компонент на основе сульфата кальция, пластификатор, регулятор сроков схватывания и твердения, отличающаяся тем, что она в качестве указанного минерального компонента содержит сыромолотый гипс, в качестве пластификатора – Sika ViscjCrete 225 powder Vp или Melflux 5581F, в качестве регулятора сроков схватывания и твердения – глюконат кальция и дополнительно содержит гидрофобизатор-полиметилсиликонат кальция и пеногаситель – Axilat DE 770, при этом компоненты имеют следующее соотношение, мас. %: минеральный компонент 64,0-78,0, пластификатор 15,0-20,0, гидрофобизатор 4,8-8,6, пеногаситель 0,2-0,4, регулятор сроков схватывания и твердения 2,0-7,0 [27].

Однако, существующие в настоящее время технологические решения не обеспечивают заданной водостойкости на основе известковых ССС. В связи с этим актуальным является разработка технологического решения, обеспечивающего повышение водостойкости покрытий на основе известковых сухих смесей.

Кроме того, применение для реставрации памятников архитектуры известковых составов вызывает определенные трудности, связанные с их стоимостью, применением целевых добавок, поставляемых из-за рубежа, и т.д. Это вызывает необходимость поиска новых решений повышения стойкости известковых составов, предназначенных для реставрации и отделки зданий и сооружений.

1.2. Тонкодисперсные наполнители на основе силикатов кальция для сухих строительных смесей

Повышение водостойкости известковых композиций можно путем применения тонкомолотых наполнителей на основе силикатов кальция. За последние годы вырос интерес исследователей и практиков к применению волластонита как наполнителю композитов различного назначения [28,29], в том числе ССС.

Область применения и потребность в России волластонита отображена на рис. 1.4.

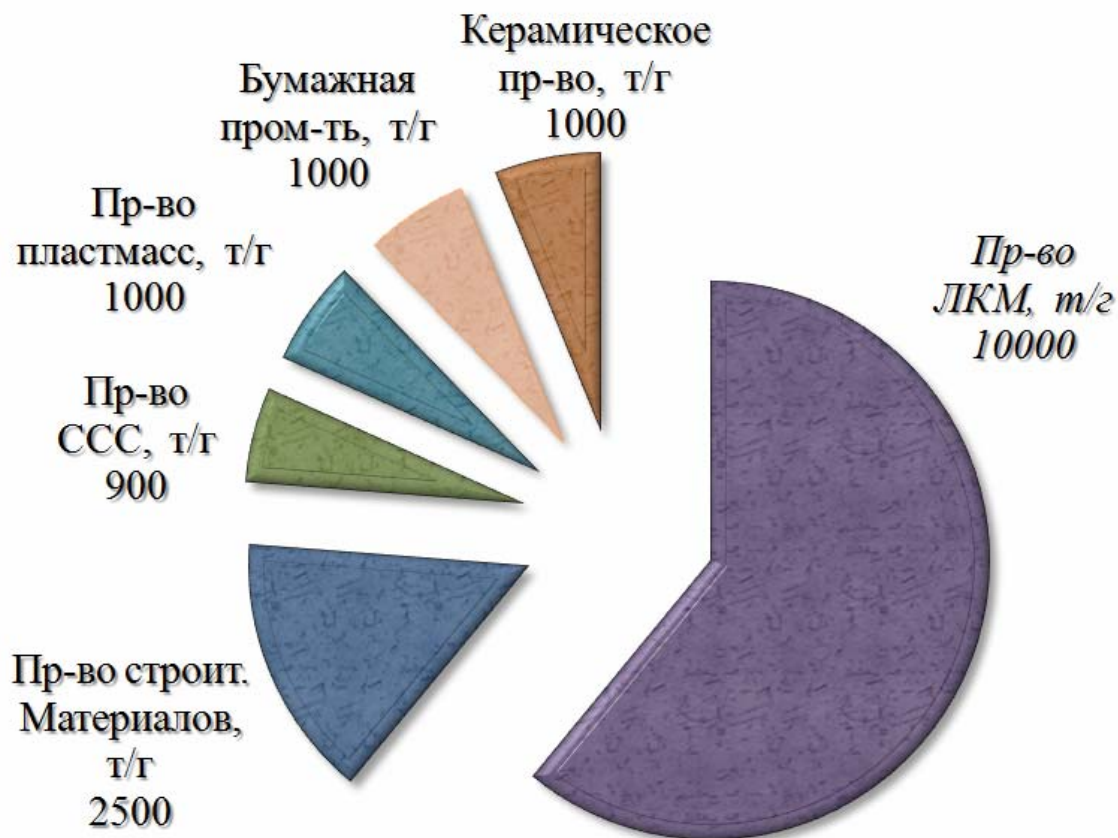


Рис. 1.4. Область применения и потребность в России

Потребность в волластоните составляет 16400 тонн в год. На производство сухих строительных смесей приходится 900т/г.

Микроармирующие свойства волластонита в сочетании с комплексом других уникальных особенностей этого материала, обеспечивающие безусадочность изготавливаемых с его применением композитов, могут оказаться особенно востребованными при производстве ССС различного назначения, при твердении которых проблема деформации стоит особенно остро. Кристаллы волластонита, имеющие игольчатую форму с плоскостями, образуют вокруг себя ассоциаты, составляющие матрицу основного состава ССС. Степень подвижности их друг относительно друга снижается, поэтому резко уменьшаются процессы усадки, например, при сушке и эксплуатации этих материалов[30,31]. В настоящее время с применением волластонита разработан ряд рецептур сухих смесей, предназначенных для ремонта и отделки любых помещений. В среднем содержание добавки волластонита в рецептурах ССС составляет около 5-10% от их веса, варьируясь в некоторых пределах в зависимости от назначения и вида материала. В затворенном виде они весьма пластичны, легко наносятся и имеют хорошую

адгезию к различным поверхностям. Волластонит повышает водоудерживающую способность затворенных смесей, усиливает их структурообразование и уменьшает, а в ряде случаев полностью ликвидирует усадку при твердении. Волластонитсодержащие сухие смеси рекомендуются для ремонтных и отделочных работ по любым основаниям: бетону, кирпичу, штукатурке, гипсокартону, асбестоцементу и т. д. [31].

Н.А. Орлова, А.М. Белоусов [32] отмечают, что применение воксил 100 в качестве добавки модифицированного ровнителя для пола приводит к снижению усадки и незначительному увеличению прочности при изгибе.

Однако, месторождения минерального сырья, содержащего силикаты кальция (волластонита) в России ограничены, т.е. не могут обеспечить поставку на рынок достаточного количества волластонита удовлетворительного качества. Применение волластонита в ССС хоть и приводит к снижению усадки и повышению водоудерживающей способности, но прочность композитов повышает незначительно и не обеспечивает достаточной водостойкости известковых смесей [31,32].

В настоящее время наполнители – синтетический силикат кальция (волластонит), аморфный и кристаллический гидросиликат кальция (ксонотлит) можно промышленно производить из фосфогипса (крупнотоннажного отхода химических предприятий) с использованием технологии низкотемпературного гидротермального синтеза, который осуществляется при температуре менее 100°C и атмосферном давлении. Сушка и кристаллизация полученного продукта осуществляется при температуре 1150°C [31].

По результатам предварительного поиска и отбора информации по вопросам, касающихся разработки и создания строительных композитов с использованием высокодисперсных наноразмерных наполнителей, проводимого в период с 1992 года по 2011 год, всего было отобрано 73 патента на изобретения, содержащих сведения о наполнителях и композициях на их основе (приложение).

Как видно из рис. 1.5, особый интерес к использованию высокодисперсных (наноразмерных) наполнителей при получении строительных композитов проявился в начале 90-х годов 20-го века. Основную часть этих публикаций составляли патенты на вяжущие, сухие строительные смеси и смеси бетонные, изготовленные с использованием высокодисперсных наполнителей, в том числе и нанометрового диапазона. Интерес к таким исследованиям вызван необходимостью повышения качества строительных композитов различного назначения с учетом передового опыта в области строительного материаловедения. В конце 90-х годов наблюдается снижение интереса исследователей к

указанной проблематике, что может иметь как очевидные объективные и субъективные причины, в том числе исторические. В период с 2001 по 2011 год были опубликовано 45 патентов, что свидетельствует о возобновлении исследований в области создания эффективных сухих строительных смесей с высокодисперсными наполнителями.

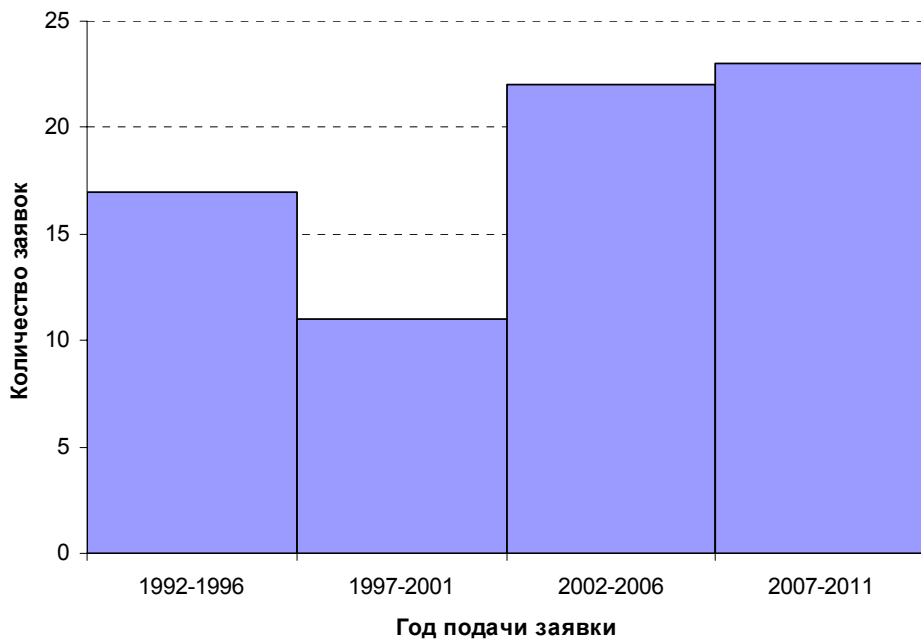


Рис. 1.5. Динамика подачи заявок по высокодисперсным наполнителям и композитам на их основе

Анализ репрезентативной выборки патентов свидетельствует о том, что количество действующих патентов составляет 56,16% (рис. 1.6).

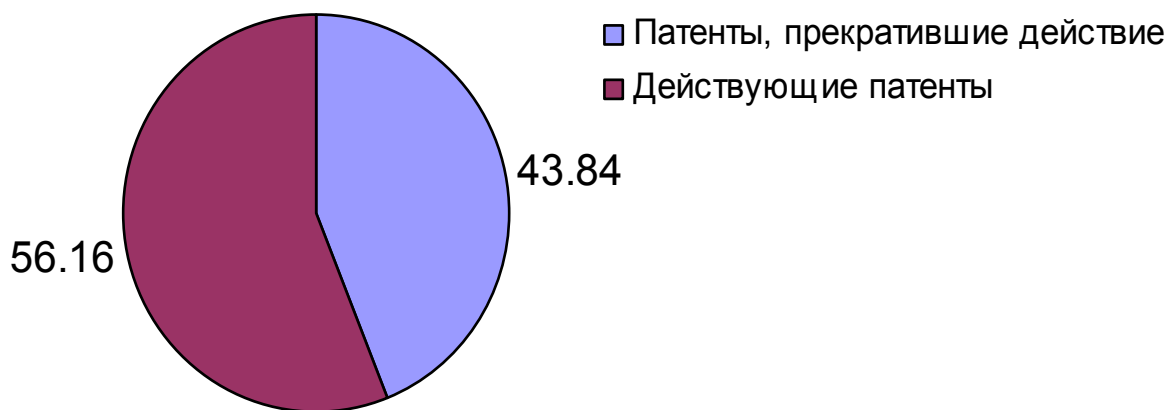


Рис. 1.6. Статус авторских свидетельств и патентов, посвященным высокодисперсным наполнителям и композитам на их основе

В работах [33,34,35,36,37,38] описаны способы и составы шихт для синтеза волластонита. Недостатками способов получения волластонита являются высокие энергозатраты, многоступенчатость при производстве, небольшой выход целевого продукта, использование токсичных минерализаторов.

Представляет интерес применение в ССС гидросиликатов кальция, активно взаимодействующих с известью.

В патенте РФ № 2134246 описан способ приготовления вяжущих материалов на основе силикатов для строительства, нефтедобычи, в качестве сырья для получения коллоидного кремнезема и в других областях. Способ предусматривает: измельчение силикат-глыбы в присутствии воды или водяного пара; сушка и измельчение – при температуре 60-95°C; измельчение в присутствии воды или водяного пара в количестве 20-30 %; измельчение в присутствии оксиэтилированного продукта в количестве 0,01-0,35 % от массы силикат-глыбы [39]. Недостаток указанного способа – длительность производственного цикла и значительные энергетические затраты.

Известен способ получения порошков гидратированных щелочных силикатов, растворимых при обычных условиях путем гидратации гранулята силикат глыбы в автоклаве до молярного соотношения SiO_2 : $\text{H}_2\text{O} = 0,7 : 2,0$ и последующего обезвоживания раствора в сушилке теплоносителем при температурах 40-100°C с остаточным содержанием гидратной воды в порошке 15-25 мас. % [40]. Недостатком указанного способа является необходимость дополнительных затрат на очистку теплоносителя и удаление избыточной влаги.

В большинстве случаев синтетические силикаты получают осаждением из водных растворов силикатов натрия ионным обменом с катионами, образующими нерастворимые силикаты, такими как кальций.

В патенте РФ № 2133218 описан способ получения высокодисперсных гидросиликатов кальция, предназначенных для лакокрасочной, бумажной, резинотехнической и других отраслей промышленности и может быть использовано при получении наполнителей для строительных материалов, пигментов, красителей, средств защиты растений, полимерных материалов, электроизоляционных изделий, пластмасс. Технология получения заключается в следующем: жидкое стекло (силикатный модуль 2,4-4,2) разбавляют водой в соотношении 1(0,5-1). Добавляют 15-20%-ный раствор CaCl_2 при перемешивании в 1,1-1,5 избытке от стехиометрически необходимого. Осажденный осадок отделяют, промывают, сушат при 80-90°C. Получают высокодисперсный неокрашенный кремнеземсодержащий порошок. При получении

окрашенных порошков в раствор жидкого стекла вводят CuSO_4 , NiSO_4 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и т.д. в количестве 1-95% от требуемого CaCl_2 . Остаток CaCl_2 добавляют при перемешивании. Интенсивность окраски возрастает с количеством вводимой добавки и не ослабляется или становится более интенсивной после прокаливании при 800°C [41].

Известна также технология получения искусственного неорганического материала [42], базирующаяся на технологии осаждения из жидкого стекла гидросиликатов кальция минеральной кислотой в комплексе с растворимой солью, например HCl и MgCl_2 с последующей гидротермальной обработкой при температуре 350°C .

В патенте Великобритании № 1221060 [43] описан способ получения изоляционного материала на основе осажденного силиката кальция, согласно которому синтез осуществляется осаждением силиката щелочного металла (например, силиката натрия) раствором кальциевой соли (например, CaCl_2 с концентрацией 50-150 г/л) Для удаления NaCl полученный продукт тщательно промывают, а затем вновь распускают в воде.

Известен способ получения кремнеземсодержащего наполнителя для диазинона, применяемого в качестве средства защиты растений [44]. В водный раствор силиката натрия, содержащий 8-10 мас.% SiO_2 , при температуре в реакторе $50-80^\circ\text{C}$, снабженным мешалкой, непрерывно подают раствор, содержащий 4-8% хлорида кальция, частично осаждавая силикат кальция. Раствор солей подают в количестве, обеспечивающем недостаток 75-95% хлорида кальция по отношению к стехиометрически необходимому для полного осаждения силиката кальция из раствора Na_2SiO_3 . Затем в другом реакторе реакцию смесь обрабатывают соляной кислотой до pH 7.2-8.0, частично осаждавая диоксид кремния. Полученную суспензию многократно фильтруют и отмывают от минеральных солей, отделяют осадок наполнителя и сушат в распылительной сушилке. Для осаждения используется излишне разбавленный водный раствор силиката натрия, с низким содержанием SiO_2 (8-10 мас.%). Такая низкая концентрация раствора силиката натрия снижает выход готового продукта. Обработка реакционной смеси соляной кислотой до pH 7.2-8.0 для осаждения диоксида кремния приводят к частичному растворению образовавшихся в системе гидросиликатов кальция по реакции $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$. Вновь образующийся вследствие разложения гидросиликатов хлорид кальция остается в растворе и вымывается при промывке осадка, снижая тем самым общий выход осажденных продуктов реакции.

Недостатками приведенных выше способов получения гидросиликатов кальция ионным обменом является: многоступенчатость процесса синтеза, удаление аморфного кремнезема, который участвует в твердении вяжущих с образованием дополнительных гидросиликатов, что ведет в свою очередь к повышению прочности отделочных составов. Кроме того, образующаяся соль NaCl является ускорителем твердения минеральных вяжущих, что также способствует упрочнению известкового композита.

Таким образом, технология синтеза гидросиликатов кальция, используемых в последующем для производства известковых ССС, требует корректировки, так как применение такого наполнителя в композициях с минеральными вяжущими диктует необходимость более полного использования его потенциала, а именно, реакционную способность наполнителя.

Анализ отечественной и зарубежной научно-технической, патентной литературы свидетельствует, что проблема повышения водостойкости известковых композитов остается на сегодняшний день актуальной. На сегодняшний день не разработана технология синтеза наполнителей на основе ГСК для применения их в ССС на основе минеральных вяжущих.

2. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

2.1. Закономерности синтеза гидросиликатов кальция

Среди всего многообразия силикатов наибольший практический интерес представляют силикаты $n\text{CaO}\cdot m\text{SiO}_2$ и гидросиликаты $n\text{CaO}\cdot m\text{SiO}_2\cdot p\text{H}_2\text{O}$ кальция. Силикаты кальция различного состава и структуры нашли широкое применение при производстве строительных материалов, бумаги, красок, пластмасс, композиционных полимерных и металлокерамических материалов, сорбентов для очистки вод. В ряде случаев они являются высококачественными заменителями талька, каолина, мела, диоксида титана. В последние годы особое внимание уделяется разработке оптимальных способов синтеза и изучению возможностей практического применения таких силикатов кальция, как волластонит $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$ и ксонотлит $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$, который является промежуточным продуктом гидротермального синтеза волластонита. Это обусловлено ценными физико-химическими, физико-механическими, термическими свойствами ксонотлита и волластонита и разнообразием минерального сырья, являющегося потенциальным источником для их получения [45, 46].

В настоящее время существует большое количество способов получения силикатов кальция из различных кальций- и кремнийсодержащих соединений: расплавные методы получения волластонита, гидротермальный (автоклавный) синтез гидросиликатов кальция, синтез путём прямых твердофазных реакций при повышенных температурах [46,47,48]. Наиболее перспективным способом получения силикатов кальция является синтез, основанный на взаимодействии исходных компонентов в водной среде при обычных условиях (температуре 20°C и давлении $1,013\cdot 10^5$ Па). Следует отметить, что процессы формирования, фазовый и элементный состав, физико-химические свойства силикатов кальция, синтезируемых в различных системах при обычных условиях, остаются малоизученными. Поэтому проблема разработки и оптимизации процессов синтеза гидросиликатов кальция из доступного сырья является актуальной [45].

При изучении закономерностей синтеза ГСК применяли натриевое жидкое стекло различной плотности и модуля. В качестве добавки-осадителя применяли хлористый кальций.

При разработке технологии производства наполнителей учитывались следующие факторы: плотность и модуль жидкого стекла, количество, вид и концентрация раствора добавки-осадителя, режим высушивания осадка, время его хранения.

В ходе исследований было выявлено оптимальное содержание добавки-осадителя при синтезе наполнителя, которое составляет 30-50 % от массы жидкого стекла в виде 7,5-15%-ного раствора в зависимости от плотности и модуля жидкого стекла. Из табл. 2.1 видно, что с увеличением содержания добавки-осадителя при синтезе наполнителя возрастает прочность при сжатии известковых составов с наполнителями. Так, прочность при сжатии известкового камня с наполнителем, синтезированным из жидкого стекла плотностью $\rho=1335$ кг/м³ и модулем $M=2,9$ в присутствии 15%-ного раствора добавки CaCl₂ в количестве 15-90 % от массы жидкого стекла на сухой остаток, варьируется в диапазоне значений 2,34-4,98 МПа соответственно, а с наполнителем, синтезированным из жидкого стекла в присутствии 7,5%-ного раствора добавки CaCl₂ прочность при сжатии находится в интервале 2,42-5,07 МПа. Выход наполнителей, синтезированных из жидкого стекла в присутствии CaCl₂ в виде 15%-ного раствора в количестве 30 % и 50 % от массы жидкого стекла, составил 85 %, а у наполнителей, синтезированных из жидкого стекла в присутствии CaCl₂ в виде 7,5%-ного раствора в количестве 30 % и 50%-100%. Прочность при сжатии известкового камня с наполнителем, синтезированным из жидкого стекла плотностью $\rho=1663$ кг/м³ и модулем $M=1,53$ в присутствии 15%-ного раствора добавки CaCl₂ в количестве 15-90 % от массы жидкого стекла, находится в интервале 1,78-3,86 МПа. Выход наполнителя, синтезированного из жидкого стекла плотностью $\rho=1663$ кг/м³ и модулем $M=1,53$ в зависимости от концентрации добавки CaCl₂ составляет 36-95 %. Увеличение содержания добавки-осадителя при синтезе ГСК приводит к увеличению прочности при сжатии известкового камня. Однако, выход ГСК снижается.

Т а б л и ц а 2.1

Прочность при сжатии известковых композитов

Модуль жидкого стекла	Плотность жидкого стекла, кг/м ³	Количество добавки-осадителя CaCl ₂ от массы жидкого стекла, %	Концентрация раствора добавки-осадителя, %	Прочность при сжатии известковых композиций в присутствии ГСК, МПа	Выход ГСК, %
2,9	1335	15	7,5	2,42±0,127	54
			15	2,34±0,124	55
		30	7,5	4,72±0,256	100
			15	4,60±0,245	85
		50	7,5	4,84±0,272	100
			15	4,76±0,268	85
		90	7,5	5,07±0,298	90
			15	4,98±0,296	67
1,53	1664	15	7,5	1,71±0,106	38
			15	1,78±0,107	36
		30	7,5	3,24±0,208	55
			15	3,28±0,208	53
		50	7,5	3,64±0,234	95
			15	3,72±0,237	88
		90	7,5	4,28±0,264	85
			15	3,86±0,243	70

П р и м е ч а н и е. Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии указаны с надежностью 0,95.

В ходе работы исследовалось влияние скорости введения, концентрации раствора добавки CaCl₂, температуры жидкого стекла, на гранулометрию наполнителя. Применение разбавленных растворов приводит к замедлению выпадения осадка и появлению более крупных кристаллов. Так, при введении добавки-осадителя CaCl₂ в форме 7,5 %-ного раствора содержание частиц размером 0,05-5 мкм составляет

5,58 %, а частиц размером 10-45 мкм – 53,46 %. Менее 5 % составляют частицы диаметром 6,677 мкм. Содержание частиц размером 45-100 мкм составляет 32,62 %, появляются кристаллы с размерами частиц 100-200 мкм, их содержание составляет 0,04 %. Значение удельной поверхности составляет $S_{уд}=4309 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (табл. 2.2). Оценка гранулометрического состава полученных наполнителей проводилась с помощью автоматического лазерного дифрактометра Fritsch Particle Sizer Analysette 22.

Т а б л и ц а 2.2

Гранулометрический состав наполнителей

Размер фракций, мкм	Содержание, %*
0,05-1,000	0,59/0,94*
1,000-2,000	0,85/1,71
2,000-3,000	1,02/2,46
3,000-4,000	1,41/2,70
4,000-5,000	1,71/2,80
5,000-10,000	8,31/12,88
10,000-20,000	18,91/18,46
20,000-45,000	34,55/34,05
45,000-100,000	32,62/23,48
100,000-200,000	0,04/0.00

П р и м е ч а н и е.* Над чертой приведены значения содержания фракций при введении 7,5%-ного раствора добавки-осадителя, под чертой – введение 15%-ного раствора добавки-осадителя

В соответствии с рис. 2.1 и 2.2 при увеличении времени созревания осадка наблюдается рост кристаллов.

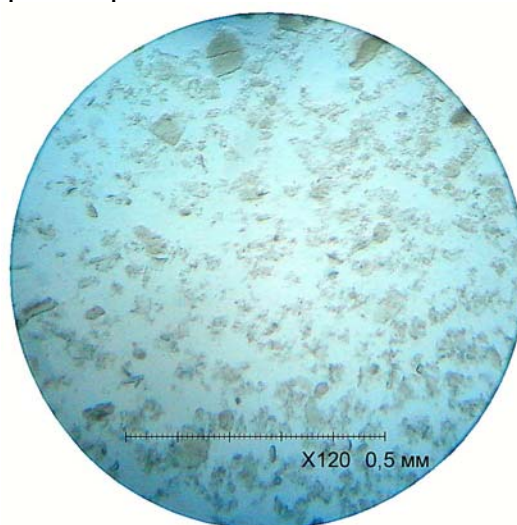


Рис. 2.1. Изображение кристаллов (созревание в течение 2 суток в фильтрате)

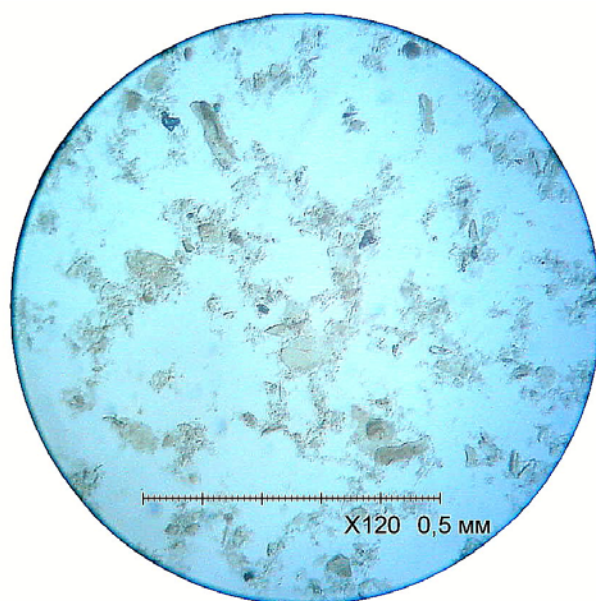


Рис. 2.2. Изображение кристаллов
(созревание в течение 4 суток в фильтрате)

Повышение температуры в процессе осаждения ускоряет формирование кристаллической решетки и тормозит образование зародышевых центров кристаллизации, в результате формируются более крупные кристаллы (рис. 2.3).

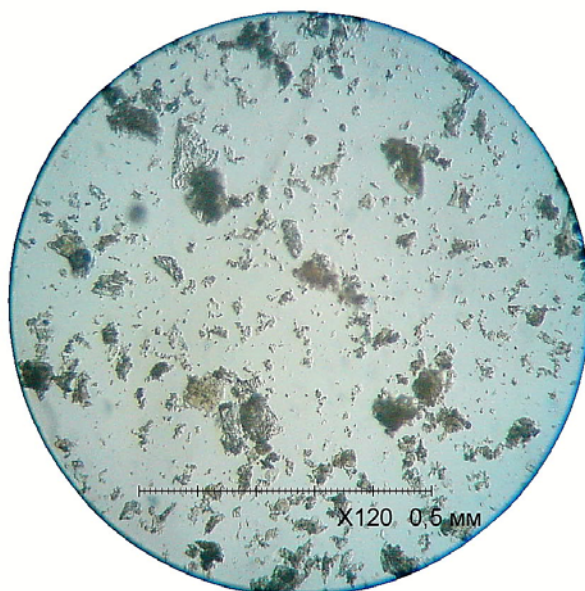


Рис. 2.3. Изображение кристаллов ГСК в результате синтеза из подогретого жидкого стекла при введении 15% CaCl_2

Установлено, что при медленном введении добавки-осадителя CaCl_2 (по каплям) в виде 15%-ного раствора образуется небольшое число мелких частиц в осадке. Данные гранулометрического состава, свидетельствует, что содержание частиц размером 0,05-10 мкм составляет 18,35 %, преобладают частицы размером 20-45 мкм, содержание которых составляет 38,52 %. Среднеарифметическое значение размера частиц наполнителя, синтезированным при медленном введении добавки-осадителя, CaCl_2 составляет 29,35 мкм в соответствии с табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.3

Гранулометрический состав наполнителей

Размер фракций, мкм	Содержание, %
0,05-1,000	0,51/0,94*
1,000-2,000	0,78/1,71
2,000-3,000	1,46/2,46
3,000-4,000	1,73/2,70
4,000-5,000	1,95/2,80
5,000-10,000	11,92/12,88
10,000-20,000	20,75/18,46
20,000-45,000	38,52/34,05
45,000-100,000	26,37/23,48
100,000-200,000	0,00/0,00

П р и м е ч а н и е*. Над чертой приведены значения содержания фракций при медленном введении 15%-ного раствора добавки-осадителя, под чертой – при быстром введении 15%-ного раствора добавки-осадителя.

При быстром введении добавки-осадителя скорость образования зародышей кристаллов большая и образуется мелкодисперсный осадок, состоящий из большого числа мелких частиц. Выявлено, что среднеарифметическое значение размера частиц наполнителя составляет 28,41 мкм, при этом 35 % составляют частицы размером 15,579 мкм. Менее 5 % составляют частицы диаметром 2,954 мкм, а при медленном введении – диаметром 4,279 мкм.

В ходе исследований определялся рН растворов. рН 7,5-15%-ного раствора добавки CaCl_2 равен соответственно 7,12-7,3; 50 %-ый раствор жидкого стекла плотностью $\rho=1335 \text{ кг/м}^3$ и модулем $M=2,9$ имеет рН=11,8, а у 50%-ного раствора жидкого стекла плотностью $\rho=1663 \text{ кг/м}^3$ и модулем $M=1,5$ рН=13,6. рН осадка, полученного в результате синтеза растворов жидкого стекла и добавки-осадителя в зависимости

от ее содержания, а также модуля и плотности жидкого стекла, приведен в табл. 2.4.

Т а б л и ц а 2.4

РН наполнителя в зависимости от условий синтеза

Количество добавки-осадителя CaCl_2	Модуль жидкого стекла	Плотность жидкого стекла, кг/м^3	РН
30 % от массы жидкого стекла	2,9	1335	11
50 % от массы жидкого стекла			10,2
90 % от массы жидкого стекла			9,6
30 % от массы жидкого стекла	1,53	1663	12,6
50 % от массы жидкого стекла			12,4
90 % от массы жидкого стекла			12,2

При разработке синтеза наполнителя исследовалось влияние вида добавки-осадителя на его активность.

При введении сульфата алюминия при синтезе наполнителя приводит к повышению прочности при сжатии известкового камня с наполнителем, синтезированным из жидкого стекла в присутствии добавок-осадителей CaCl_2 в количестве 45% от массы жидкого стекла и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в количестве 11% от массы жидкого стекла. Так, прочность при сжатии известкового камня с наполнителем, синтезированным в присутствии добавок-осадителей CaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, составляет 5,0 МПа, прочность контрольного образца известкового камня с наполнителем, синтезированным в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 равна 4,6 МПа. На рис. 2.4 приведена рентгенограмма наполнителя, синтезированного в присутствии добавок-осадителей CaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. В образцах наполнителя, синтезированного при совместном ведении CaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, присутствуют дифракционные линии (Å) следующих соединений: гидросиликаты кальция C-S-H(I) и (II): 10,1337; 7,6742; 3,5796; 2,8290; 2,4662; 2,2261; 2,2061; 1,2625; гипс: 4,3105; 4,3114; 2,2261; цеолиты: 3,2658; 1,9981; 1,7130; кальцит: 3,8583; 3,0395; 1,4115 арагонит: 1,8782; 1,2976; ватерит: 1,2625 [49,50,51,52]. Наличие допол-

нительных соединений (цеолитов, гипса) и дополнительного количества гидросиликатов типа С-S-H, взаимодействующих с известью, способствует упрочнению структуры известкового камня.

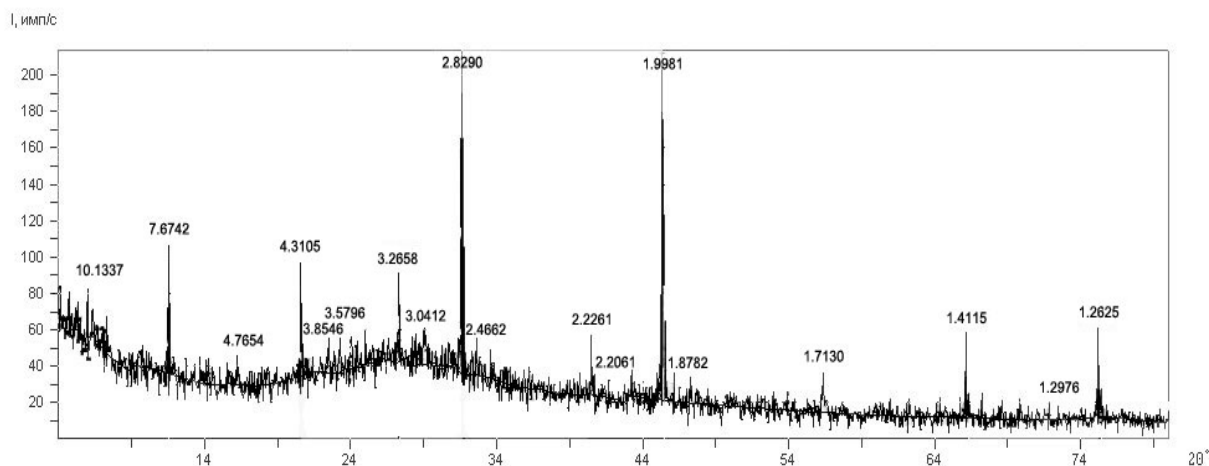


Рис. 2.4. Рентгенограмма образцов наполнителя, синтезированного при введении добавки CaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Для получения окрашенных наполнителей вводили добавку-хромофора FeCl_3 как совместно с добавкой CaCl_2 , так и отдельно.

Эксплуатационные свойства композиционных материалов, какими являются ССС, определяются в числе других факторов гранулометрическим составом наполнителя. Оценку гранулометрического состава полученных наполнителей проводили с помощью автоматического лазерного дифрактометра Fritsch Particle Sizer Analysette 22.

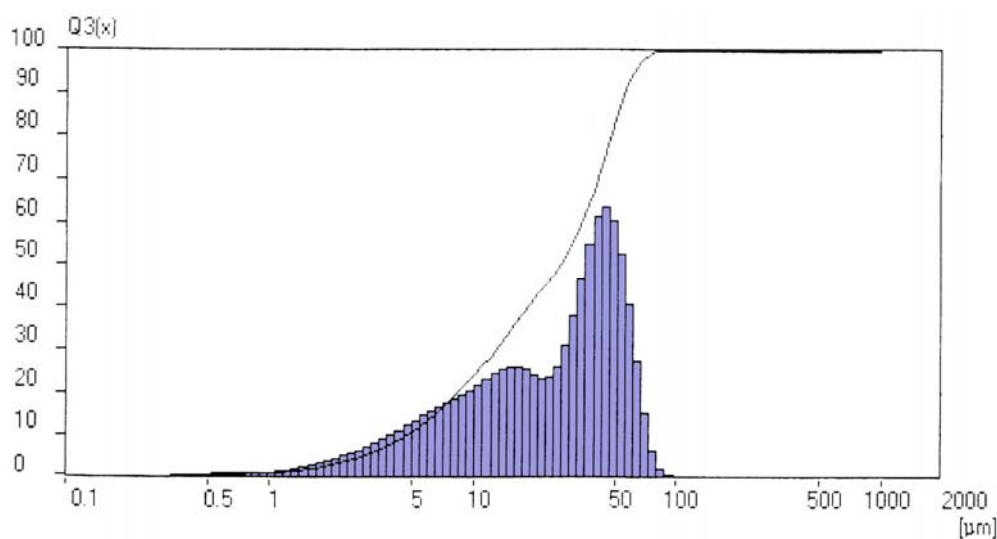


Рис. 2.5. Гранулометрический состав наполнителя, полученного синтезом в присутствии CaCl_2 , (удельная поверхность $S_{\text{уд}}=5876 \text{ см}^2/\text{см}^3$)

Установлено, что кривые распределения частиц по размерам силикатсодержащего наполнителя имеют схожий полифракционный характер (рис. 2.5-2.8).

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2.5, свидетельствует, что распределение размеров частиц наполнителя, полученного синтезом в присутствии CaCl_2 , является двухмодальным, средний диаметр частиц составляет 28 мкм, преобладает размер частиц в диапазоне 20-45 мкм – 35 %, 45-100 мкм – 23 % и 10-20 мкм – 18 %, при этом более 99 % составляют частицы с размером менее или равные 73 мкм. Содержанием частиц в диапазоне 0,05-1 мкм составляет 1 %. Значение удельной поверхности составляет $S_{\text{уд}}=5876 \text{ см}^2/\text{см}^3$

У наполнителя, полученного синтезом при совместном введении добавок CaCl_2 и FeCl_3 , распределение размеров частиц является четырехмодальным (рис. 2.6). Средний размер частиц составляет 38 мкм. Значение удельной поверхности составляет $S_{\text{уд}}=5031 \text{ см}^2/\text{см}^3$. Содержание частиц размером 0,05-1,0 мкм составляет 1,1%, а в диапазоне 45-100 мкм – 39% и 20-45 мкм – 30%.

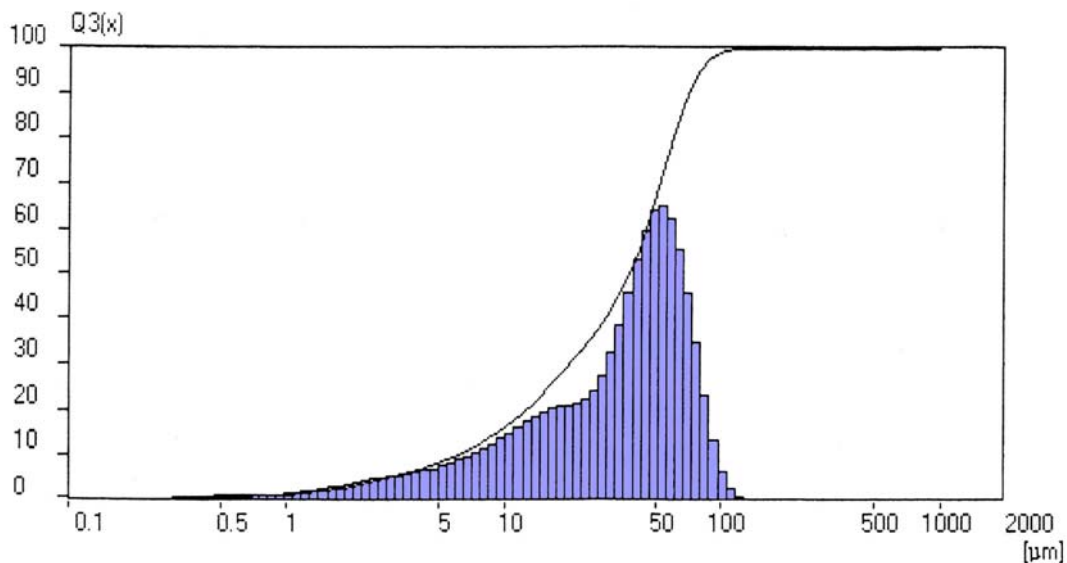


Рис. 2.6. Гранулометрический состав наполнителя, полученного синтезом при совместном введении добавок CaCl_2 и FeCl_3 (удельная поверхность $S_{\text{уд}}=5031 \text{ см}^2/\text{см}^3$)

Распределение размеров частиц наполнителя, полученного синтезом в присутствии только добавки FeCl_3 является одномодальным (рис. 2.7). Средний размер частиц составляет 61 мкм (рис. 2.8). Преобладает размер частиц в диапазоне 45-100 мкм – 61%, в диапазоне 20-45 мкм содержится всего 21 % и более 99 % составляют частицы с размером менее или равные 160 мкм. Значение удельной поверхности

составляет $S_{уд}=6070 \text{ см}^2/\text{г}$. Содержание частиц размером 0,05-1,0 мкм составляет 0,69%.

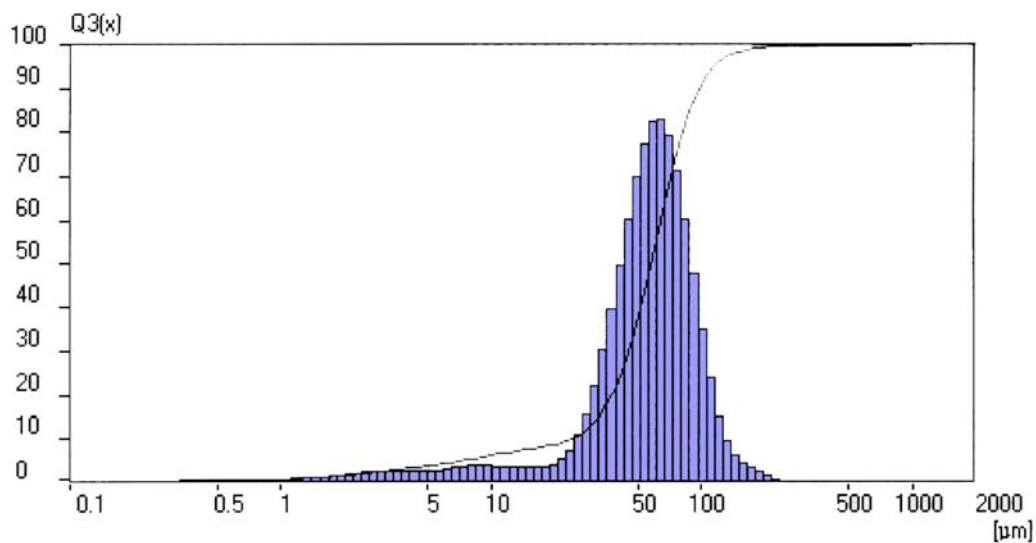
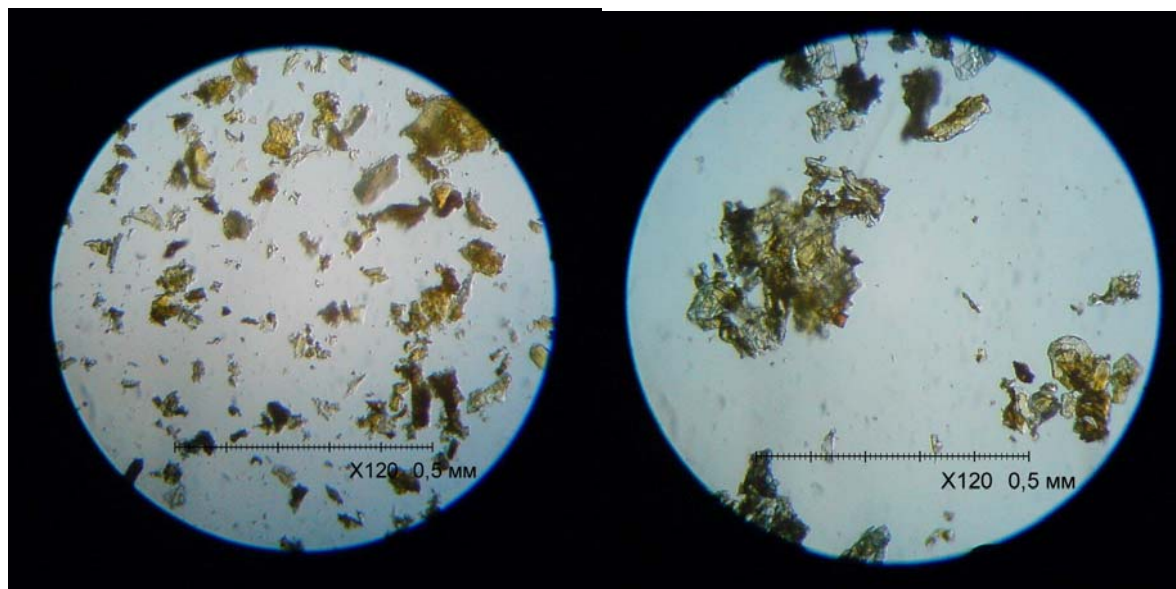


Рис. 2.7. Гранулометрический состав наполнителя, полученного синтезом в присутствии добавки FeCl_3 (удельная поверхность $S_{уд} = 6070 \text{ см}^2/\text{г}$)

На рис. 2.8 представлены фотографии, полученные с помощью оптического микроскопа с увеличением $\times 120$.



1

2

Рис. 2.8. Снимки наполнителя:
1 – наполнитель, синтезируемый в присутствии добавки-хромофора FeCl_3 ;
2 – наполнитель, синтезируемый в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 и добавки-хромофора FeCl_3

Анализ экспериментальных данных показал, что прочность при сжатии известковых композиций с наполнителем, синтезированным из жидкого стекла в присутствии совместного введения добавок CaCl_2 и FeCl_3 , выше на 28% по сравнению с составами на наполнителях, синтезируемых в присутствии только CaCl_2 (табл. 2.5).

Т а б л и ц а 2.5

Прочность при сжатии известкового композита

Условия синтеза наполнителя	Прочность при сжатии, МПа
Осаждение в присутствии добавки хромофора FeCl_3 в виде 15%-го раствора в количестве 30% от массы жидкого стекла	$2,86 \pm 0,158$
Осаждение в присутствии добавки хромофора CaCl_2 в виде 15%-го раствора в количестве 30% от массы жидкого стекла	$3,62 \pm 0,199$
Осаждение в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 (1/7 часть массы жидкого стекла) и добавки-хромофора FeCl_3 (1/3 часть массы жидкого стекла) в виде 15%-го раствора	$4,63 \pm 0,256$
Осаждение в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 (1/2 часть массы жидкого стекла) и добавки-хромофора FeCl_3 (1/2 часть массы жидкого стекла) в виде 15% раствора	$4,32 \pm 0,254$
Осаждение в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 (1/3 часть от массы жидкого стекла) и добавки-хромофора FeCl_3 (1/7 часть массы жидкого стекла) в виде 15% раствора	$3,96 \pm 0,223$

П р и м е ч а н и е. Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии указаны с надежностью 0,95.

Прочность известковых композиций состава 1:0,3 при В/И=0,9 с применением окрашенных наполнителей на основе FeCl_3 варьируется в диапазоне значений 2,86-4,63 МПа, в то время как при применении неокрашенных наполнителей (контрольного образца) составляет – 3,62 МПа.

Очевидно, такое влияние на изменение прочности известковых композитов с наполнителями, полученными при различном содержании добавки хромофора, обусловлено различным их фазовым соста-

вом. Анализ ионизационных рентгенограмм образцов наполнителя, синтезированного в присутствии CaCl_2 и хромофора FeCl_3 , показал, что в образцах присутствуют следующие соединения: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ - α -гидрат двухкальциевого силиката, с дифракционными характеристиками (d , Å)-1,52; 1,63; 1,92; 3,92; $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с дифракционными характеристиками (d , Å)-2,07; 1,60; $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ с дифракционными характеристиками (d , Å)-2,737; 2,60; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ - β -гидрат двухкальциевого силиката-1,52; 1,82; 2,29; 2,50 (рис. 2.9).

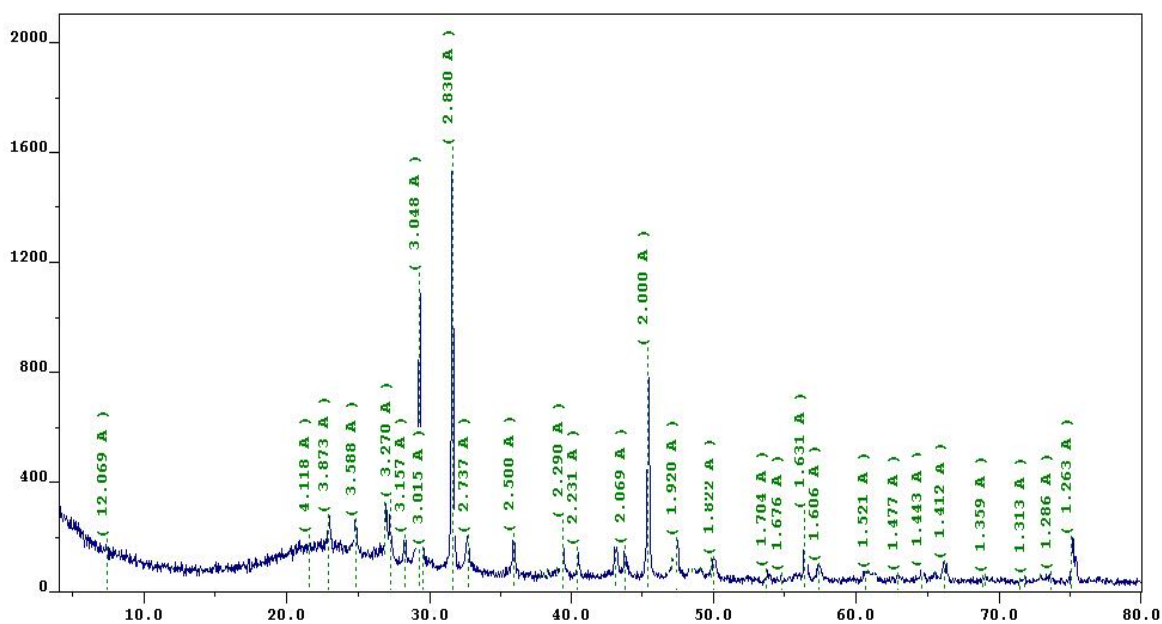


Рис. 2.9. Рентгенограмма образцов наполнителя, синтезированного при введении добавки CaCl_2 и хромофора FeCl_3

Наличие в составе наполнителя соединений $3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а также $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ способствует ускорению отверждения известковых композиций. Об этом также дополнительно свидетельствуют данные времени высыхания известковых составов. Так, время высыхания известкового состава на растворной подложке до степени 3 составляет 10-15 мин, до степени 5–20-25 мин., в то время как аналогичные составы с применением, например, тонкомолотой опоки соответственно 30 мин и 50 мин.

Для определения оптимальной плотности и модуля жидкого стекла, был спланирован полный факторный эксперимент. Основные уровни факторов и интервалы варьирования приведены в табл. 2.6. В качестве параметра оптимизации была выбрана прочность при сжатии

известкового композита у. Однородность дисперсий оценивалась по критерию Кохрена, адекватность моделей проверялась по критерию Фишера, значимость коэффициентов – по критерию Стьюдента при уровне значимости 0,05 [53,54,55].

Т а б л и ц а 2.6

Условия изменения переменных

Уровни факторов	Факторы	
	Плотность жидкого стекла (x_1), кг/м ³	Модуль жидкого стекла (x_2)
Верхний уровень	1663	2,9
Нижний уровень	1130	1,53
Интервал варьирования	266,5	0,69

В результате обработки полученных экспериментальных данных была получена линейная модель для состава Известь+ГСК

$$R_{сж} = 3,57 + 0,95x_1 + 1,18x_2. \quad (2.1)$$

Полученная модель (2.1) адекватно описывает влияние исследуемых факторов на прочность при сжатии известкового композита. Значимость коэффициентов уравнения регрессии свидетельствует о существенном влиянии плотности и модуля на параметр оптимизации. Интерпретация абсолютных значений коэффициентов уравнения регрессии и их знаков указывает на преобладающее влияние модуля жидкого стекла на формирование прочности. Графическая интерпретация полученной модели представлена на рис. 2.10.

Используя полученную модель, была рассчитана прочность при сжатии известкового композита в зависимости от плотности и модуля жидкого стекла (табл. 2.7). Установлено, что оптимальная плотность жидкого стекла находится в диапазоне значений 1130-1663 кг/м³ при модуле М=1,53-2,9.

Таким образом, в зависимости от условий синтеза, можно получить наполнитель, характеризующийся различными свойствами (размерами, наличием аморфной составляющей и т.д.) [56,57,58,59,60].

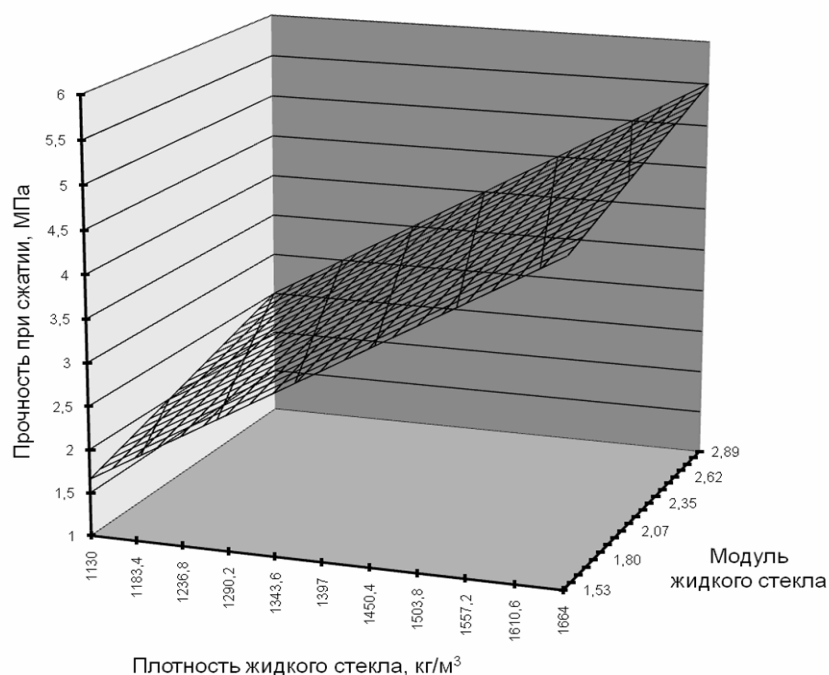


Рис. 2.10. Зависимость прочности при сжатии от плотности и модуля жидкого стекла в системе «известь-гидросиликаты кальция»

Обобщенный анализ результатов экспериментальных данных позволил установить оптимальное соотношение компонентов, выбрать вид, количество и концентрацию раствора добавки-осадителя, участвующей в синтезе наполнителя, а также установить оптимальную плотность и модуль жидкого стекла. Наибольшими преимуществами с точки зрения прочностных характеристик обладают составы с наполнителем, полученным синтезом из жидкого стекла плотностью 1335-1663 кг/м³ и модулем $M=1,53-2,9$ в присутствии добавки-осадителя $CaCl_2$ в количестве 30-50 % от массы жидкого стекла в виде 7,5-15%-ного раствора, и высушенного при температуре 105⁰С.

2.2. Свойства наполнителей

Эксплуатационные свойства композиционных материалов, какими являются ССС, определяются в числе других факторов тонкостью помола наполнителя, его гранулометрическим составом. В связи с этим в работе было определено влияние условий синтеза наполнителя на его гранулометрический состав. Установлено, что кривые распределения частиц по размерам силикатсодержащего наполнителя имеют полифракционный характер (рис. 2.11, 2.12).

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2.11 и 2.12, свидетельствует, что распределение размеров частиц наполнителя, полученного синтезом в присутствии CaCl_2 в виде 7,5-15%-ого раствора, является двухмодальным, средний диаметр частиц составляет 28,64 мкм и 34,19 мкм преобладает размер частиц в диапазоне 20-45 мкм – 34-35% и 45-100 мкм – 23-32%, при этом более 99% составляют частицы с размером менее или равные 73,23 мкм. Содержанием частиц в диапазоне 0,05-1 мкм составляет 0,7-1%. Значение удельной поверхности составляет $S_{\text{уд}}=4310-5876 \text{ см}^2/\text{см}^3$.

При изучении качественного состава новообразований синтезированного наполнителя методами РФА, ЭМС и ИКС установлено, что степень закристаллизованности образцов невысокая. Образуются гидросиликаты кальция различной основности.

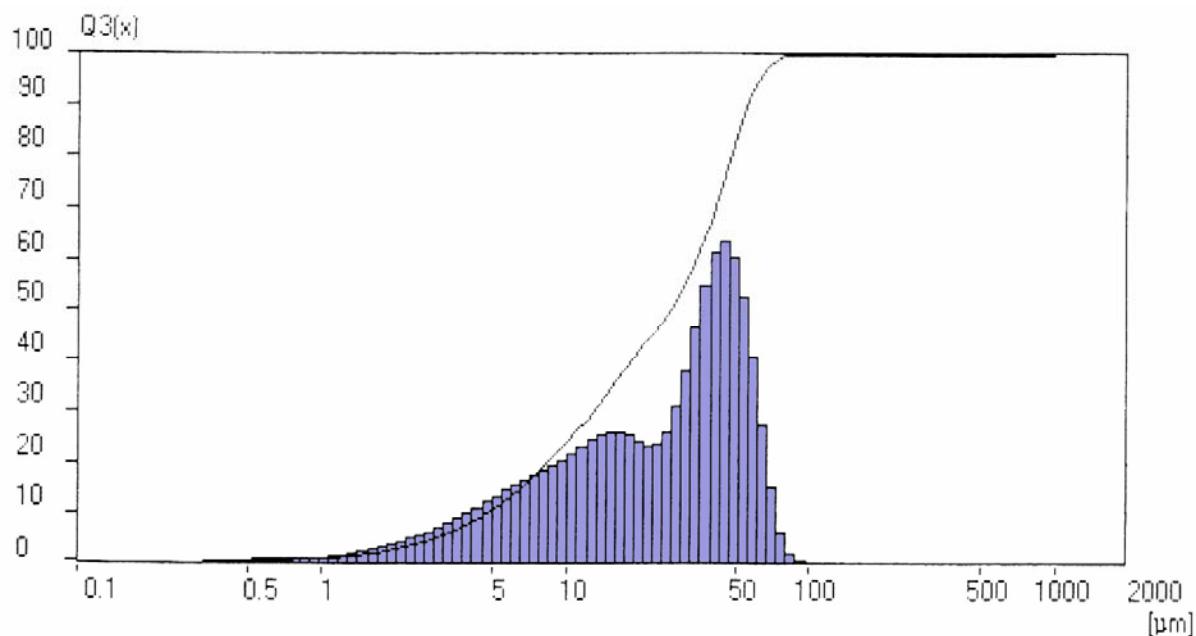


Рис. 2.11. Гранулометрический состав наполнителя, полученного синтезом в присутствии CaCl_2 в виде 15%-ного раствора, (удельная поверхность $S_{\text{уд}}=5876 \text{ см}^2/\text{см}^3$)

Таблица 2.7

1,53	1,44	1,54	1,63	1,73	1,82	1,92	2,01	2,11	2,20	2,30	2,39	2,49	2,58	2,68	2,77	2,87	2,96	3,06	3,15	3,25	3,34
1,60	1,56	1,65	1,75	1,84	1,94	2,03	2,13	2,22	2,32	2,41	2,51	2,60	2,70	2,79	2,89	2,98	3,08	3,17	3,27	3,36	3,46
1,67	1,68	1,77	1,87	1,96	2,06	2,15	2,25	2,34	2,44	2,53	2,63	2,72	2,82	2,91	3,01	3,10	3,20	3,29	3,39	3,48	3,58
1,73	1,79	1,89	1,98	2,08	2,17	2,27	2,36	2,46	2,55	2,65	2,74	2,84	2,93	3,03	3,12	3,22	3,31	3,41	3,50	3,60	3,69
1,80	1,91	2,01	2,10	2,20	2,29	2,39	2,48	2,58	2,67	2,77	2,86	2,96	3,05	3,15	3,24	3,34	3,43	3,53	3,62	3,72	3,81
1,87	2,03	2,13	2,22	2,32	2,41	2,51	2,60	2,70	2,79	2,89	2,98	3,08	3,17	3,27	3,36	3,46	3,55	3,65	3,74	3,84	3,93
1,94	2,15	2,24	2,34	2,43	2,53	2,62	2,72	2,81	2,91	3,00	3,10	3,19	3,29	3,38	3,48	3,57	3,67	3,76	3,86	3,95	4,05
2,01	2,27	2,36	2,46	2,55	2,65	2,74	2,84	2,93	3,03	3,12	3,22	3,31	3,41	3,50	3,60	3,69	3,79	3,88	3,98	4,07	4,17
2,07	2,38	2,48	2,57	2,67	2,76	2,86	2,95	3,05	3,14	3,24	3,33	3,43	3,52	3,62	3,71	3,81	3,90	4,00	4,09	4,19	4,28
2,14	2,50	2,60	2,69	2,79	2,88	2,98	3,07	3,17	3,26	3,36	3,45	3,55	3,64	3,74	3,83	3,93	4,02	4,12	4,21	4,31	4,40
2,21	2,62	2,72	2,81	2,91	3,00	3,10	3,19	3,29	3,38	3,48	3,57	3,67	3,76	3,86	3,95	4,05	4,14	4,24	4,33	4,43	4,52
2,28	2,74	2,83	2,93	3,02	3,12	3,21	3,31	3,40	3,50	3,59	3,69	3,78	3,88	3,97	4,07	4,16	4,26	4,35	4,45	4,54	4,64
2,35	2,86	2,95	3,05	3,14	3,24	3,33	3,43	3,52	3,62	3,71	3,81	3,90	4,00	4,09	4,19	4,28	4,38	4,47	4,57	4,66	4,76
2,41	2,97	3,07	3,16	3,26	3,35	3,45	3,54	3,64	3,73	3,83	3,92	4,02	4,11	4,21	4,30	4,40	4,49	4,59	4,68	4,78	4,87
2,48	3,09	3,19	3,28	3,38	3,47	3,57	3,66	3,76	3,85	3,95	4,04	4,14	4,23	4,33	4,42	4,52	4,61	4,71	4,80	4,90	4,99
2,55	3,21	3,31	3,40	3,50	3,59	3,69	3,78	3,88	3,97	4,07	4,16	4,26	4,35	4,45	4,54	4,64	4,73	4,83	4,92	5,02	5,11
2,62	3,33	3,42	3,52	3,61	3,71	3,80	3,90	3,99	4,09	4,18	4,28	4,37	4,47	4,56	4,66	4,75	4,85	4,94	5,04	5,13	5,23
2,69	3,45	3,54	3,64	3,73	3,83	3,92	4,02	4,11	4,21	4,30	4,40	4,49	4,59	4,68	4,78	4,87	4,97	5,06	5,16	5,25	5,35
2,75	3,56	3,66	3,75	3,85	3,94	4,04	4,13	4,23	4,32	4,42	4,51	4,61	4,70	4,80	4,89	4,99	5,08	5,18	5,27	5,37	5,46
2,82	3,68	3,78	3,87	3,97	4,06	4,16	4,25	4,35	4,44	4,54	4,63	4,73	4,82	4,92	5,01	5,11	5,20	5,30	5,39	5,49	5,58
2,89	3,80	3,90	3,99	4,09	4,18	4,28	4,37	4,47	4,56	4,66	4,75	4,85	4,94	5,04	5,13	5,23	5,32	5,42	5,51	5,61	5,70

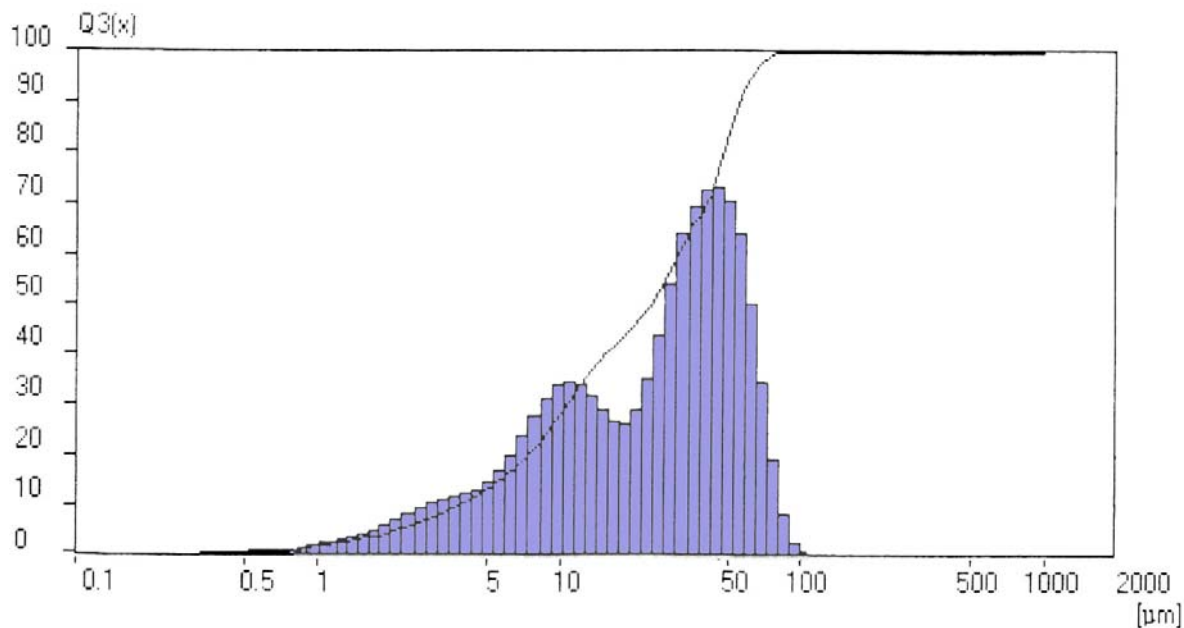


Рис. 2.12. Гранулометрический состав наполнителя, полученного синтезом в присутствии CaCl_2 в виде 7,5%-ного раствора, (удельная поверхность $S_{\text{уд}}=4310 \text{ см}^2/\text{см}^3$)

На рентгенограмме (рис. 2.13) образцов наполнителя, синтезированного из жидкого натриевого стекла с силикатным модулем $M=2,9$, плотностью $\rho=1335 \text{ кг/м}^3$, в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 , сразу после сушке, присутствуют дифракционные линии (Å) гидросиликатов кальция C-S-H (I) и C-S-H (II): 10,13; 3,582; 3,2936; 2,820; 2,719; 2,4662; 2,2827; 2,220; 2,875; 2,82; 2,22; 2,062; 1,823; 1,629; 1,41; карбонатов кальция: 3,858; 3,039; 1,869; 1,660; 1,297; 1,262; галитов: 3,145; 1.99449; 1.62748 [49,50,51,52].

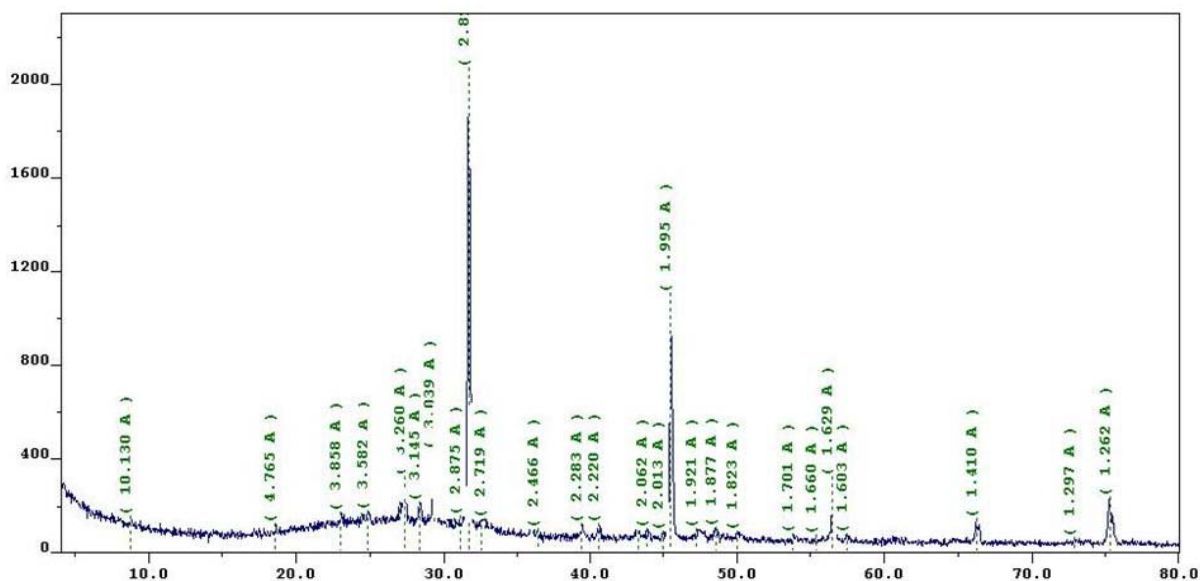


Рис. 2.13. Рентгенограмма образцов наполнителя, синтезированного при введении добавки CaCl_2 в количестве 30% от массы жидкого стекла (жидкое стекло с модулем $M=2,9$ и плотностью $\rho=1335 \text{ кг/м}^3$)

Аналогичные данные по структуре порошка получены на электронном сканирующем микроскопе Phenom™ G2 pro (рис. 2.14). Анализ снимков показывает, что структура представлена образованиями разной формы пластинчатой и игольчатой, соответствующей гидросиликатам кальция. Благодаря игольчатой форме структуры, наполнитель выступает также и в роли микроармирующего элемента.

Для дополнительной оценки был проведен анализ ИК - спектра образца полученного наполнителя. На рис. 2.15 видно чётко выделяющиеся полосы поглощения в областях $850\text{--}1100 \text{ см}^{-1}$, $550\text{--}750 \text{ см}^{-1}$, $400\text{--}550 \text{ см}^{-1}$, подтверждающие наличие в синтезируемом материале гидросиликатов кальция. Группа полос в области $550\text{--}750 \text{ см}^{-1}$ отнесена к симметричным колебаниям мостиковых связей Si-O-Si в $[\text{SiO}_4]$ – тетраэдрах. Полосы поглощения в области 1600 и 3400 см^{-1} обусловлены деформационными и валентными колебаниями кристаллизационной воды [61].

Проведенные исследования показывают, что наполнитель на основе ГСК обладает гидравлической активностью. Активность наполнителя, определенная в соответствии с методикой [23], составляет в зависимости от режима синтеза $178\text{--}289 \text{ мг/г}$. Данные об активности приведены в табл. 2.8.

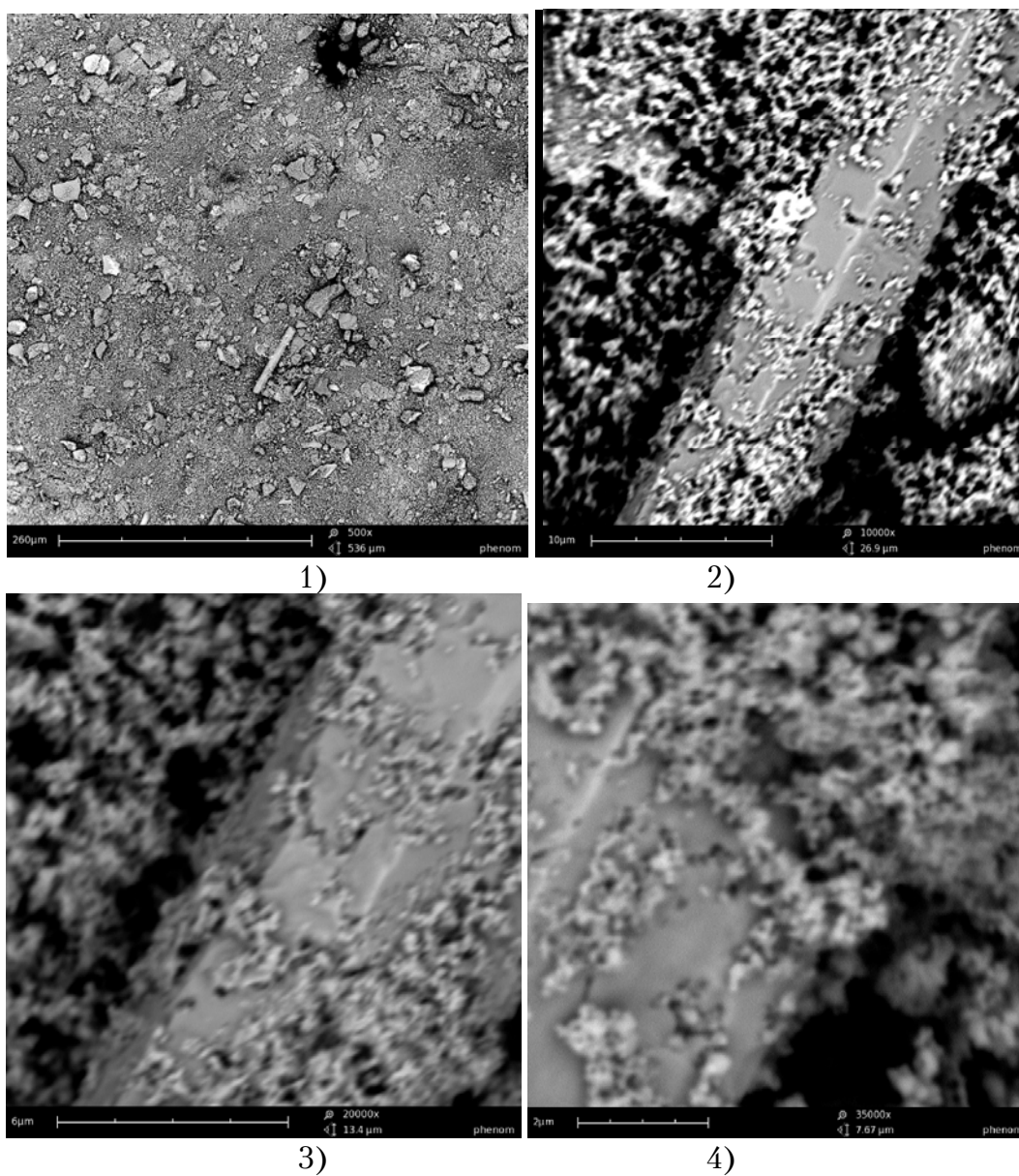


Рис. 2.14. Электронно-микроскопический снимок наполнителя на основе ГСК (500×); 2)(10000×); 3)(20000×); 4) (35000×)

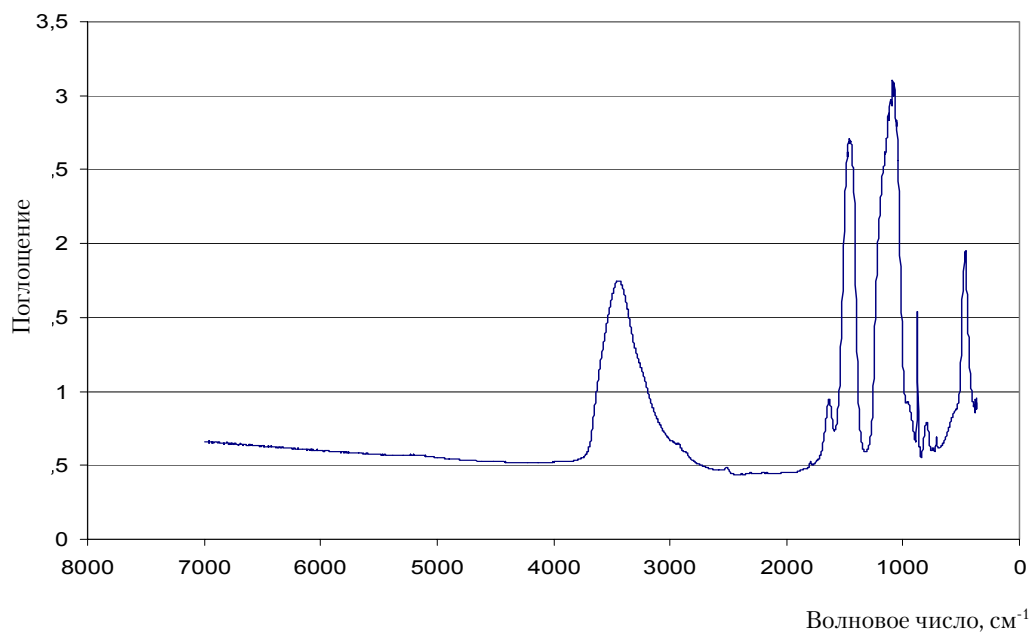


Рис. 2.15. ИК-спектр образца синтезированного наполнителя

Т а б л и ц а 2.8

Активность наполнителя

Условия синтеза наполнителя	Активность наполнителя, мг/г
1	2
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1335$ кг/м ³ и модулем $M=2,9$ в присутствии добавки-осадителя $CaCl_2$ в количестве 30% от его массы	289
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1130$ кг/м ³ и модулем $M=2,9$ в присутствии добавки-осадителя $CaCl_2$ в количестве 30% от его массы	215
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1335$ кг/м ³ и модулем $M=2,9$ в присутствии добавки-осадителя $CaCl_2$ в количестве 50% от его массы	243

Окончание табл. 2.8

1	2
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1130$ кг/м ³ и модулем $M=2,9$ в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 в количестве 50% от его массы	225
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1663$ кг/м ³ и модулем $M=1,53$ в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 в количестве 30% от его массы	178
Наполнитель, синтезируемый из жидкого натриевого стекла плотностью $\rho=1663$ кг/м ³ и модулем $M=1,53$ в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 в количестве 50% от его массы	285

Активность наполнителей зависит от температуры высушивания. Наибольшей активностью обладает наполнитель, высушенный после фильтрации при температуре 300°C. Прочность при сжатии $R_{сж}$ образцов в возрасте 28 суток твердения в воздушно-сухих условиях состава 1:0,3 (известь: наполнитель) по массе при водоизвестковом отношении В/И, равном В/И=0,7, при использовании наполнителя, высушенного при температуре 300°C, составляет $R_{сж}=6,79$ МПа, а состава с применением наполнителя, высушенного при температуре 105°C, – 4,56 МПа, т.е. прирост прочности при сжатии составляет 50% (табл. 2.9).

Т а б л и ц а 2.9

Прочность известковых композиций

Температура сушки наполнителя, °С	Водоизвестковое отношение, В/И	Прочность, МПа	
		при сжатии	при изгибе
105	0,7	4,56±0,248	1,73±0,109
105	0,9	3,62±0,204	1,59±0,091
200	0,7	6,15±0,378	1,84±0,111
200	0,9	4,88±0,273	1,73±0,102
300	0,7	6,79±0,424	2,12±0,119
300	0,9	5,69±0,312	1,98±0,121

П р и м е ч а н и е. Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии и прочности на растяжение при изгибе указаны с надежностью 0,95.

Исследование гигроскопических свойств наполнителей показало, что они обладают высокой сорбционной ёмкостью. Так, при сорбционном увлажнении при относительной влажности воздуха 72 %, сорбционное увлажнение спустя 10 суток составляет 20 %, а при относительной влажности 100 % – 95 %.

Исследовались влияние сроков и условий хранения наполнителя на его активность. С этой целью часть наполнителя хранилась в условиях, исключающих доступ влаги, а часть – на открытом воздухе при относительной влажности 70-75 % и температуре 18-20°С. После хранения наполнителя в течение 10..40 суток были заформованы образцы состава известь:наполнитель=1:0,3 при водоизвестковом отношении В/И=0,7 и 0,9. Образцы твердели при относительной влажности воздуха 70 % и температуре 18-20°С. В табл. 2.10 приведены значения прочности при сжатии и изгибе образцов в возрасте 28 суток твердения. В качестве контрольного приняты образцы, заформованные сразу же после высушивания наполнителя.

Т а б л и ц а 2.10

Влияние условий хранения на активность наполнителя

Водоизвестковое отношение, В/И	Прочность при сжатии, МПа				
	Время хранения наполнителя, сут.				
	0	10	20	30	40
0,7	4,56	4,56/4,32	4,50/3,82	4,18/3,40	3,66/2,84
0,9	3,62	3,62/1,82	3,62/1,82	3,24/1,76	2,73/1,37

П р и м е ч а н и е: Над чертой приведены значения прочности при сжатии при хранении наполнителя в условиях, исключающих доступ влаги, под чертой – при хранении на воздухе.

Результаты исследований, приведенные в табл. 2.10, свидетельствуют, что при хранении наполнителя в условиях, исключающих доступ влаги, активность наполнителя практически не изменяется. Так, значение прочности при сжатии образцов, заформованных при В/И=0,65 на наполнителе сразу же после его высушивания, составляет $R_{сж}=4,56$ МПа, а заформованных на наполнителе после его хранения в течение 10...20 суток – 4,56-4,50 МПа. Некоторые колебания значений прочности при сжатии связаны со статистической изменчивостью. Спустя 20 суток хранения в условиях, исключающих доступ влаги, активность его несколько снижается. Снижение прочности при сжатии образцов, заформованных при В/И=0,7 на наполнителе после хранения в течение 30...40 суток, составляет 8,3-19,7%, а при В/И=0,9 – 10,5-24,6%.

Хранение наполнителей в воздушно-сухих условиях резко изменяет его активность. Так, снижение прочности при сжатии известковых композиций, заформованных при В/И=0,9 на наполнителе после хранения в течение 30...40 суток, составляет 57,9-68,6%.

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВОК ГСК

3.1. Закономерности формирования структуры известковых композиций

Твердение растворов на гашёной извести обусловлено протеканием двух процессов: кристаллизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при высыхании растворов и карбонизации гидроксида кальция. Этот процесс протекает в первую очередь в поверхностных слоях. Карбонизация глубинных слоёв длительна, поскольку, во-первых, количество CO_2 в атмосфере составляет лишь 0,04%, а, во-вторых, образующаяся плёнка CaCO_3 обладает низкой проницаемостью. Поэтому в центральной части хорошо уплотнённых растворов долгое время сохраняется значительное количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Испарение воды из раствора также способствует увеличению прочности. Образование CaCO_3 обуславливает повышение прочности и водостойкости изделий. Если в качестве наполнителя использовать активные добавки, наряду с образованием карбонатов возможно появление и гидросиликатов кальция, повышающих прочность растворов. Образованием значительного количества гидросиликатов, улучшающих сцепление вяжущего с заполнителем, и объясняется высокая прочность известковых растворов. Карбонизация наиболее интенсивно протекает при влажности изделий 5-8%. При полном высыхании изделий, как и при чрезмерном их увлажнении, процесс прекращается [23,62,63,64,65].

Введение в известковую композицию наполнителя на основе ГСК изменяет характер структурообразования. Для оценки процессов структурообразования был проведён термодинамический анализ возможных реакций при взаимодействии компонентов смеси (извести, наполнителя на основе гидросиликатов кальция и воды затворения) в соответствии со вторым законом термодинамики, который устанавливает связь между тепловым эффектом химически необратимого процесса и работой соответствующего необратимого процесса и определяется уравнением Гиббса-Гельмгольца [66]:

$$\Delta G = \Delta H_p + T \cdot \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \quad (3.1)$$

где G – энергия Гиббса;
 H_p – энтальпия процесса;
 T – температура, К.

Учитывая, что структурообразование исследуемой системы 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. Результаты расчетов термодинамических параметров представлены в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Термодинамические параметры реакций при взаимодействии
компонентов растворной смеси

№ реакции	Формула соединения	Теплота образования H_{298}^0 , кДж/моль	Энергия Гиббса G_{298}^0 , кДж/моль	Реакции
1	Ca(OH)_2	-63,3	-55,7	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$
2	CaCO_3	-114,7	-74,6	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
3	$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-2757	-2439,4	$5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2 = 3(3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$

Результаты расчётов свидетельствуют о вероятности протекания всех рассмотренных реакций в прямом направлении (отрицательные значения H_{298}^0 . Большое числовое значение G_{298}^0 найдено для реакции образования $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ позволяет с достаточной вероятностью говорить о возможности протекания реакции не только при стандартной температуре (25°C), но и при других температурах.

Для исследования твердофазовых реакций, происходящих в процессе структурообразования известковых отделочных композиций, были применен качественный рентгеноструктурный анализ на дифрактометре марки Thermo Scientific модели ARL X'TRA были сняты рентгенограммы в интервале брегговских углов $2\theta = 4...80^\circ$, представленные на рис. 3.1–3.2.

Анализ ионизационных рентгенограмм показал, что в образцах известкового композита с синтезированным наполнителем на основе ГСК присутствуют дифракционные линии (Å) гидросиликатов кальция CSH(I) и CSH(II): 20,312; 12,363; 10,983; 7,628; 6,511; 5,69; 5,320; 4,611; 3,867; 3,746; 3,048; 3,192; 3,302; 3,048; 2,827; 2,72; 2,633;

2,501; 2,42; 2,292; 2,101; 1,92; 1,879; 1,723; портландтитов: 4,928; 2,633; 1,967; 1,799; 1,689; кальцитов: 3,867; 3,048; 3,501; 2,912; 2,42; 2,141; 1,998 [49,50,51,52] (рис. 3.1).

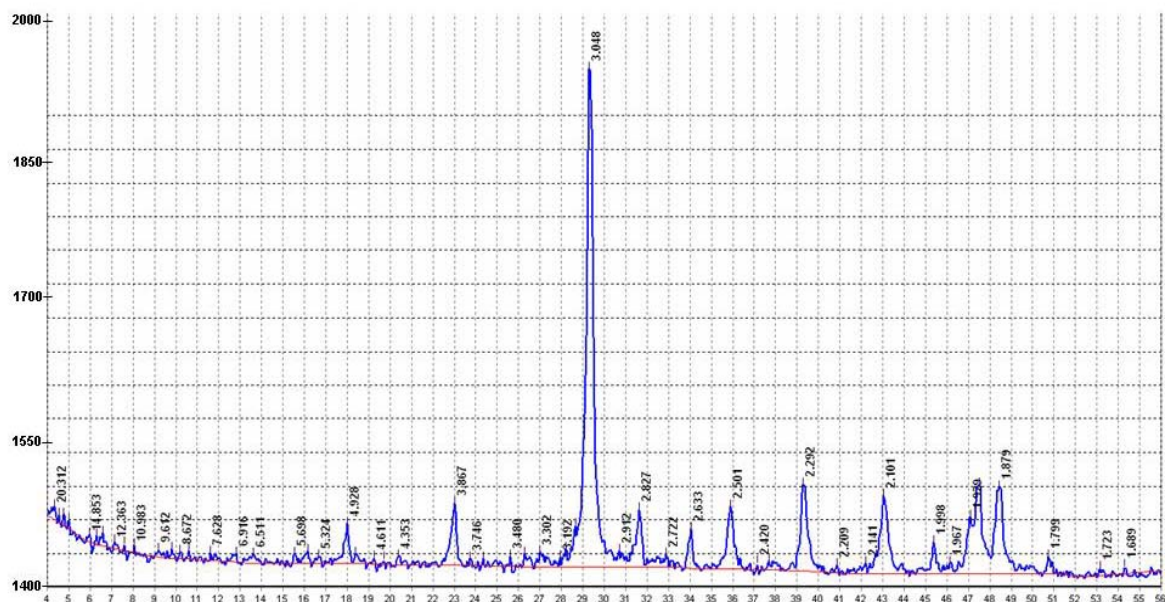


Рис. 3.1. Рентгенограмма образцов известкового камня с наполнителем, синтезированным при введении добавки CaCl_2

Увеличение количества пиков на рентгенограмме образцов известкового композита с наполнителем на основе ГСК позволяет утверждать, что данный наполнитель обладает высокой активностью и свидетельствует о химическом взаимодействии с известью.

Установлено, что количество свободной извести в контрольных образцах после 28 суток воздушно-сухого твердения составило 60 %, а в образцах с наполнителем ГСК состава И:ГСК=1:0,3, В/И=0,9 – 27 %, что свидетельствует о химическом взаимодействии гидросиликатов кальция с известью. Количество свободной извести при применении в качестве наполнителя волластонита составляет 49 % (рис. 3.2).

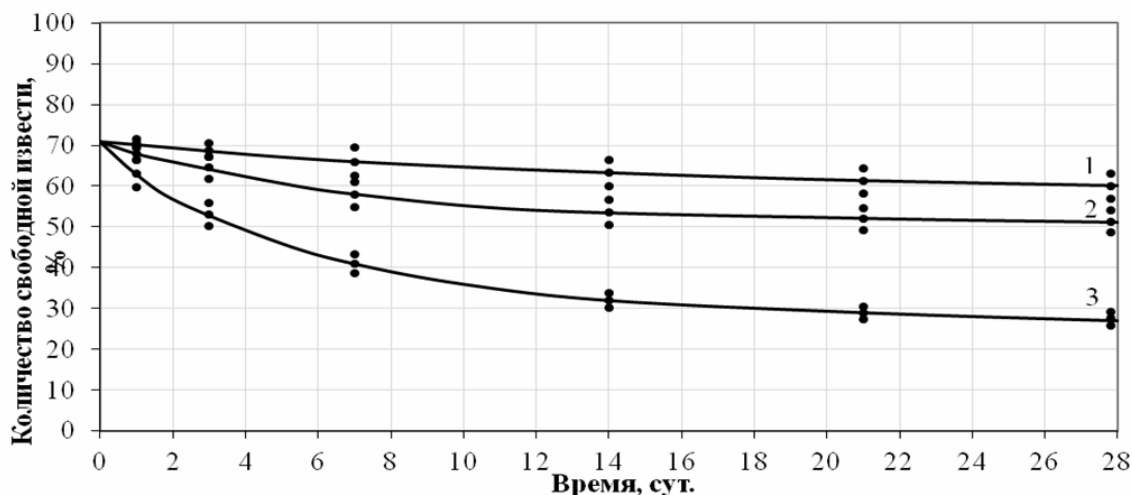


Рис. 3.2. Изменение содержания свободной извести в процессе твердения:
 1 – контрольный состав; 2 – состав И:воластонит=1:0,3, В/И=0,9;
 3-состав И:наполнитель на основе ГСК=1:0,3, В/И=0,9.

Полученные данные нашли дополнительное подтверждение при проведении дифференциально-термического анализа. Выявлено, что эндотермический эффект при нагреве до 400°C обуславливается удалением свободной воды в составах известкового композита с применением наполнителя на основе гидросиликатов кальция, сопровождающийся потерей массы до 16% (рис. 3.3), а в контрольном до 33% (рис. 3.4). Свыше 400°C происходит удаление химической связанной воды. Установлено, что в образцах известкового композита с наполнителем на основе ГСК наряду с разложением гидроксида кальция и диссоциацией карбоната кальция наблюдается дегидратация гидросиликатов кальция С-S-H(I) и С-S-H(II) при температуре 454,2°C, 471,2°C, 541,2 °C, 645,7°C, продуктами которых являются силикаты кальция β и γ модификации, воластонит и кристобалит (рис. 3.3).

Общая потеря массы в образцах известкового камня с наполнителем в интервале температур 400-700°C составляет 26% (рис. 3.3), а в контрольном всего 5% (рис. 3.4). Значительная потеря воды по массе в образцах известкового композита с наполнителем позволяют утверждать, что в результате химической реакции наполнителя и извести образуется большое число высокоосновных гидросиликатов кальция [50,67].

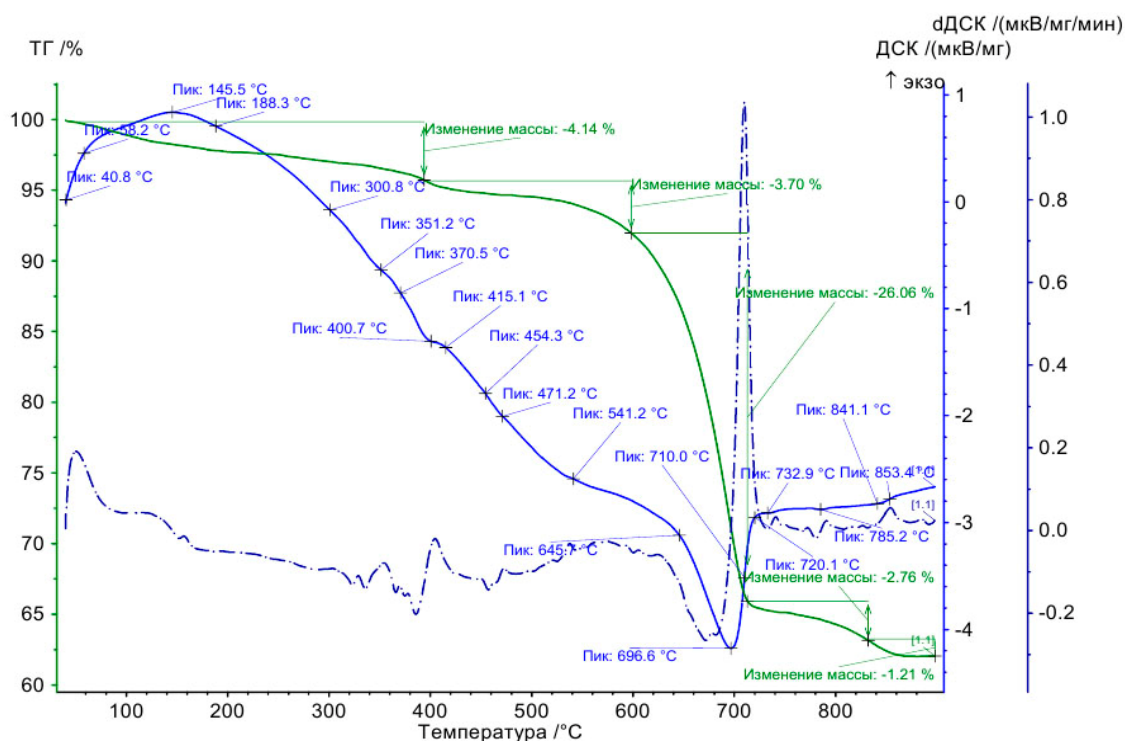


Рис. 3.3. Термограмма известкового композита с наполнителем на основе гидросиликатов кальция

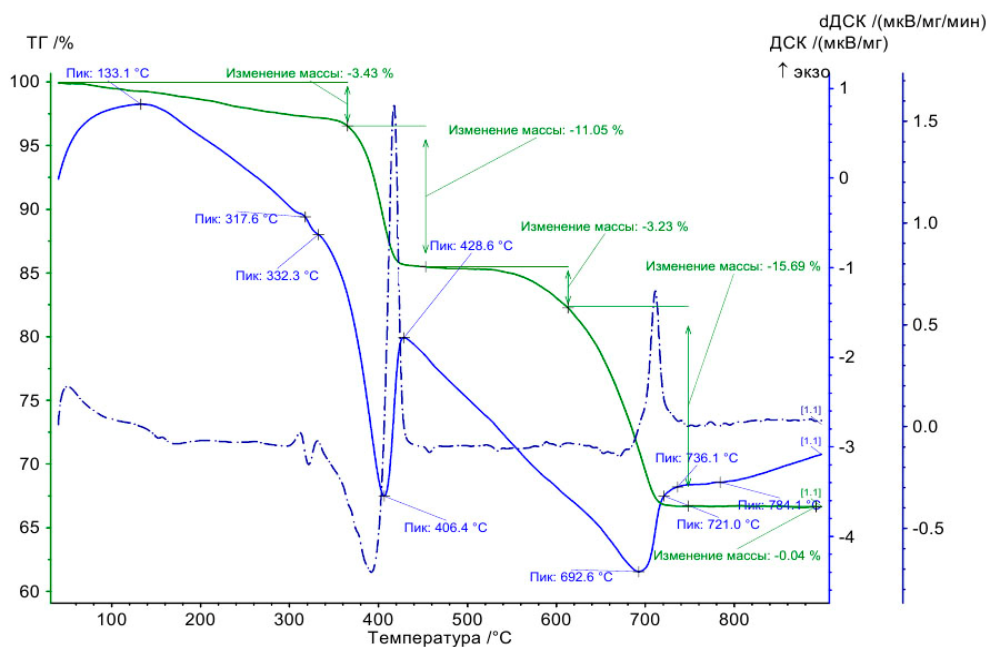


Рис. 3.4. Термограмма контрольного известкового камня

Полученные данные РФА и ДТА свидетельствуют о формировании более прочной структуры известкового камня с наполнителем на основе ГСК.

3.2. Влияние наполнителя на прочность известкового камня

Современный технологический прогресс тесно связан с созданием новых строительных материалов, обладающими высокими эксплуатационными характеристиками. В связи с этим конечной целью разработанной технологии получения гидросиликатов кальция является не просто синтез, а создание на его основе материала с определенным комплексом свойств.

Для изучения закономерностей формирования структуры и свойств отделочных составов и покрытий на их основе были исследованы образцы с различным соотношением известь:ГСК. Для сравнения были исследованы также составы с волластонитом М 200, диатомитом и микрокремнеземом.

Синтез наполнителя на основе ГСК осуществлялся из жидкого стекла с модулем $M = 2,9$ плотностью $\rho = 1335 \text{ кг/м}^3$ в присутствии CaCl_2 в количестве 30 % от массы от массы жидкого стекла в виде 15%-ного раствора. Применялась известь третьего сорта с активностью 71 %. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18-20°C и относительной влажности воздуха 60-70 %. В возрасте 28 суток твердения воздушно-сухих условиях определялась прочность при сжатии. Результаты исследований приведены в табл. 3.2.

Применение наполнителя на основе ГСК приводит к повышению прочности известкового камня в 2-3 раза в зависимости от количества наполнителя ГСК и водоизвесткового отношения. Наибольшие значения показателей прочности характерны для образцов с применением гидросиликатов кальция И:ГСК=1:0,3 и И:ГСК=1:0,15 при водоизвестковом отношении В/И=0,7 и при И:ГСК=1:0,5 при В/И=0,9. Значения прочности составляют соответственно $R_{сж} = 4,56 \text{ МПа}$ и $R_{сж} = 4,31 \text{ МПа}$. Применение микрокремнезема в количестве 15 % и 30 % от массы извести приводит к повышению прочности на 30-35 %. Введение в рецептуру волластонита приводит к повышению прочности при сжатии на 15-20 %. Введение диатомита в известковый состав в количестве 30 % от массы извести приводит к повышению прочности на 32 %. Совместное же введение диатомита с ГСК приводит к повышению прочности известкового камня на 100-122 %.

Таблица 3.2

Прочность известкового камня в зависимости от содержания
и вида наполнителя

Состав	В/И	Предел прочности, МПа, в возрасте 28 суток	
		при сжатии	при изгибе
1	2	3	4
Контрольный	0,7	1,62±0,105	0,42±0,027
	0,9	1,56±0,098	0,40±0,023
И:ГСК=1:0,05	0,7	3,96±0,237	1,38±0,086
	0,9	3,24±0,181	1,26±0,068
И:ГСК=1:0,15	0,7	4,56±0,248	1,73±0,109
	0,9	3,82±0,237	1,63±0,089
И:ГСК=1:0,3	0,7	4,56±0,254	1,73±0,110
	0,9	3,62±0,223	1,59±0,085
И:ГСК=1:0,5	0,9	4,31±0,289	1,80±0,110
	1,0	3,82±0,228	1,80±0,112
И:Д=1:0,3	0,9	2,06±0,127	0,72±0,044
И:ГСК:Д=1:0,1:0,2	0,9	3,46±0,197	1,06±0,068
И:ГСК=1:0,2:0,1	0,9	3,12±0,179	0,96±0,061
И:В=1:0,3	0,7	2,06±0,129	1,06±0,068
	0,9	1,86±0,121	0,96±0,061
И:В=1:0,15	0,7	1,93±0,122	0,72±0,044
	0,9	1,74±0,104	0,71±0,042
И:МК=1:0,3	0,7	2,12±0,135	1,34±0,074
	0,9	2,09±0,123	1,18±0,067
И:МК=1:0,15	0,7	2,24±0,118	1,14±0,073
	0,9	2,06±0,112	1,05±0,064

Примечание: МК-микрокремнезем, В-волластонит, Д-диатомит. Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии и прочности на растяжение при изгибе указаны с надежностью 0,95.

Увеличение дисперсности наполнителя приводит к росту его химической активности. В табл. 3.3 представлены значения прочности при сжатии известкового композита в зависимости от величины удельной поверхности наполнителя на основе ГСК.

Прочность при сжатии известкового композита

Состав	В/И	$S_{уд} = 5896$ см/г	$S_{уд} = 7876$ см/г	$S_{уд} = 14223$ см/г
И:ГСК=1 : 0,3	0,7	$3,64 \pm 0,221^{**}$	$4,56 \pm 0,254^{**}$	$6,28 \pm 0,362^{**}$

**Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии указаны с надежностью 0,95.

С увеличением тонкости помола наполнителя на основе ГСК наблюдается возрастание числовых значений прочности при сжатии известкового камня. Наибольшей прочностью обладают образцы на основе составов с применением наполнителя удельной поверхности $S_{уд} = 14223 \text{ см}^2 / \text{г}$. Прочность при сжатии в возрасте 28 суток твердения составляет $R_{сж} = 6,2 \text{ МПа}$. Учитывая значительные энергозатраты при измельчении, в дальнейшем в работе применялся наполнитель на основе ГСК с удельной поверхностью $S_{уд} = 7876 \text{ см}^2 / \text{г}$.

Для создания модели прочности был применен регрессионный анализ [68]. Отбор факторов для включения в модель осуществлялся на основе качественного анализа, исходя из целей и задач исследования. В качестве факторов были приняты температура сушки при синтезе наполнителя (x_1), водоизвестковое отношение (x_2), содержание наполнителя (x_3), удельная поверхность наполнителя (x_4)

Решая проблему спецификации модели, во многих случаях отдают предпочтение линейным моделям

$$\tilde{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k. \quad (3.2)$$

Это оправдано по следующим причинам:

- методы оценки параметров линейных моделей, степени их надежности, достоверности прогноза являются в целом теоретически лучше обоснованными по сравнению с нелинейными случаями;
- возможность четкой экономической интерпретации параметров линейной модели.

В результате проведенных исследований и расчетов получена модель прочности известкового камня с применением наполнителя, полученного синтезом из натриевого жидкого стекла плотностью $\rho = 1130 \text{ кг/м}^3$

$$\tilde{y} = 0,0145x_1 - 7,2458x_2 + 31,6485x_3. \quad (3.3)$$

Полученное уравнение линейной множественной регрессии является статистически значимым. Расчетное значение статистики Фишера

составляет $F_{\text{расч}} = 197,89626$, при этом вероятность того, что в уравнении регрессии описаны несущественные связи, равна 0,00001 (значимость F). Статистическая значимость параметров регрессионной модели была оценена с помощью t -критерия. Установлено, что все факторы имеют статистически значимые коэффициенты регрессии, и построенное уравнение может использоваться для прогнозирования.

Множественный регрессионный анализ позволяет разграничить влияние факторных переменных. Коэффициенты регрессии b_j показывают, на сколько единиц изменится y при изменении фактора x_j на одну единицу своего измерения. Так, например, при увеличении только температуры сушки x_1 на 10°C при неизменном водоизвестковом соотношении и содержании наполнителя прочность Y увеличивается на 0,145 МПа. Для сравнительного анализа влияния факторов использовали стандартизированные коэффициенты регрессии β_j , не зависящие от единиц измерения факторных переменных. Сравнивая стандартизированные коэффициенты друг с другом, можно ранжировать факторы по силе их воздействия на результат. Коэффициенты «чистой» регрессии связаны с β -коэффициентами следующим образом:

$$\beta_j = b_j \frac{\sigma_{xj}}{\sigma_y} \quad (3.4)$$

где σ_y – среднее квадратическое отклонение результирующего фактора;

σ_{xj} – среднее квадратическое отклонение факторной переменной.

В результате расчетов получено $\beta_1 = 0,55$, $\beta_2 = -0,78$, $\beta_3 = 0,21$. Из трех факторов, вошедших в модель, большее влияние на прочность камня оказывает изменение факторов x_2 и x_1 . При увеличении значения фактора x_2 на одно среднее отклонение $\sigma_{x_2} = 0,24$ при неизменных значениях других факторов прочность уменьшится на $0,78 \cdot \sigma_y = 0,78 \cdot 2,22 \approx 1,73$ МПа. При увеличении значения фактора x_1 на одно среднее отклонение $\sigma_{x_1} = 84,44$ при неизменных значениях других факторов прочность увеличится на $0,55 \cdot \sigma_y = 0,55 \cdot 2,22 \approx 1,22$ МПа.

Модель прочности с применением наполнителя различной удельной поверхности, полученного синтезом из натриевого жидкого стекла плотностью $= 1074 \text{ кг/м}^3$, имеет вид

$$y = -4,55x_2 + 16,15x_3 + 0,00006x_4 \quad (3.5)$$

Анализируя β -коэффициенты для этой модели регрессии, делаем вывод о том, что наибольшее влияние на прочность оказывают факторы x_2 и x_4 , $\beta_2 = 0,73$, $\beta_4 = 0,62$.

Полученные модели (3.3),(3.5) позволяют подобрать условия синтеза наполнителей и содержание наполнителей в рецептуре сухих смесей для получения определенных значений прочности.

На рис. 3.5 приведены значения прочности известкового камня в процессе твердения. Так уже за 2 суток прочность при сжатии известкового камня с добавкой ГСК составляет 1,22 МПа, а у контрольного состава 0,36 МПа.

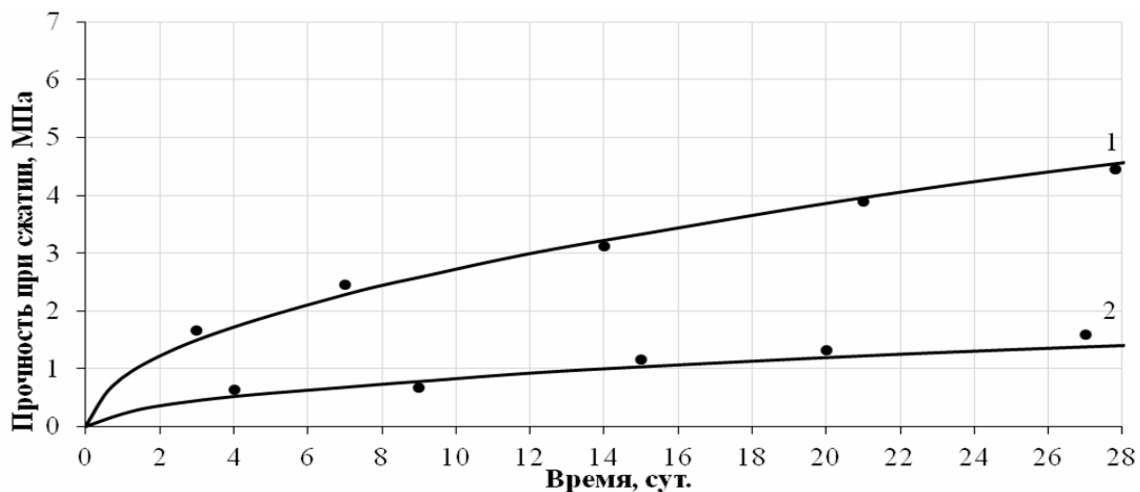


Рис. 3.5. Кинетика набора прочности известкового камня:
1 – с наполнителем на основе ГСК; 2 – контрольного

Для описания кинетики твердения предложены степенные модели зависимости прочности при сжатии от времени:

$$R_{сж} = 0,86 \cdot t^{0,5}, \quad (3.6)$$

$$R_{сж} = 0,26 \cdot t^{0,5} \quad (3.7)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности известкового камня;
 t – продолжительность твердения.

Уравнение (3.6) описывает кинетику набора прочности известкового камня с наполнителем на основе ГСК, а уравнение (3.7) – контрольного образца.

Данные модели адекватно описывают процесс кинетики твердения. Адекватность модели оценивали по критерию Фишера, значение критерия равно 1,18 и 1,21. Из таблицы распределения при 5 % уровне

значимости и степеней свободы, равных 3 и 7, значение критерия Фишера $F=4,35$.

У состава с наполнителем на основе ГСК скорость набора прочности выше, чем у контрольного состава. Уже за сутки скорость твердения состава И:Н=1:0,3, В/И=0,9 составила 0,86 МПа/сут, у контрольного образца 0,22 МПа/сут.

В табл. 3.4 приведены значения скорости набора прочности в процессе твердения.

Ускорение отверждения известкового состава, очевидно, связано с тем, что наряду с карбонатным твердением известковых образцов идет и гидросиликатное твердение.

При оценке структуры установлено, что известковые составы образуют покрытия, характеризующиеся высокой пористостью и значительным объемом открытых пор (табл.3.5).

Введение в рецептуру известкового состава наполнителя на основе ГСК приводит к уменьшению пористости и увеличению объема закрытых пор, вследствие чего уменьшается водопоглощение известкового камня.

Т а б л и ц а 3.4

Скорость набора прочности известкового камня

Состав	Интервал времени, сут.	Скорость твердения, Па/сут
И:Н=1:0,3, В/И=0,9	0-1	0,86
	1-2	0,36
	2-3	0,26
	3-4	0,26
	4-5	0,20
	5-6	0,18
	6-7	0,18
	7-14	0,13
	14-21	0,10
	21-28	0,09
Контрольный образец	0-1	0,26
	1-2	0,10
	2-3	0,08
	3-4	0,08
	4-5	0,06
	5-6	0,06
	6-7	0,04
	7-14	0,05
	14-21	0,03
	21-28	0,03

Характеристика пористой структуры известкового камня

Состав	Пористость, %	Объем открытых пор, %	Объем закрытых пор, %	Водопоглоще- ние по массе, %
Контрольный	60	50	10	44
И:Н=1:0,3, В/И=0,9	56	43	13	38

3.3. Закономерности изменения технологических и реологических свойств известковых составов с наполнителем на основе ГСК

Реологические свойства составов оценивали по показателю пластической прочности, которую определяли с помощью конического пластометра КП-3. В процессе проведения эксперимента исследовали влияние рецептуры смеси на изменение реологических свойств составов. Варьируемыми факторами были соотношение компонентов известь: наполнитель, условия синтеза наполнителя, вид и концентрация добавок-пластификаторов. В качестве вяжущего применяли известь-пушонку с активностью 71%. На рис. 3.6 приведены значения пластической прочности известкового состава И:Н=1:0,3 с В/И=0,9 в зависимости от условий синтеза наполнителя.

Установлено, что применение в известковых составов наполнителей, полученных при быстром введении добавки CaCl_2 в жидкое стекло при синтезе наполнителя, способствует ускорению набора пластической прочности известковых составов с данным наполнителем (рис. 3.6, кривая 1). Так, пластическая прочность известкового состава при применении наполнителя, полученного при быстром введении добавки CaCl_2 в виде раствора 15%-ной концентрации, в возрасте 4,5 ч составляет $\tau=0,025$ МПа, а наполнителя, синтезированного при медленном введении добавки-осадителя – $\tau=0,017$ МПа (рис. 3.6, кривая 2). Наполнитель, полученный при выдержке фильтрата в течение 3 суток, способствует замедлению набора пластической прочности (рис. 3.6, кривая 3). В возрасте 4,5 ч пластическая прочность составляет $\tau=0,012$ МПа.

Исследовалось также изменение пластической прочности известковых составов от количества добавки-осадителя CaCl_2 , которая вводилась при синтезе наполнителя. На рис. 3.7 (кривая 2) приведены значения пластической прочности известковых составов с наполнителем, полученном при введении CaCl_2 в количестве 30 % и 90% от массы жидкого стекла. Известковые составы с наполнителем, полученном при введении CaCl_2 в количестве 30 % от массы жидкого стекла, обладают более низким значением предельного напряжения сдвига в начальный момент времени (до 2 ч), однако характеризуются в последующем интенсивным набором пластической прочности.

Вероятно, это объясняется влиянием в наполнителе непрореагировавшего при синтезе жидкого стекла, который в последующем дополнительно реагирует с известью с образованием гидросиликатов кальция.

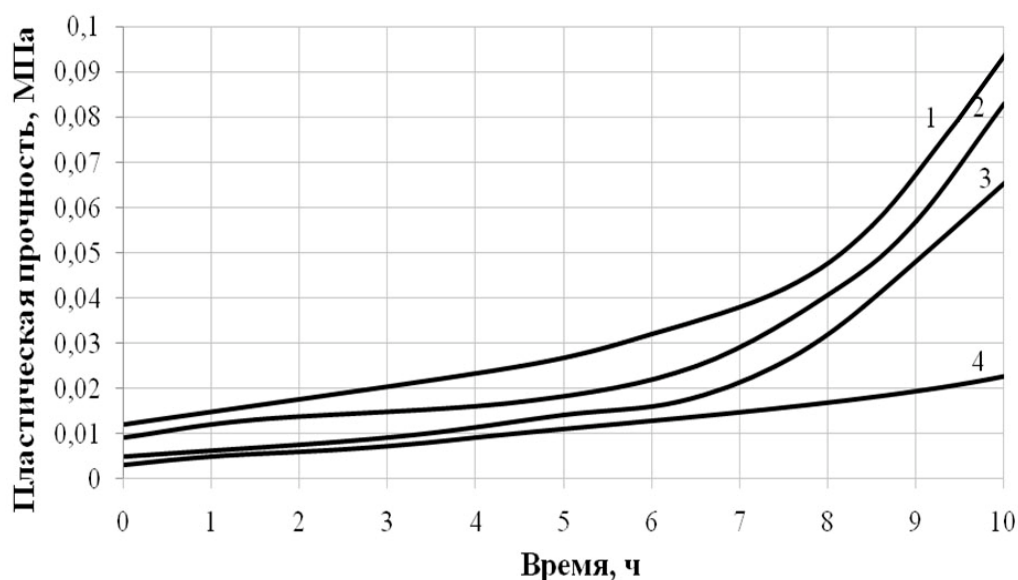


Рис. 3.6. Изменение пластической прочности известкового состава И:Н=1:0,3 с В/И=0,9 в зависимости от условий синтеза наполнителя: 1 – наполнитель синтезирован при быстром введении добавки CaCl_2 в количестве 90% от массы жидкого стекла, удельная поверхность наполнителя $S_{уд}=5876 \text{ см}^2/\text{г}$; 2 – наполнитель синтезирован при медленном введении добавки CaCl_2 в количестве 90% от массы жидкого стекла, удельная поверхность наполнителя $S_{уд}=4669 \text{ см}^2/\text{г}$; 3 – наполнитель синтезирован при быстром введении добавки CaCl_2 в количестве 90% от массы жидкого стекла, и выдержан в течение 3-х суток, удельная поверхность наполнителя $S_{уд}=4439 \text{ см}^2/\text{г}$; 4 – известковое тесто

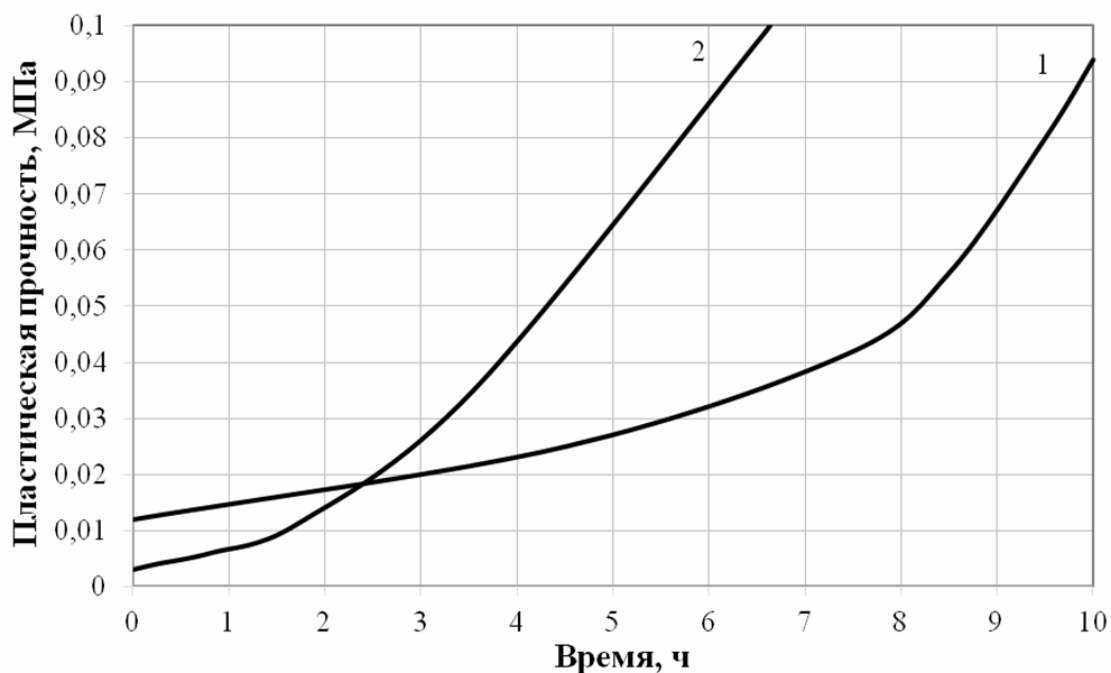


Рис. 3.7. Изменение пластической прочности известкового состава И:Н=1:0,3 с В/И=0,9 в зависимости от условия синтеза наполнителя:
 1 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15% -ного раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 90% от массы жидкого стекла;
 2 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15%-ного раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 30 % от массы жидкого стекла

На рис. 3.8 приведены значения пластической прочности известкового состава с наполнителем, синтезированным при различной концентрации раствора добавки-осадителя. Выявлено, что применение наполнителя, синтезированного из жидкого стекла в присутствии более разбавленного раствора CaCl_2 , способствует более быстрому набору пластической прочности в известковом составе. В возрасте 3 часов твердения предельное напряжение сдвига известкового состава с наполнителем, синтезированным при введении 7,5%-ного раствора CaCl_2 в количестве 90% от массы жидкого стекла, составляет =0,038МПа (рис. 3.8, кривая 1), а у состава с наполнителем, синтезированным при введении 15%-ного раствора CaCl_2 в количестве 90% от массы жидкого стекла – =0,027МПа (рис. 3.8, кривая 2).

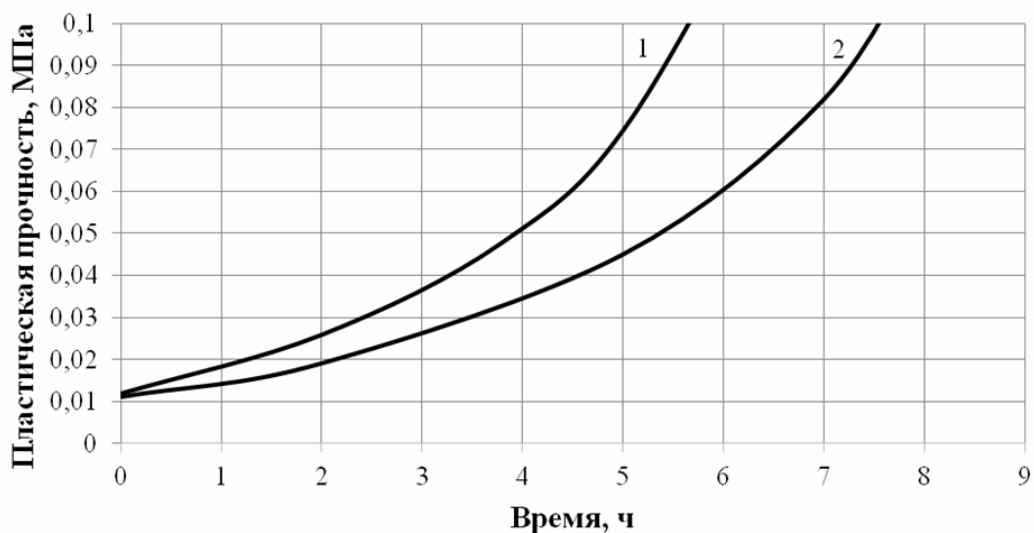


Рис. 3.8. Изменение пластической прочности известкового состава И:Н=1:0,3 с В/И=0,7 в зависимости от условий синтеза наполнителя: 1 – наполнитель синтезирован при введении добавки 7,5%-ного раствора CaCl₂ в количестве, составляющем 90% от массы жидкого стекла; 2 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15%-ного раствора CaCl₂ в количестве, составляющем 90% от массы жидкого стекла

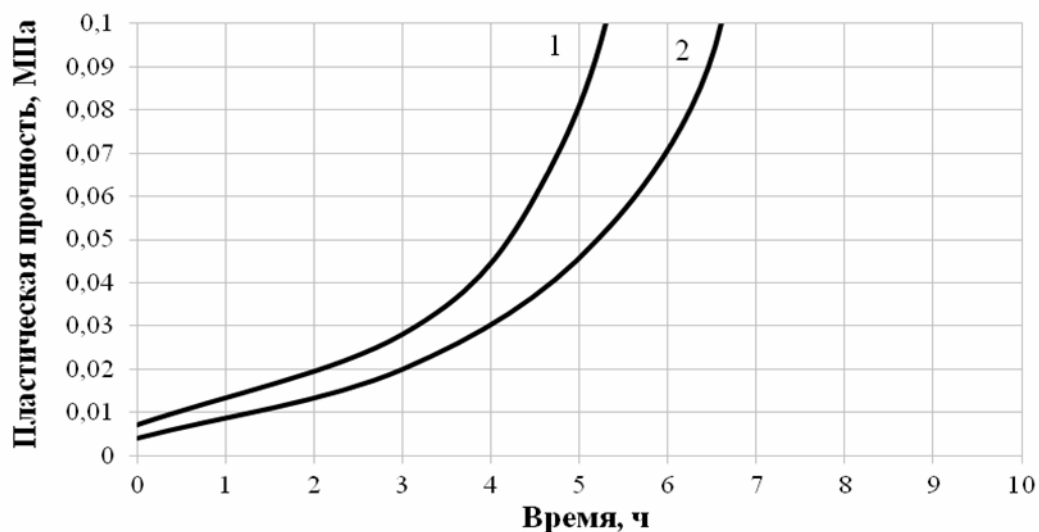


Рис. 3.9. Изменение пластической прочности известкового состава с В/И=0,9 в зависимости от содержания наполнителя: 1 – состав И:Н=1:0,5; 2 – состав И:Н=1:0,3

Применение в качестве наполнителя волластонита приводит к снижению предельного напряжения сдвига (рис. 3.10). В возрасте 3 часов с момента затворения предельное напряжение сдвига известкового состава с наполнителем на основе ГСК составляет $\tau=0,043$ МПа (рис. 3.10, кривая 1), а состава с применением волластонита – $\tau=0,013$ МПа (рис. 3.10, кривая 2).

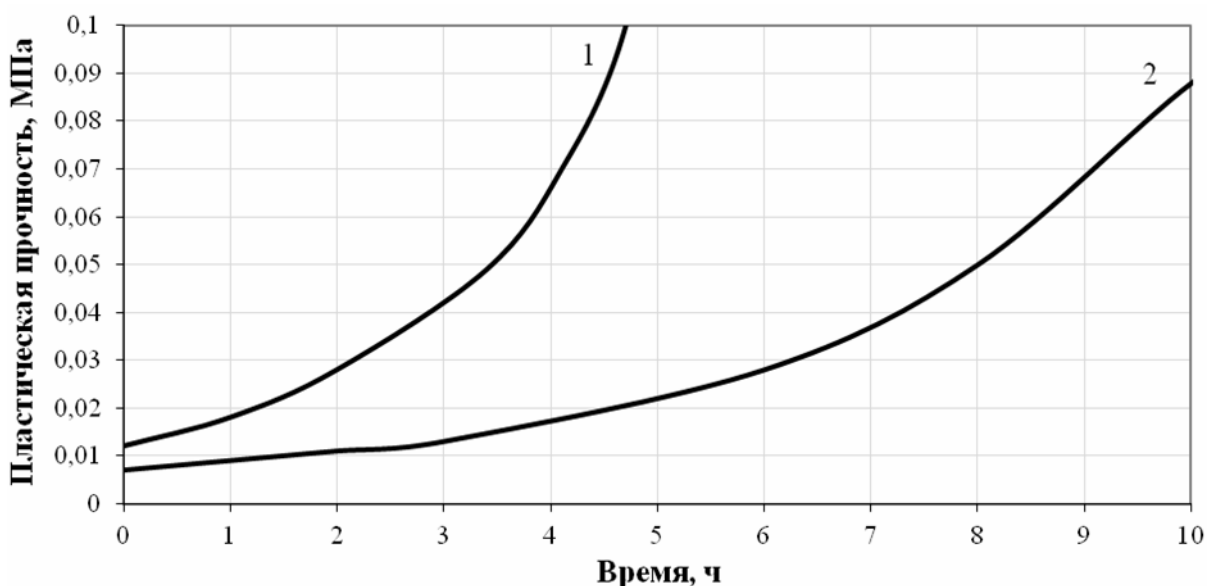


Рис. 3.10. Изменение пластической прочности известкового состава И:Н=1:0,3 с В/И=0,7 в зависимости от вида наполнителя:
 1 – наполнитель на основе гидросиликатов кальция, удельная поверхность наполнителя $S=11037 \text{ см}^2/\text{г}$; 2 – волластонит, удельная поверхность волластонита $S=10997 \text{ см}^2/\text{г}$

На рис. 3.11-3.12 приведены значения пластической прочности известкового состава с наполнителями, синтезированными из жидкого стекла в присутствии различных добавок-осадителей.

Анализ экспериментальных данных показывает, что пластическая прочность известкового состава на наполнителе, синтезируемом в присутствии FeCl_3 , значительно выше по сравнению с составом на наполнителе, синтезируемом только в присутствии CaCl_2 . Так, в возрасте 8 часов с момента затворения предельное напряжение сдвига состава известь: наполнитель (И:Н)=1:0,3, В/И=0,9 на наполнителе, синтезируемом в присутствии только CaCl_2 , составляет $\tau=0,048 \text{ МПа}$ (рис. 3.11, кривая 1), а состава на наполнителе, синтезируемом в присутствии CaCl_2 и хромофора FeCl_3 , массовая доля которого составляет 15% от массы жидкого стекла $\tau = 0,056 \text{ МПа}$ (рис. 3.11, кривая 3). При увеличении процентного содержания добавки хромофора FeCl_3 наблюдается увеличение скорости набора пластической прочности. Применение наполнителя, синтезируемого в присутствии CaCl_2 в количестве, составляющем 1/3 часть и FeCl_3 в количестве, составляющем 1/7 часть от массы жидкого стекла, приводит к увеличению предельного напряжения сдвига состава, составляющему в возрасте 8 ч $\tau=0,16 \text{ МПа}$ и $\tau = 0,2 \text{ МПа}$ (рис. 3.11, кривая 2 и 4).

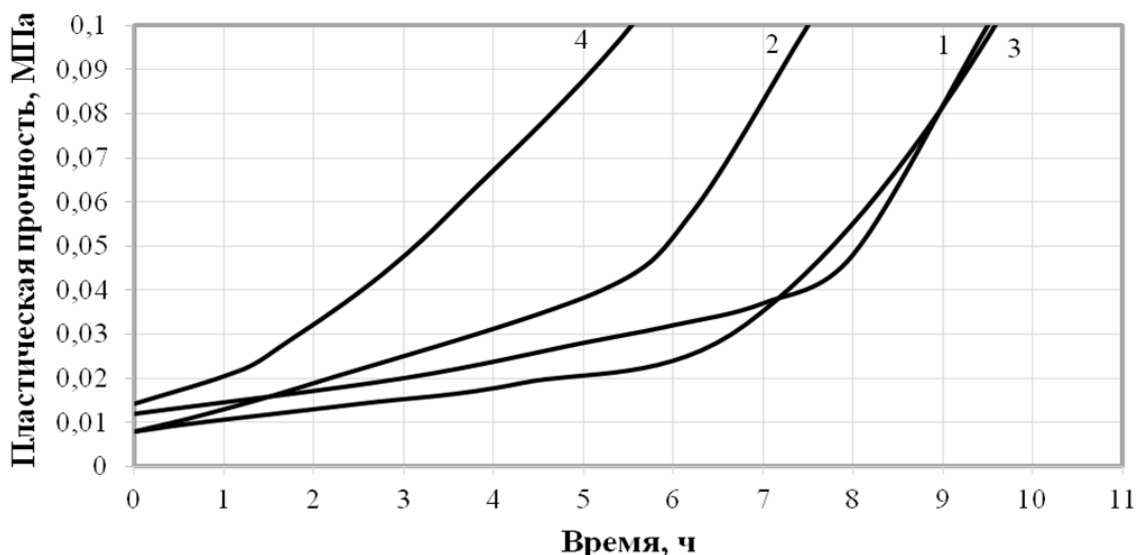


Рис. 3.11. Изменение пластической прочности известкового состава с В/И=0,9, И/Н=1:0,3, в зависимости от условий синтеза наполнителя:
 1 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15% -ного раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 90 % от массы жидкого стекла;
 2 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15% -ного раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 1/2 часть от массы жидкого стекла и FeCl_3 в количестве, составляющем 1/2 часть от массы жидкого стекла;
 3 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15% -ного раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 1/7 часть от массы жидкого стекла и FeCl_3 в количестве, составляющем 1/3 часть от массы жидкого стекла;
 4 – наполнитель синтезирован при введении добавки 15% раствора CaCl_2 в количестве, составляющем 1/3 часть от массы жидкого стекла и FeCl_3 в количестве, составляющем 1/7 часть от массы жидкого стекла

Значение пластической прочности известкового теста с применением наполнителя, синтезируемого при совместном введении хлорида кальция CaCl_2 и сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, на начальной стадии твердения несколько выше, однако в последующем (после 2,5 ч твердения) наблюдается ускорение отверждения известкового теста на наполнителе, синтезируемым в присутствии только в присутствии CaCl_2 . Так, в возрасте 4 часов с момента затворения пластическая прочность известкового теста на наполнителе, синтезируемом только в присутствии добавки-осадителя CaCl_2 , составляет $\tau=0,031$ МПа (рис. 3.12, кривая 1), а состава с наполнителем, полученным при совместном введении хлорида кальция CaCl_2 и сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, – $\tau=0,022$ МПа (рис. 3.12, кривая 2). Спустя 4 ч твердения разница в скорости набора пластической прочности увеличивается.

В связи с высокой водопотребностью известковых составов с целью регулирования реологических, технологических и функциональных свойств отделочных составов в рецептуру смеси вводили следующие добавки-пластификаторы: Кратасол, Хидетал П-4, С-3, СП-3[18,69]. Добавки серии «Кратасол» представляют собой соли нафталин-

сульфоокислот с высоким содержанием высокомолекулярных фракций, добавка Хидетал П-4 – гиперпластификатор на основе поликарбоксилатов. Для сравнения применяли добавки, поставляемые фирмой «ЕвроХим» – Melment^R F15G и Melflux^R 1641F. Применяли добавки-пластификаторы с целью снижения водопотребности смеси, обеспечения длительной сохранности отделочной смеси, высокой подвижности. Количество пластификатора составляло 0,7-2% от массы вяжущего. В качестве вяжущего применяли известь-пушонку 2 сорта с активностью 84%. Содержание добавки ГСК составляло 30% от массы извести. Оценивался пластифицирующий эффект добавок в чисто известковой системе и наполненном ГСК вяжущем. Анализ данных, приведенных в табл. 3.6, показывает, что максимальный пластифицирующий эффект наблюдается при применении пластификаторов С-3 и СП-3, водоредуцирующий эффект равен соответственно 1,6. Введение в известь наполнителя на основе гидросиликатов кальция способствует повышению пластифицирующего эффекта, водоредуцирующий эффект увеличивается до 1,8.

Полученные значения пластической прочности и кинетика ее набора свидетельствуют, что условия синтеза наполнителя оказывают существенное влияние на формирование структуры и свойств известковых композиций.

Результаты исследований показали, что пластифицирующий эффект сохраняется 1-2 ч. При применении добавки С-3 время сохранения пластифицирующего эффекта составляет 1,5-2 ч, добавки СП-3 – 1-1,5 ч, добавки Кратасол ПФМ – 1-1,5 ч.

Установлено, что при невысоких дозировках добавок Melment^R F15G (0,2-0,4%) и Melflux^R 1641F (0,2%) пластифицирующий эффект не наблюдается. При максимальной дозировке, рекомендуемой производителями добавок, водоредуцирующий коэффициент в составах, наполненных ГСК, составляет 1,7-1,8.

Учитывая высокую стоимость добавок зарубежного производства и то, что добавки Melment^R и Melflux^R показали невысокий пластифицирующий эффект, в последующем в работе применяли добавки отечественного производства.

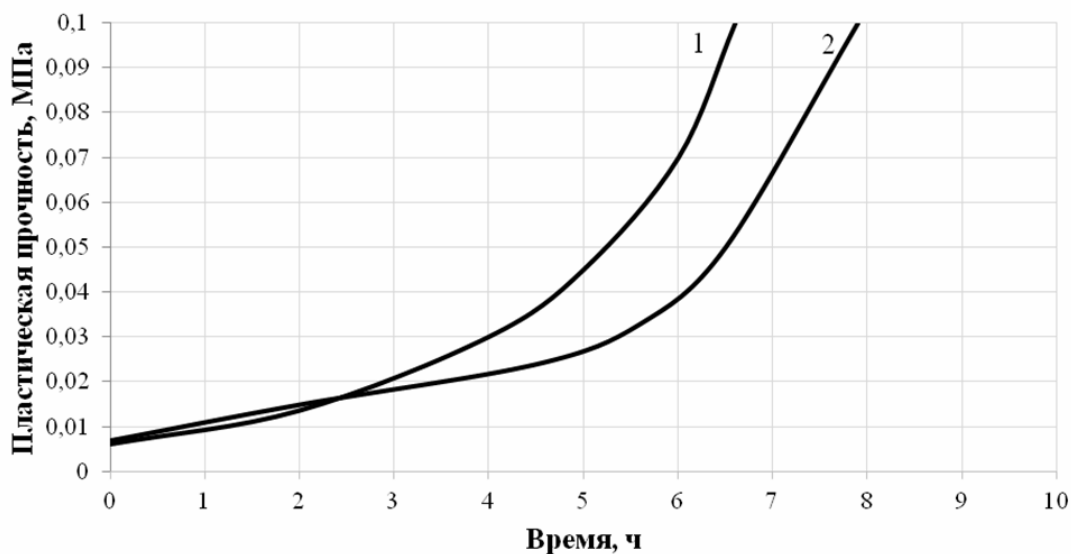


Рис. 3.12. Изменение пластической прочности известкового состава в зависимости от условий синтеза наполнителя:
 1 – известковый состав 1:0,3, В/И = 0,9 с наполнителем, синтезированным при введении только CaCl_2 ; 2 – известковый состав 1:0,3, В/И = 0,9 с наполнителем, синтезированным при совместном введении CaCl_2 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Т а б л и ц а 3.6

Значения водоредуцирующего эффекта

Наименование пластификатора	Содержание добавки, % от массы вяжущего	Состав вяжущего	
		Известь-пушонка	Известь-пушонка: ГСК=1:0,3
Кратасол (ТУ 5745-333-05800142)	0,4	1,3	1,6
Кратасол ПЛ (ТУ 5745-333-05800142)	0,7	1,4	1,7
Кратасол ПФМ (ТУ 5745-333-05800142)	0,8	1,5	1,7
Хидегал П-4 (ТУ 5745-005-57330160-05)	0,9	1,4	1,7
С-3 (ТУ 6-36-0204229-625)	0,7	1,6	1,8
СП-3 (ТУ 5730-004-97474489-2007)	0,7	1,6	1,8
Melment ^R F15G	0,4	-	-
Melflux ^R 1641F	0,2	-	-
Melment ^R F15G	2	1,5	1,7
Melflux ^R 1641F	1,5	1,5	1,8

При твердении на воздухе известковые растворы, изготовленные на гашёной извести, дают значительную усадку. В связи с этим в известковый раствор вводили в качестве мелкого заполнителя сурский кварцевый песок фракции 0,63-0,315мм и 0,315-0,14мм в соотношении 80:20, насыпной плотностью $\rho_{\text{нас}}=1527 \text{ кг/м}^3$, соотношением вяжущее: песок В:П=1:3 и В:П=1:4. На рис. 3.13 приведена кинетика набора пластической прочности известково-песчанного состава.

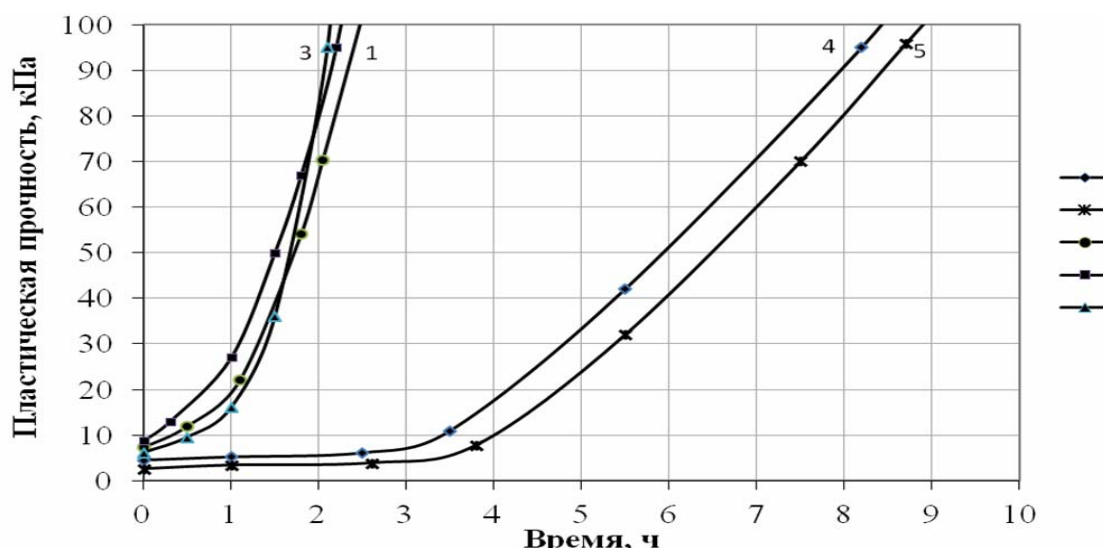


Рис. 3.13. Изменение пластической прочности известкового состава:
 1 – В/В=1, пластификатор С-3; 2 – В/В=1, пластификатор СП-3;
 3 – В/В=1,1, пластификатор Кратасол ПФМ;
 4 – В/В=1,8, (контрольный); 5 – В/В=1,8, пластификатор С-3

Установлено, что введение пластификатора С-3 приводит к замедлению набора пластической прочности (рис. 3.14, кривая 5). Уменьшение количества воды затворения с учетом водоредуцирующего коэффициента ($V/V=1,0-1,1$) закономерно способствует более быстрому набору пластической прочности у составов с пластификаторами (рис. 3.14, кривая 1,2,3). Так, пластическая прочность состава с добавкой С-3 в возрасте 1 ч твердения составляет $\tau=21,7 \text{ кПа}$, у контрольного состава – $\tau=5,2 \text{ кПа}$. При введении в рецептуру добавки Кратасол ПФМ на первой стадии твердения (до 1 ч 20 мин) наблюдается некоторое замедление набора пластической прочности по сравнению с составами, содержащими добавку С-3 и СП-3, однако в последующем пластическая прочность состава с добавкой Кратасол ПФМ выше.

Введение наполнителя на основе ГСК в известковый состав способствует увеличению водоудерживающей способности до 96%, водоудерживающая способность известкового теста составляла 88% (табл. 3.7).

Т а б л и ц а 3.7

Водоудерживающая способность известковых составов
с наполнителем на основе ГСК

Состав	Водоудерживающая способность, %
И:Н=1:0,3, В/И=0,9	94%
И:Н=1:0,5, В/И=0,9	96%
И:Н=1:0,3, В/И=0,9, С-3	95%
И:Н=1:0,3, В/И=0,5, С-3	99%

При введении пластификатора в известковый состав с наполнителем на основе ГСК водоудерживающая способность увеличивается до 99%.

Для повышения водоудерживающей способности в рецептуру известково-песчаного состава также вводили добавку Mecellose FMC 2094 в количестве 0,1 % от массы сухой смеси.

Установлено, что водоудерживающая способность смеси с соотношением наполненное ГСК известковое вяжущее:песок = 1:4 и В/В=1,8 составляет 93,6%, а с добавкой Mecellose FMC 2094 – 97,9% (табл.3.8).

Т а б л и ц а 3.8

Водоудерживающая способность известковых смесей

Состав	Водоудерживающая способность, %
Водовязущее отношение В/В=1,8, В:П=1:4	93,6
Водовязущее отношение В/В=1,8, В:П=1:4, Mecellose FMC 2094	97,9
Водовязущее отношение В/В=1,8, В:П=1:3	95,8
Водовязущее отношение В/В=1,8, В:П=1:4, С-3	94,5
Водовязущее отношение В/В=1,8, В:П=1:3, С-3	98,6
Водовязущее отношение В/В=1,0, В:П=1:4, С-3	98
Водовязущее отношение В/В=1,0, В:П=1:3, С-3	98,3
Водовязущее отношение В/В=1,0, В:П=1:4, С-3, Pulver DM 1142	98,4
Водовязущее отношение В/В=1,0, В:П=1:4, С-3, Neolith 7200	98,6
Водовязущее отношение В/В=1,0, В:П=1:3, С-3, Neolith 7200	98,7

При введении добавки С-3 наблюдается некоторое повышение водоудерживающей способности до 94,5%. Совместное введение добавок Mecellose FMC 2094 и суперпластификатора С-3 приводит к повышению водоудерживающей способности, составляющей 98,6%. Водоудерживающая способность смеси в присутствии только суперпластификатора С-3 и с учетом водоредуцирующего коэффициента составляет 98%. Водоудерживающая способность смеси с соотношением наполненное вяжущее:песок = 1:3 и В/В=1,8 равна 95,8%. При введении пластификатора и редиспергируемого порошка наблюдается повышение водоудерживающей способности до 98,4-98,7% .

4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

4.1. Стойкость декоративных покрытий с применением наполнителя на основе ГСК

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 приспособливаться к малым деформациям и противостоять трещинообразованию.

Для повышения прочностных характеристик покрытий на основе ССС в рецептуру вводились ретиспергируемые порошки [18,20]: Pulver DM 1142P и Neolith 7200 в количестве 1% и 0,8% соответственно от массы сухих веществ в соответствии с рекомендациями производителя FAR SPA (Италия), поставляемых компанией «ЕвроХим-1». Значения адгезионной прочности и прочности при сжатии известковых композитов приведены в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

Прочностные характеристики известковых композитов

Состав композита	Адгезия, МПа	Прочность при сжатии в возрасте 28 суток, МПа
1	2	3
Известь:песок И:П=1:4, водовязующее отношение В/В=1,8	0,14±0,009	0,75±0,042
Известь:песок И:П=1:3, водовязующее отношение В/В=1,8	0,16±0,011	0,96±0,054
Вязующее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязующее отношение В/В=1,8	0,22±0,012	1,43±0,082
Вязующее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, В/В=1,8	0,25±0,013	1,86±0,106
Вязующее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязующее отношение В/В=1,0, С-3	0,29±0,017	2,02±0,112

Окончание табл. 4.1

1	2	3
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3	0,38±0,019	2,64±0,153
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязущее отношение В/В=1,0, СП-3	0,25±0,014	1,76±0,113
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязущее отношение В/В=1,1, Кратасол ПФМ	0,28±0,017	1,92±0,119
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В В(И:Н=1:0,3):П=1:4, водовязущее отношение В/В=1,1, Хидетал П-4	0,26±0,015	1,88±0,117
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3, Pulver DM 1142P	0,36±0,018	2,86±0,164
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	0,45±0,025	3,12±0,172
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	0,91±0,049	3,56±0,189
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,15):песок В:П=1:3, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	0,86±0,048	3,62±0,218
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,05):песок В:П=1:3, водовязущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	0,72±0,044	3,05±0,174

Примечание. Значение доверительного интервала для значений адгезионной прочности и прочности при сжатии указаны с надежностью 0,95.

Введение наполнителя на основе ГСК в ССС приводит к увеличению прочности при сжатии и адгезии. Прочность при сжатии и адгезия образцов состава В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,8, испытанных в возрасте 28 суток твердения в воздушно-сухих условиях при температуре 18-20°C и относительной влажности воздуха 60-70%, равны 1,86 МПа и 0,25 МПа, а образцов состава И:П=1:3, В/В=1,8 – 0,96 МПа и 0,16 МПа соответственно. Уменьшение количества воды затворения вследствие введения в рецептуру добавки пластификатора С-3 вызывает закономерное повышение прочности известкового композита (табл. 4.1).

Для оценки трещиностойкости известковых композитов проводились замеры усадочных деформаций с помощью оптического компаратора ИЗА-2. Результаты оценки усадочных деформаций отделочных составов представлены на рис. 4.1.

Усадочные деформации образцов состава И:П=1:3, В/В=1,8 спустя 3 месяца составили 2,12 мм/м (рис. 4.1, кривая 1). При введении в известковый состав наполнителя на основе гидросиликатов кальция наблюдается снижение усадки, составляющей у состава В(И:ГСК=1:0,3):П=1:3, В/В=1,8 спустя 3 месяца 1,16 мм/м (рис. 4.1, кривая 2). Увеличение количества песка в смеси способствует снижению усадки. Усадочные деформации образцов состава В(И:ГСК=1:0,3):П=1:4, В/В=1,8 составили 0,76 мм/м (рис. 4.1, кривая 3). Введение пластификатора С-3 и редуцируемых порошков таких, как Neolith 7200 и Pulver DM 1142P в состав ССС приводит также к уменьшению усадочных деформаций. Значение усадки спустя 3 месяца твердения для составов В(И:ГСК=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200 и В(И:ГСК=1:0,3):П=1:4, В/В=1,0, С-3, Pulver DM 1142P составила 0,34 мм/м и 0,26 мм/м соответственно (рис. 4.1, кривые 4 и 5).

Дополнительно трещиностойкость покрытий оценивалась с помощью коэффициента трещиностойкости, который определялся как отношение прочности при изгибе к прочности при сжатии (чем он выше, тем выше трещиностойкость). В табл. 4.2 представлены данные отношения $R_{изг}/R_{сж}$. Образцы были испытаны в возрасте 28 суток.

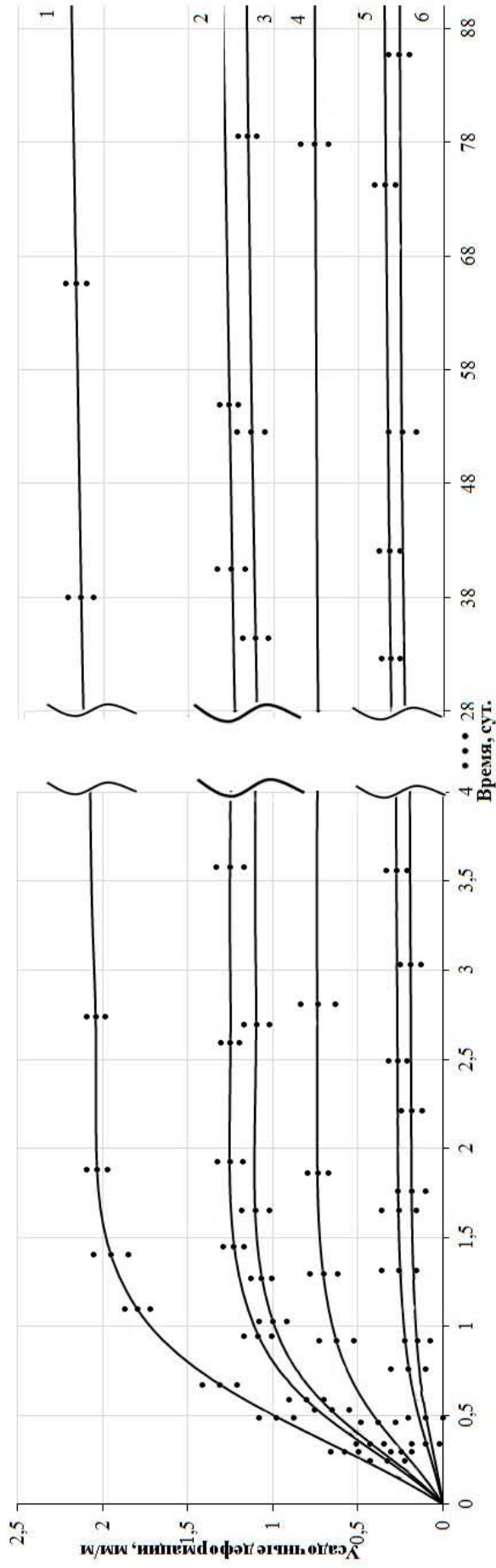


Рис. 4.1. Кинетика усадки отделочных составов на основе ССС:

- 1 – состав И:П=1:3, В/В=1,8; 2 – состав И:П=1:4, В/В=1,8; 3 – состав В(И:ГСК=1:0,3):П=1:3, В/В=1,8; 4 – состав В(И:ГСК=1:0,3):П=1:4, В/В=1,8; 5 – состав В(И:ГСК=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200; 6 – состав В(И:ГСК=1:0,3):П=1:4, В/В=1,0, С-3, Pulver DM 1142P.

Т а б л и ц а 4.2

Коэффициент трещиностойкости известковых покрытий

Состав композита	Коэффициент трещиностойкости $K_{трещ} = R_{изг}/R_{сж}$
Известь:песок И:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,8	0,26
Известь:песок И:П=1:4, водовяжущее отношение В/В=1,8	0,28
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,8	0,35
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовяжущее отношение В/В=1,8	0,37
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	0,51
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:4, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Pulver DM 1142P	0,49

Коэффициент трещиностойкости известковых составов составляет 0,26-0,28 в зависимости от соотношения известь:песок. Введение наполнителя на основе гидросиликатов кальция в сухую смесь увеличивает отношение $R_{изг}/R_{сж}$ на 32-35%. Так, коэффициент трещиностойкости образцов состава В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,8 равен 0,35, а у образцов состава В(И:Н=1:0,3):П=1:4, В/В=1,8 – 0,37. При введении релаксационных порошков, таких как, Neolith 7200 и Pulver DM 1142P в присутствии пластификатора С-3 с учетом водоредуцирующего коэффициента в отделочный состав, отношение $R_{изг}/R_{сж}$ увеличивается на 75-96%. Коэффициент трещиностойкости образцов состава В(И:Н=1:0,3):П=1:3; В/В=1, С-3, Neolith 7200 составляет 0,51, а образцов состава В(И:Н=1:0,3):П=1:4; В/В=1, С-3 Pulver DM 1142P – 0,49.

Для повышения декоративных свойств в смесь вводили пигменты промышленной группы КРАТА г. Тамбова: пигмент голубой фталоцианиновый ФТЦ β -модификации марки Б С.І. Pigment Blue 15:3, пигмент желтый светопрозрачный СВ (2-[(4-Метил-2-нитрофенил)азо]-3-оксо-N-фенилбутанамид кальция) м.А С.І. Pigment Yellow 1, а также минеральный пигмент охру. Пигменты вводились в количестве 1% и 5% от массы извести в смеси. В ходе исследования было установлено, что введение голубого пигмента в ССС приводит к снижению

прочностных характеристик на 10-13%. В табл. 4.3 приведены значения прочности при сжатии отделочных составов в присутствии пигментов в возрасте 28 суток.

Т а б л и ц а 4.3

Прочность при сжатии известковых композитов

Состав композита	Прочность при сжатии, МПа
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200	3,86±0,218
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент желтый СВ в количестве 5%	3,76±0,191
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент желтый СВ в количестве 1%	3,82±0,211
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент голубой ФТЦ в количестве 5%	3,32±0,184
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент голубой ФТЦ в количестве 1%	3,46±0,186
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент охра в количестве 1%	3,82±0,212

П р и м е ч а н и е. Значение доверительного интервала для значений прочности при сжатии указаны с надежностью 0,95.

Прочность при сжатии в возрасте 28 суток композита В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент голубой ФТЦ 5% в возрасте 28 суток составила 3,32 МПа, а композита В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент голубой ФТЦ 1% – 3,46 МПа. Прочность при сжатии контрольного композита в возрасте 28 суток равна 3,86 МПа. Введение желтого пигмента и минерального пигмента окиси хрома не влияет на прочностные характеристики. Так, прочность при сжатии в возрасте 28 суток композита В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент желтый СВ и В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент охра в количестве 1% составляет 3,82 МПа соответственно, а композита В(И:Н=1:0,3):П=1:3, В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент желтый СВ 5% – 3,76 МПа.

Для оценки эксплуатационной стойкости покрытий на основе известковой ССС были проведены испытания на морозостойкость путем попеременного оттаивания и замораживания отделочного слоя, нанесенного на цементно-песчанное основание, после 28 суток воздушно-сухого твердения. После каждого цикла проводили 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.4 баллами, что соответствует покрытию с потерей блеска до 50% с значительным изменением цвета, белесоватости, бронзировки и грязеудержания, отсутствием отслаивания поверхности, растрескиванием до 25% поверхности, наличием сыпи до 25% и пузырей до 5% поверхности в соответствии с табл. 4.4 и 4.5. Установлено, что окрашенные образцы (желтый пигмент) наряду с контрольными образцами выдержали 50 циклов испытания, при этом состояние покрытия после 50 циклов испытания оценено V.5 баллами, что соответствует покрытию с потерей блеска до 5%, с едва заметным изменением цвета и отсутствием белесоватости, бронзировки, грязеудержания, отслаивания, растрескивания, сыпи и пузырей поверхности.

Т а б л и ц а 4.4

Устойчивость декоративного вида покрытия в атмосферных условиях

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

Т а б л и ц а 4.5

Определение защитных свойств покрытия
в атмосферных условиях

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

Окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7
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

В табл. 4.6 приведена оценка устойчивости декоративного вида покрытия в атмосферных условиях и оценка защитных свойств.

Таблица 4.6

Качество внешнего вида покрытия

Состав	Количество циклов	Баллы
1	2	3
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200 (контрольный)	до испытания	V. 8
	6	V. 8
	12	V. 8
	18	V. 8
	25	V. 7
	31	V. 7
	37	V. 6
	43	V. 5
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее отношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент желтый СВ в количестве 5%	до испытания	V. 8
	6	V. 8
	12	V. 8
	18	V. 8
	25	V. 7
	31	V. 6
	37	V. 6
	43	V. 5
50	V. 5	

1	2	3
Вяжущее (известь:ГСК=1:0,3):песок В:П=1:3, водовяжущее от- ношение В/В=1,0, С-3, Neolith 7200, пигмент го- лубой ФТЦ в количестве 5%	до испытания	V. 8
	6	V. 8
	12	V. 8
	18	V. 7
	25	IV. 5
	31	IV. 4
	37	III. 3
	43	III. 3
	50	III. 3

На рис. 4.2-4.3 представлены фотографии образцов отделочных составов, нанесенных на бетонные подложки до испытания на морозостойкость и после испытания.



Рис. 4.2. Внешний вид покрытия до испытаний

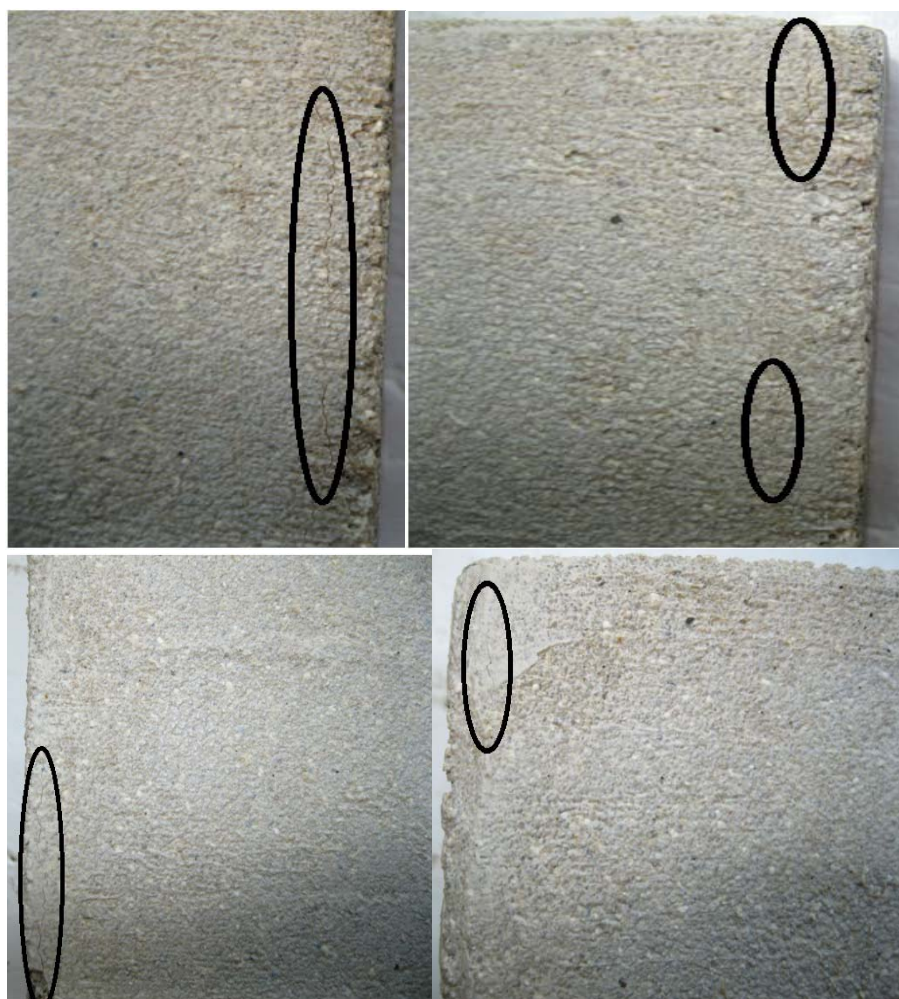


Рис. 4.3. Внешний вид покрытия после 50 циклов испытаний

4.2. Свойства материалов по отношению к действию влаги

Растворные образцы, приготовленные на известковом вяжущем, наполненным ГСК, характеризуются повышенной водостойкостью. Так, коэффициент размягчения контрольных образцов составляет $K_{\text{разм}}=0,42$, а образцов на основе наполненного ГСК вяжущего – 0,53 и 0,56 в зависимости от соотношения вяжущее:песок (табл. 4.7). При введении пластификатора в состав с учетом водоредуцирующего эффекта более высокое значение коэффициента размягчения показали образцы с добавкой Кратасола ПФМ ($K_{\text{разм}}=0,68$), что, по-видимому, объясняется наличием в составе добавки гидрофобного компонента, а также созданием более плотной структуры вследствие уменьшения количества воды затворения. Об этом свидетельствуют данные кинетики водопоглощения известковых композитов (рис. 4.4).

Т а б л и ц а 4.7

Водостойкость отделочных покрытий

Состав композита	Добавка	Коэффициент размягчения
1	2	3
Известь:песок=1:4, В/В=1,8	-	0,42
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,8	-	0,56
Известь:песок=1:3, В/В=1,8	-	0,45
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,8	-	0,60
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	С-3	0,67
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3	0,68
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	СП-3	0,56
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	Хидетал П-4	0,61
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	Кратасол ПФМ	0,68
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	С-3, Pulver DM 1142 P	0,68
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200	0,69
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200	0,71
Известь :ГСК: песок = 1:0,15:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200	0,69
Известь :ГСК: песок = 1:0,05:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200	0,67
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200, желтый пигмент в количестве 5% от массы извести	0,68
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200 желтый пигмент в количестве 1% от массы извести	0,70

1	2	3
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200 голубой пигмент в количестве 5% от массы извести	0,58
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200 голубой пигмент в количестве 1% от массы извести	0,61

При введении наряду с пластификаторами редиспергируемых порошков, таких как Pulver DM 1142P и Neolith 7200 в количестве 1% и 0,8% от массы сухих веществ ССС, наблюдается повышение водостойкости до 0,71. Водостойкость состава с добавлением желтого пигмента в количестве 5% от массы извести составляет 0,68, в количестве 1% от массы извести-0,7. Водостойкость состава с применением голубого пигмента варьируется в диапазоне значений 0,58-0,61.

Таким образом, с целью повышения водостойкости известковых композитов можно рекомендовать использование вяжущего, наполненного ГСК, а также введение в рецептуру добавок С-3 и Кратасол ПФМ, Pulver DM 1142P и Neolith 7200 [70,71,72].

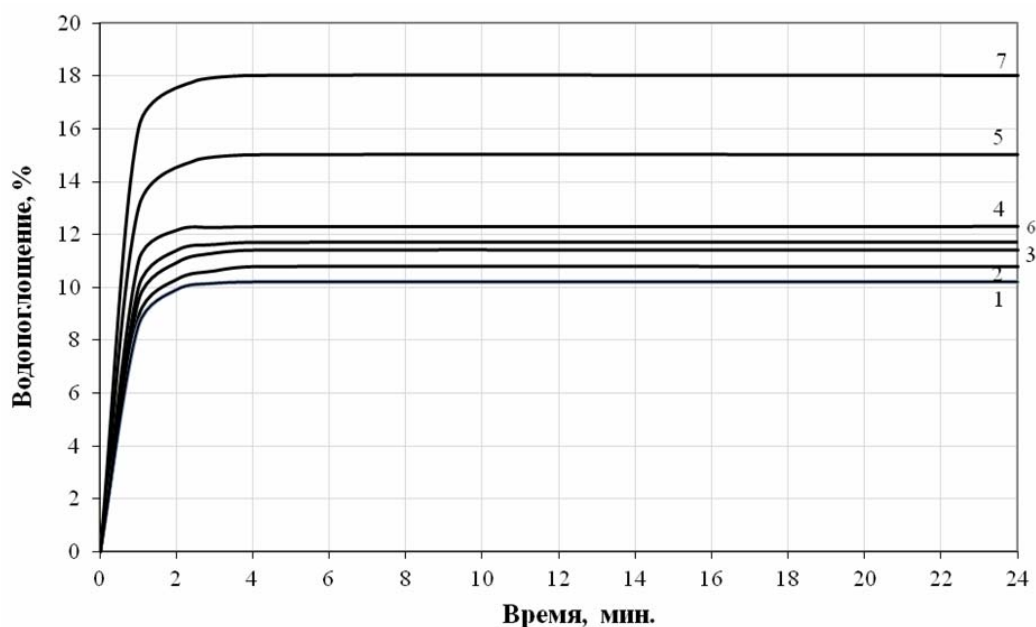


Рис. 4.4. Водопоглощение известковых композитов:

- 1 – состав В/В=1,1, В:П=1:4, Кратасол ПФМ; 2 – состав В/В=1,0, В:П=1:4, С-3; 3 – состав В/В=1,1, В:П=1:4, Хидетал П-4; 4 – состав В/В=1,0, В:П=1:4, СП-3; 5 – состав В/В=1,8, В:П=1:4; 6 – состав В/В=1,0 В:П=1:3, С-3; 7 – состав В/В=1,8, В:П=1:3.

Установлено, что в течение первого часа у всех образцов отмечалось интенсивное водопоглощение, в последующем происходила стабилизация показателей водопоглощения. Водопоглощение состава В/В=1,8, В:П=1:4 спустя 24 часа составило 15% по массе (рис. 4.4, кривая 5), а состава В/В=1,8, В:П=1:3-18%. При введении пластификатора в смесь наблюдается снижение водопоглощения. Более низкое значение показателя водопоглощения, составляющее 10,2% спустя 24 часа (рис. 4.4, кривая 1), отмечается у образцов, приготовленных с применением добавки Кратасола ПФМ.

Известковые составы образуют покрытия, которые характеризуются высокой пористостью и значительным объемом открытых пор. Введение в рецептуру добавки ГСК приводит к уменьшению пористости. Так, пористость образца на основе контрольного состава составляет П=37,5%, а с добавкой ГСК – 31,6%. Введение в состав добавки С-3, а также Pulver DM 1142P с учетом водоредуцирующего эффекта позволяет снизить пористость до 24,8-25,2%. Числовые значения коэффициента водопоглощения, составляющие для составов с добавками Кратасол ПФМ и С-3+ Pulver DM 1142P соответственно 0,49 и 0,39 кг/(м²·ч^{0,5}), свидетельствуют, что покрытия в соответствии с DIN 52617, являются водоотталкивающими, гидрофобными (менее 0,5 кг/(м²·ч^{0,5}) (табл. 4.8).

Т а б л и ц а 4.8

Коэффициент водопоглощения при капиллярном всасывании

Состав	Добавка, %,	Водопоглощение при капиллярном всасывании	
		кг/(м ² ч ^{0,5})	кг/м ²
Известь:песок=1:4, В/В=1,76	-	1,1	4,8
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	-	0,67	3,4
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=0,94	С-3	0,56	2,8
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,1	Кратасол ПФМ	0,49	2,4
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:4, В/В=1,0	С-3, Pulver DM 1142P	0,39	1,9
Известь :ГСК: песок = 1:0,3:3, В/В=1,0	С-3, Neolith 7200	0,41	2,0

4.3. Многокритериальная оптимизация состава и технологических режимов изготовления сухих строительных смесей с использованием наполнителя на основе гидросиликатов кальция

Качество отделочных покрытий, как правило, является комплексной характеристикой, оцениваемой по показателям нескольких свойств [73]. Выбор перечня свойств определяется областью применения материала. Причем основные функциональные свойства должны учитываться при оптимизации рецептуры и свойств материалов на всех масштабных уровнях композита: от микро- до макроуровня. Требования к макроуровню (продукту технологии) определяет заказчик (внешняя среда, являющаяся по отношению к строительному материалу – сложной технической системе – надсистемой). Требования к предыдущим уровням определяются с учетом экстенсивных свойств используемых компонентов. Причем совмещаются несколько компонентов, одним из которых является материал (структурный компонент), оптимизированный на предыдущем уровне. Таким образом, основные функциональные свойства материала должны повторяться на каждом структурном уровне материала и дополняться с учетом технологических особенностей рассматриваемого уровня. Исходя из вышеперечисленного, следует разработать обобщенный критерий качества покрытий и установить оптимальный отделочный состав в широком диапазоне значений коэффициентов весомости.

Качество отделочных покрытий в соответствии с декомпозицией системы критериев качества оценивали по показателям, приведённым в табл. 4.9. Значения показателей свойств для таких отделочных покрытий приведены в соответствующих нормативных документах, которые необходимо использовать при назначении граничных значений выделенных свойств.

Выделенные критерии (свойства) сгруппированы в обобщённом критерии качества следующего вида:

$$\Phi_n = \alpha_1 K_{\phi_m} + \alpha_2 K_{mex} + \alpha_3 K_{эст} = \alpha_1 \sqrt[3]{k_r k_n k_{адз}} + \alpha_2 \sqrt[3]{k_в k_{жс} k_{\omega}} + \alpha_3 k_{\kappa},$$

где K_{ϕ_m} – коэффициент, характеризующий физико-механические свойства (предел прочности при сжатии, адгезионная прочность, паропроницаемость), вычисляемый по формуле $K_{\phi_m} = \sqrt[3]{k_r k_n k_{адз}}$;

K_{mex} – Коэффициент, характеризующий технологические свойства (водоудерживающая способность, время высыхания материала до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ и жизнеспособность материала отделочного покрытия), рассчитываемый по формуле $K_{mex} = \sqrt[3]{k_\epsilon k_{жс} k_w}$;

k_k – коэффициент, характеризующий класс качества внешнего вида.

Т а б л и ц а 4.9

Показатели качества тонкослойной штукатурки
и формулы для их вычисления

Показатель	Формула для вычисления	Примечание
1	2	3
Критерий прочности	$k_R = \frac{R_k}{R_{k,max}}$	R_k – предел прочности при сжатии образца покрытия, МПа; $R_{k,max}$ – предела прочности при сжатии образца-эталона (5 МПа [74])
Критерий паропроницаемости	$k_n = \frac{R^n}{R_k^n}$	R^n – коэффициент паропроницаемости образца, мг/ м·ч·Па; R_k^n – базовое значение коэффициента паропроницаемости покрытия, мг/ м·ч·Па: – для тяжелого бетона – 0,03
Критерий адгезионной прочности	$k_{адз} = \frac{R_{адз}}{R_{э.адз}}$	$R_{адз}$ – адгезионная прочность покрытия, МПа; $R_{э.адз}$ – адгезионная прочность образца-эталона ($R_{э.адз} = 0,9$ МПа)
Критерий времени высыхания до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, мин	$k_\epsilon = \frac{T_\epsilon}{T_{э.г}}$	T_ϵ – время высыхания материала до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, мин; $T_{э.г}$ – время высыхания материала образца-эталона до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, мин (T_ϵ мин) [74])

1	2	3
Критерий жизнеспособности при хранении в открытых ёмкостях	$k_{жс} = \frac{T_{жс}}{T_{э.жс}}$	$T_{жс}$ -жизнеспособность материала покрытия, ч; $T_{э.жс}$ -жизнеспособность материала покрытия-эталона ($T_{э.жс}=8$), ч
Критерий вододерживающей способности	$k_w = \frac{W_n}{W_э}$	W_n – вододерживающая способность покрытия, %; $W_э$ – вододерживающая способность базового образца (не менее 95 %)
Критерий класса качества внешнего вида	$k_k = \frac{K_n}{K_{э.н.}}$	K_n – класс качества внешнего вида отделочного покрытия; $K_{э.н.}$ – класс качества внешнего вида образца-эталона; $k_k = 0$ – если класс качества покрытия не удовлетворяет установленным требованиям; $k_k = 0,5$ – если класс качества покрытия удовлетворяет установленным требованиям; $k_k = 1$ – если класс качества покрытия превосходит установленные требования

Результаты расчёта обобщённого критерия качества для отделочных составов с учетом коэффициентов весомости и вида подложки приведены в табл. 4.10.

По результатам расчета обобщенного критерия видно, что в широком диапазоне значений коэффициентов весомости оптимальным является следующий состав: соотношение компонентов наполненное вяжущее:песок=1:4 и 1:3, водовяжущее отношение В/В = 1,0, при введении наполнителя в количестве 5-30% от массы вяжущего .

В табл. 4.11 приведены показатели технологических и эксплуатационных свойств отделочного состава на основе разработанной ССС.

Т а б л и ц а 4.10

Результаты расчёта обобщённого критерия качества

Соотношение основных компонентов	Значения коэффициентов весомости			
	$\alpha_1 = 0,25$ $\alpha_2 = 0,25$ $\alpha_3 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,25$ $\alpha_2 = 0,5$ $\alpha_3 = 0,25$	$\alpha_1 = 0,5$ $\alpha_2 = 0,25$ $\alpha_3 = 0,25$	$\alpha_1 = 0,33$ $\alpha_2 = 0,33$ $\alpha_3 = 0,33$
1	2	3	4	5
Подложка – тяжелый бетон				
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:1, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0	0,84	0,72	0,86	0,78
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:2, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0	0,85	0,74	0,84	0,76
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0	0,93	0,85	0,93	0,89
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:4, С-3, Neolith 7200В/В = 1,0	0,89	0,78	0,90	0,82
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,15):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0	0,93	0,85	0,93	0,89
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,05):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200В/В = 1,0	0,89	0,78	0,90	0,82
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0, пигмент желтый СВ 1%	0,91	0,83	0,92	0,88
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0, пигмент желтый СВ 5%	0,90	0,84	0,91	0,89
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0, пигмент голубой ФТЦ 1%	0,84	0,82	0,84	0,86

Окончание табл. 4.10

1	2	3	4	5
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0, пигмент голубой ФТЦ 5%	0,82	0,80	0,81	0,78
Вяжущее(известь:наполнитель =1:0,3):Песок=1:3, С-3, Neolith 7200 В/В = 1,0, охра 5%	0,91	0,83	0,92	0,88

Таблица 4.11

Свойства разработанного отделочного покрытия

Наименование показателя	Значение показателя разработанного состава	Значение показателя прототипа
Прочность при сжатии, МПа	3-4	1-2,5
Адгезионная прочность $R_{св}$, МПа	0,6-0,9	0,5-0,7
Морозостойкость, не менее циклов	50	35
Время высыхания до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, мин,	15...20	-
Водоудерживающая способность, %	98-99	97
Водопоглощение по массе, %	10-12	11-12
Водостойкость	0,68-0,74	-
Усадочные деформации мм/м	0,26-0,38	-
Коэффициент паропроницаемости μ , мг/м·ч·Па	0,05	0,01
Расход отделочного состава при нанесении в 1 слой толщиной: – 1 мм, кг/м ² – 10 мм, кг/м ²	1-1,2 10-12	1,4-1,6 14-16
Жизнеспособность, час	1-1,5	2-3
Срок хранения, мес	6-12	6-12

В качестве прототипа использована известковая штукатурная смесь «Крепс Антик».

Разработанная методика формирования и сокращения альтернатив при выборе компонентов и оптимизации составов строительных композитов общестроительного назначения дает возможность осуществления обоснованного выбора рационально подобранных составов известковых отделочных покрытий наполненных гидросиликатами

кальция, с точки зрения обеспечения оптимальных значений физико-механических, технологических и эстетических свойств.

4.4. Технология приготовления сухой смеси. Технико-экономическая эффективность

Технология производства сухой отделочной смеси состоит из двух основных этапов:

- приготовление сухой смеси;
- упаковка и отгрузка готовой продукции со склада потребителю.

Технологическая линия по производству сухой смеси включает следующие технологические модули (рис. 4.5):

- модуль приема, подготовки, сушки и помола ГСК;
- модуль приема извести;
- модуль приема, отсева и сушки песка;
- модуль приема, фасовки и дозирования добавок (наполнитель на основе гидросиликатов кальция, редиспергируемый порошок, пластификатор);
- смесительный модуль, имеющий в своем составе линию дозирования и перемешивания составляющих компонентов сухой смеси (гидратная известь песок, ГСК, пластификатор, редиспергируемый порошок);
- модуль упаковки готовой продукции.

Сухая смесь упаковывается в бумажные трёх-, четырёхслойные крафт-мешки с полиэтиленовым пакетом-вкладышем, исключая попадание влаги и посторонних примесей. Сухая смесь упаковывается массой от 5 до 50 кг в одной единице продукции. Хранение и транспортирование сухой смеси в комплекте с добавкой ГСК допускается только при положительных температурах при относительной влажности воздуха не более 70%. Срок хранения сухой смеси 6-12 месяцев со дня изготовления. Перевозка сухой смеси должна осуществляться любым видом транспорта в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозки грузов, действующих на соответствующем виде транспорта.

Сухая отделочная смесь рекомендуется к использованию преимущественно крупными потребителями, специализирующихся на отделочных работах при строительстве общественных зданий и ремонте офисных помещений (с расфасовкой сухой смеси по 25 и 50 кг в многослойные крафт-мешки с полиэтиленовым вкладышем). Также предполагается поставка сухой смеси для частных лиц-потребителей (с расфасовкой сухой смеси по 5 кг и 10 кг) используемых для отделки интерьеров жилых и подсобных помещений. Проект стандарта предприятия на сухие строительные смеси с применением гидросиликатов кальция приведен в прил. 2.

Блок схема цеха по производству сухих смесей.

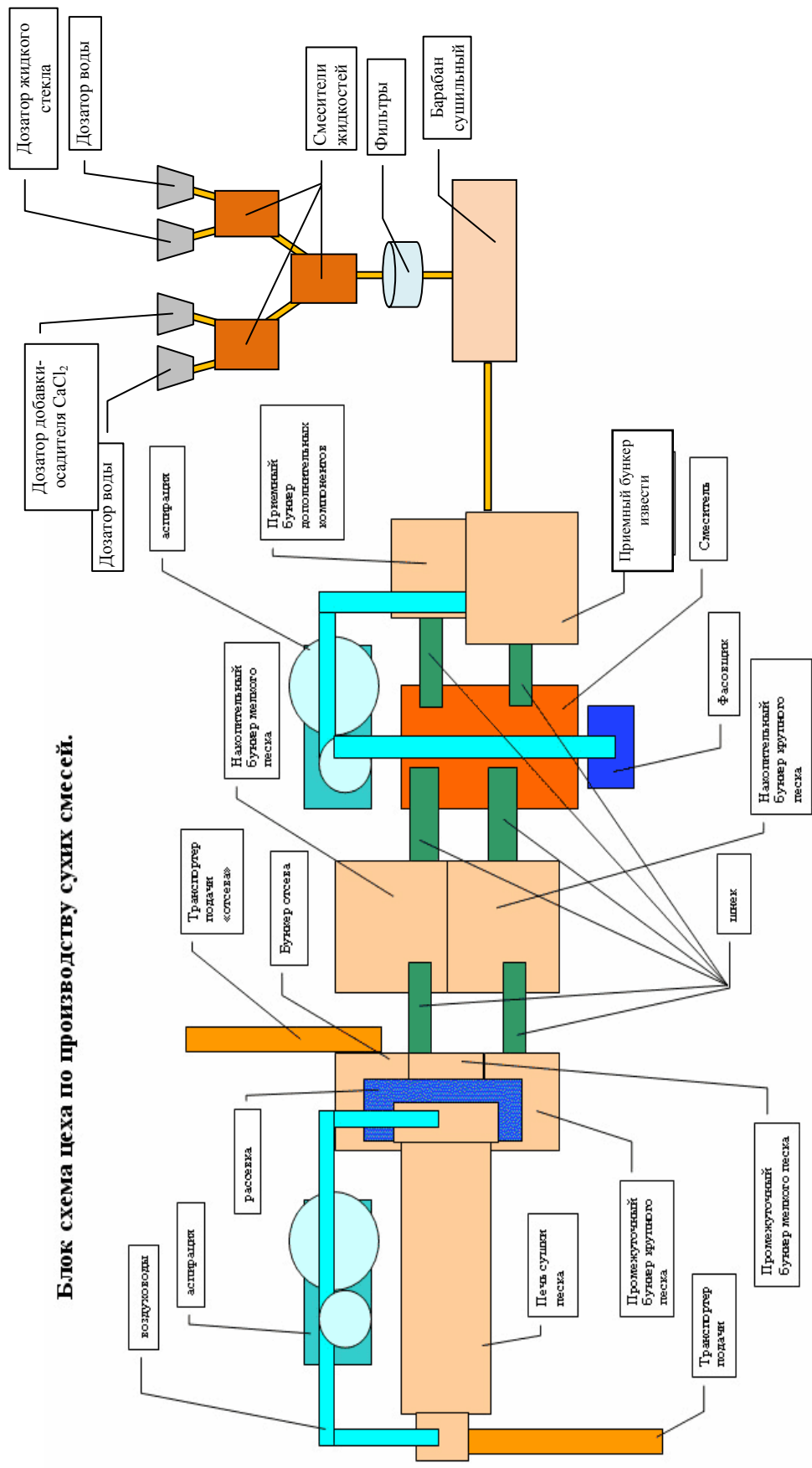


Рис. 4.5. Технологическая схема производства известковой сухой строительной смеси

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Таблица 1П1

Патентная документация

№ п/п	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Заявитель (патенто-обла- датель), страна. Номер заявки, дата приоритета	Название изобретения (полной модели, образца)	Сведения о действии охранного документа
1	2	3	4	5
Сухие строительные смеси, бетоны и растворы с использованием высокодисперсных (нанодисперсных) наполнителей				
1.	РФ, патент на изобретение №2460710	Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» (СГАСУ) Заявка: 2011102147/03, 20.01.2011	Штукатурная сухая строительная смесь для отделки фасадов зданий	Действует
2.	РФ, патент на изобретение №2448923	Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» КазГАСУ Заявка: 2010137385/03, 07.09.2010	Штукатурная гипсовая сухая строительная смесь	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
3.	РФ, патент на изобретение № 2278086	Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибистрин), Безбородов В.А., Парикова Е.В. Заявка: 2004117663/03, 09.06.2004	Сухая штукатурная смесь	Прекратил действие
4.	РФ, патент на изобретение № 2262493	Открытое акционерное общество «СОДА» (ОАО «СОДА») Заявка: 2004116900/03, 03.06.2004	Сухая строительная смесь	Прекратил действие, но может быть восстановлен
5.	РФ, патент на изобретение № 2203243	Пензенская государственная архитектурно-строительная академия Заявка: 2000130413/03, 04.12.2000	Сухая строительная смесь	Прекратил действие
6.	РФ, патент на изобретение № 2312085	ГОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» Заявка: 2006107811/03, 13.03.2006	Сухая строительная смесь	Прекратил действие

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
7.	РФ, патент на изобретение № 2392246	Общество с ограниченной ответственностью «АЛЬ-ФАПОЛ» Заявка: 2009115228/03, 22.04.2009	Сухая строительная смесь	Может прекратить свое действие
8.	РФ, патент на изобретение № 2297991	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева» Заявка: 2005133842/03, 01.11.2005	Сухая строительная смесь	Прекратил действие
9.	РФ, патент на изобретение № 2278082	Герасимов А.В., Мананкова Т. В., Недавний О.И. Заявка: 2004126423/03, 30.08.2004	Сухая строительная смесь	Прекратил действие
10.	РФ, патент на изобретение № 2267466	Открытое акционерное общество «СОДА»(ОАО «СОДА») Заявка: 2004116901/03, 03.06.2004	Сухая строительная смесь	Прекратил действие, но может быть восстановлен
11.	РФ, патент на изобретение № 2085394	Точилин Е.А. Заявка: 94005523/03, 16.02.1994	Композиционный материал «МИЛЕНТИТТ-ЭТП»	Прекратил действие

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
12.	РФ, патент на изобретение №2281262	Ижевский государственный технический университет Заявка: 2005102277/03, 31.01.2005	Композиция для получения строительных материалов	Действует
13.	РФ, патент на изобретение №2345968	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет», ООО «Кристалл» Заявка: 2007102730/03, 24.01.2007	Композиция для получения строительного материала	Действует
14.	РФ, патент на изобретение №2447036	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Сибирский федеральный университет Заявка: 2010144287/03, 28.10.2010	Композиция для получения строительных материалов	Действует
15.	РФ, патент на изобретение №2233254	Закрытое акционерное общество «Астрин-Холдинг», Научно-исследовательский центр Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Заявка: 2000127644/03, 26.10.2000	Композиция для получения строительных материалов	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
16.	РФ, патент на изобретение №2331659	Граубенберг А.Я. Заявка: 2007102038/04, 22.01.2007	Состав латексный грунтовочный	Действует
17.	РФ, патент на изобретение №2388712	ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», ООО «СтройБетон-Сервис» Заявка: 2007146958/03, 17.12.2007	Сырьевая смесь для строительных материалов (варианты)	Действует
18.	РФ, патент на изобретение №2466110	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» Заявка: 2011125450/03, 20.06.2011	Сырьевая смесь для высокопрочного бетона	Действует
19.	РФ, патент на изобретение №2057098	Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона Заявка: 92006790/04, 16.11.1992	Бетонная смесь	Прекратил действие

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
20.	РФ, патент на изобретение №2095327	Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие Мастер Бетон» Заявка: 96105455/03, 21.03.1996	Способ приготовления бетонной смеси	Действует
21.	РФ, патент на изобретение №2177919	Морозов Ю.Л., Цельнер М.Е. Заявка: 2000103280/03, 14.02.2000	Бетонная смесь и добавка в бетонную смесь	Прекратил действие
22.	РФ, патент на изобретение №2237630	Братский государственный технический университет Заявка: 2002135497/03, 26.12.2002	Вязущее	Прекратил действие
23.	РФ, патент на изобретение №2259968	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный технический университет» Заявка: 2003136312/03, 15.12.2003	Способ приготовления бетонной смеси	Действует
24.	РФ, патент на изобретение №2439012	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет» Заявка: 2010115718/03, 20.04.2010	Вязущее	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
25.	РФ, патент на изобретение №2458876	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет» Заявка: 2010146205/03, 12.11.2010	Вязущее	Действует
26.	РФ, патент на изобретение №2035480	Веренкова Э.М. Заявка: 92006760/05, 17.11.1992	Способ приготовления композиции для защитно-декоративного покрытия	Прекратил действие
27.	РФ, патент на изобретение №2182892	Пензенская государственная архитектурно-строительная академия Заявка: 2000109908/03, 17.04.2000	Шпаклевка	Прекратил действие
28.	РФ, патент на изобретение №2095327	Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие Мастер Бетон» Заявка: 96105455/03, 21.03.1996	Способ приготовления бетонной смеси	Действует
29.	РФ, патент на изобретение №22204540	Общество с ограниченной ответственностью фирма «Вефт» Заявка: 2001135530/04, 29.12.2001	Сухая растворная смесь	Прекратил действие, но может быть восстановлен

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
30.	РФ, патент на изобретение №2237631	Братский государственный технический университет Заявка: 2002135498/03, 26.12.2002	Вяжущее	Прекратил действие
31.	РФ, патент на изобретение №2259971	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный технический университет» Заявка: 2004102137/03, 26.01.2004	Способ приготовления бетонной смеси	Действует
32.	РФ, патент на изобретение №2458875	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет» Заявка: 2010139839/03, 28.09.2010	Вяжущее	Действует
33.	РФ, патент на изобретение №2058277	Веренкова Э.М. Заявка: 92014835/04, 28.12.1992	Композиция для декоративного покрытия строительных изделий и способ приготовления композиции	Прекратил действие

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
34.	РФ, патент на изобретение №2035481	Веренкова Э.М. Заявка: 92006854/05, 17.11.1992	Способ приготовления композиции для защитно-декоративного покрытия строительных изделий	Прекратил действие
35.	РФ, патент на изобретение №2259330	Пензенская государственная архитектурно-строительная академия Заявка: 2003110606/03, 14.04.2003	Шпаклевка	Действует
36.	РФ, патент на изобретение №2388715	Общество ограниченной ответственностью «АЛЬФАПОЛ» Заявка: 2008142229/03, 16.10.2008	с Сухая строительная смесь	Действует
37.	РФ, патент на изобретение №2397966	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия» (СибАДИ) Заявка: 2009110361/03, 20.03.2009	Сухая строительная смесь	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
38.	РФ, патент на изобретение №2409528	АЛЬПОЛЬ-ГИПС Заявка: 2009100050/03, 11.01.2009	Строительный раствор	Действует
39.	РФ, патент на изобретение №2278082	Герасимов А.В., Мананкова Т.В., Недавний О.И. Заявка: 2004126423/03, 30.08.2004	Сухая строительная смесь	Действует
40.	РФ, патент на изобретение №2278083	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия» (СибАДИ) Заявка: 2004136412/03, 14.12.2004	Сухая строительная смесь	Действует
41.	РФ, патент на изобретение №2394006	Сидоренко Ю.М., Макаренко О.А., Синельников В.Ю. Заявка: 2008119859/03, 19.05.2008	Состав теплоизоляционной штукатурной смеси для внешних и внутренних работ	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
42.	РФ, патент на изобретение №2403218	АЛЬПОЛЬ-ГИПС Заявка: 2009100049/03, 11.01.2009	Строительный раствор	Действует
43.	РФ, патент на изобретение №2081076	Панченко А.И., Айрапетов Г.А., Несветаев Г.В., Нечушкин А.Ю. Заявка: 94022235/03, 10.06.1994	Вяжущее	Прекратил действие
44.	РФ, патент на изобретение №2081076	Диккерхофф А.Г. (DE) Заявка: 95113725/03, 02.08.1995	Сухая смесь для получения цементной суспензии, способ приготовления сухой смеси и установка для приготовления смеси	Действует
45.	РФ, патент на изобретение №2402508	Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС) Заявка: 2009117018/03, 04.05.2009	Состав для отделки	Прекратил действие, но может быть восстановлен

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
46.	РФ, патент на изобретение №2417964	Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС) 2009132762/03, 31.08.2009	Состав для отделки	Прекратил действие, но может быть восстановлен
Высокодисперсные (наноразмерные) наполнители				
47.	РФ, патент на изобретение №2096372	«Предприятие Мастер Бетон» Заявка: 96111654/03, 13.06.1996	Способ приготовления комплексного модификатора бетона и комплексный модификатор бетона	Действует
48.	РФ, патент на изобретение №2283292	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет» Заявка: 2005110416/03, 12.04.2005	Способ приготовления микрогранул комплексной добавки в цементные композиции	Действует
49.	РФ, патент на изобретение №2332375	Жданов Б.В., Жданов А.Б., Жданова Н.Б. Заявка: 2006110646/03, 03.04.2006	Способ приготовления добавки в бетонные, растворные и сухие строительные смеси, добавка в бетонные, растворные и сухие строительные смеси	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
50.	РФ, патент на изобретение №2380340	Государственное образовательное учреждения высшего профессионального образования Томский политехнический университет Заявка: 2008147453/03, 01.12.2008	Способ получения шихты для синтеза волластонита и её состав	Действует
51.	РФ, патент на изобретение №2085542	Центр модифицированных бетонов Заявка: 94029363/03, 04.08.1994	Способ приготовления водной суспензии микрокремнезема	Действует
52.	РФ, патент на изобретение №2096372	Предприятие Мастер Бетон Заявка: 96111654/03, 13.06.1996	Способ приготовления комплексного модификатора бетона и комплексный модификатор бетона	Действует
53.	РФ, патент на изобретение №2298535	Катенков А.А., Медведев В.М., Кузнецов В.А. Заявка: 2005135768/03, 18.11.2005	Комплексная добавка для бетонной смеси, способ получения комплексной добавки для бетонной смеси и технологическая линия для получения комплексной добавки для бетонной смеси	Действует
54.	РФ, патент на изобретение №2422393	Долгополов А.Н. Заявка: 2010100990/03, 14.01.2010	Комплексная добавка в бетонную смесь в виде стабилизированной суспензии микрокремнезема	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
55.	РФ, патент на изобретение №2058277	Веренкова Э.М. Заявка: 92014835/04, 28.12.1992	Композиция для декоративного покрытия строительных изделий и способ приготовления композиции	Прекратил действие
56.	РФ, патент на изобретение №2273612	Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ) Заявка: 2004120574/03, 5.07.2004	Комплексная добавка	Действует
57.	РФ, патент на изобретение №2089527	Товарищество с ограниченной ответственностью «Алмаз» Заявка: 94025009/03, 13.07.1994	Способ получения волластонита	Прекратил действие
58.	РФ, патент на изобретение №2213054	Гладун В.Д. Заявка: 2002129936/12, 11.11.2002	Способ получения тонкодисперсного силиката кальция (варианты), тонкодисперсный силикат кальция (варианты), окрашенная композиция	Прекратил действие
59.	РФ, патент на изобретение №2181105	Томский государственный университет Заявка: 2000122812/12, 01.09.2000	Синтетический волластонит и способ его получения	Прекратил действие

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
60.	РФ, патент на изобретение №2090501	Егорьевский технологический институт им. Н.М. Бардыгина, МГТУ «Станкин» Заявка: 96100936/25, 17.01.1996	Способ получения тонкодисперсного волластонита	Прекратил действие
61.	РФ, патент на изобретение №2091304	Егорьевский технологический институт им. Н.М. Бардыгина, МГТУ «Станкин» Заявка: 96101391/25, 23.01.1996	Способ получения волластонита	Прекратил действие
62.	РФ, патент на изобретение №2134246	Бусыгин В.М., Валеев Р. Г, Гайсин Л. Г., Галимов К.С., Закиров Ф. А., Мочалов Н.А., Мухаметов И.Х., Поддубный Ю.А., Свиридов С. И., Тихонова Т. Д., Федурин А. А. Заявка: 98109878/03, 29.05.1998	Способ получения гидратированного щелочного силиката	Прекратил действие
63.	РФ, патент на изобретение №2181105	Томский государственный университет Заявка: 2000122812/12, 01.09.2000	Синтетический волластонит и способ его получения	Прекратил действие
64.	РФ, патент на изобретение №2133218	Томский государственный университет Заявка:98104373/25, 17.02.1998	Способ получения высокодисперсных порошков	Прекратил действие
65.	РФ, патент на изобретение №2387608	Никифоров Е.А. Заявка: 2009105177/03, 16.02.2009	Способ получения тонкодисперсного аморфного кремнезема	Действует

Продолжение табл. 1П1

1	2	3	4	5
66.	РФ, патент на изобретение №2160723	ООО "Предприятие Мастер Бетон" Заявка: 98120923/03, 25.11.1998	Способ приготовления комплексного модификатора бетона и комплексный модификатор бетона (варианты)	Действует
67.	РФ, патент на изобретение № 2 288 197	ООО "Предприятие Мастер Бетон" Заявка: 2005111093/03, 15.04.2005	Комплексный модификатор бетона	Действует
68.	РФ, патент на изобретение № 2 288 197	ООО "Предприятие Мастер Бетон" Заявка: 2005111093/03, 15.04.2005	Комплексный модификатор бетона	Действует
69.	РФ, патент на изобретение № 2 465 958	Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации Заявка: 2011136792/05, 05.09.2011	Способ гранулирования дисперсного углеродного материала	Действует
70.	РФ, патент на изобретение № 2096389	Общество с ограниченной ответственностью "Предприятие Мастер Бетон" Заявка: 96101772/03, 30.01.1996	Способ приготовления комплексного модификатора бетонной смеси	Действует

Окончание табл. 1П1

1	2	3	4	5
71.	РФ, патент на изобретение № 2159668	Общество с ограниченной ответственностью "Научно-техническое объединение "ПРИБОРСЕРВИС" Заявка: 99106882/12, 05.04.1999	Способ получения гранулирования материала	Прекратил действие
72.	РФ, патент на изобретение № 2 260 572	Ефимов П.А., Пустовгар А.П. Заявка: 2004115715/03, 25.05.2004	Добавка для модификации гипсовых вяжущих, строительных растворов и бетонов на их основе	Прекратил действие
73.	РФ, патент на изобретение № 2 382 004	Открытое акционерное общество «Полипласт» (ОАО «Полипласт») Заявка: 2008103301/03, 01.02.2008	Органоминеральный модификатор для бетонных смесей и строительных растворов и способ его получения	Прекратил действие

Сопоставительный анализ признаков, включенных в независимые пункты формулы изобретения по патенту Российской Федерации №2417964 и признаков, используемых в предлагаемом составе сухой строительной смеси с наполнителем на основе гидросиликатов кальция

Сопоставляемые признаки		Выводы	
по охранному документу – патенту Российской Федерации №2204539	предлагаемой асфальтобетонной смеси	По каждому признаку пункта формулы	По исследуемому пункту формулы
1. Пример состава, масс. %: а) Известь-пушонка б) Наполнитель в) Вода	Пример состава, масс. %: а) Строительная известь б) Минеральный наполнитель на основе гидросиликата кальция в) Вода г) Кварцевый песок с размером зерен до 0,63 мм д) Суперплатификатор С-3	Использован Использован Использован Не использован Не использован	Не использован

Сведения о прототипах и предлагаемом техническом решении приведены в табл. 3. Анализ указанной таблицы показывает, что целью достигаемой в прототипах являлось повышение предела прочности при сжатии и адгезионной прочности отделочных составов.

Информация о прототипах и предлагаемого решения

Наименование показателя	Прототип			Предлагаемый отделочный состав
	Состав для отделки (патент №2417964)	Состав для отделки (патент №2203243)	Состав для отделки (патент №2402508)	
1	2	3	4	5
Время высыхания, мин:				
до степени 3	10-15	-	-	10-15
до степени 5	12-20	-	-	20-25
Адгезия, МПа	0,8-1,4	0,9-2,1	1,1-1,5	0,9-1,4
Прочность при сжатии в возрасте 28 суток, МПа	2,8-4,8	-	-	2,8-5,4
Водоудерживающая способность, %			96,2-98,3	98,0-98,6
Водостойкость (коэффициент размягчения $K_{разм}$)	-	-	-	0,78
Пачкание поверхности	отсутствует	-	-	отсутствует
Класс качества внешнего вида	VI	VI	-	IV-VI

Таким образом, проведенный анализ репрезентативной выборки патентов на изобретение показывает, что прямых аналогов предлагаемого технического решения нет, а, следовательно, оно обладает патентной чистотой.

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

**УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО РСУ «Спецработ»**



В.А. Пшестилевский

_____ 2012 г.

СМЕСИ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184 – ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций».

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Обществом с ограниченной ответственностью РСУ «Спецработ». В разработке стандарта принимали участие Сергеева К.А. аспирант Пензенского Государственного университета архитектуры и строительства.

2. ПРИНЯТ 03.08.2012 г.

3. ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ с 06.08. 2012 г. Приказом Генерального директора ООО РСУ «Спецработ» В.А. Пшестилевским.

Содержание

1. Область применения.....	112
2. Нормативные ссылки.....	112
3. Термины и определения.....	113
4. Технические требования	114
5. Правила приемки	115
6. Методы испытаний	117
7. Маркировка	118
8. Требования безопасности и охраны окружающей среды.....	119
9. Упаковка	120
10. Транспортирование и хранение	121
11. Гарантии изготовителя	121

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СМЕСИ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Введен впервые

Технические условия

Дата введения 2012-08-06

1. Область применения

Настоящий стандарт распространяется на смеси сухие строительные (далее смеси), изготавливаемые на известковом вяжущем с наполнителем, заполнителем и модифицирующими добавками, и предназначенные для внутренних и наружных отделочных работ при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений.

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к смесям в сухом состоянии, смесям, готовым для применения, и затвердевшим смесям.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия

ГОСТ 5802- 86 Растворы строительные. Методы испытаний

ГОСТ 8736- 93 Песок для строительных работ. Технические условия

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

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

ГОСТ 28013-98 Растворы строительные. Общие технические условия.

ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

ГОСТ 31189- 2003 Смеси сухие строительные . Классификация

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»

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом, следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины и определения

3.1. смеси сухие строительные: Смеси сухих компонентов, содержащие вяжущие, наполнители, заполнители, модифицирующие до-банки и изготовленные и заводских условиях.

3.2. смеси сухие штукатурные: Смеси, предназначенные для выравнивания стен и потолков, придания декоративных свойств (при необходимости).

3.3. смеси сухие ремонтные: Смеси, предназначенные для восстановления геометрических и эксплуатационных показателей бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

3.4. смеси сухие ремонтные поверхностные: Смеси, предназначенные для восстановления геометрических и эксплуатационных показателей конструкций их поверхностной обработкой.

3.5. смеси сухие декоративные: Смеси, предназначенные для окончательной отделки поверхности конструкций и придания ей определенной цветовой гаммы, рельефной фактуры.

3.6. смеси сухие растворные: Смеси, содержащие мелкий заполнитель.

4. Технические требования

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

4.2. Требования к материалам

4.2.1. 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
- песок декоративный из природного камня по ГОСТ 22856;
- модифицирующие добавки по нормативной документации предприятия-изготовителя.

4.2.2. Материалы, применяемые для производства смесей, должны быть разрешены к применению органами Госсанэпидемслужбы.

4.2.3. 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.

4.2.4. Химические добавки в напольных смесях по эффективности действия должны соответствовать критериям эффективности по ГОСТ 24211.

4.2.5. 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.

4.3. Характеристики

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

4.3.2. Основные технические характеристики известковых смесей, готовых для применения (растворных смесей), и затвердевших смесей должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики известковых смесей, готовых для применения (растворных смесей), и затвердевших смесей

Наименование показателя	Значение показателей для смесей
Для сухих смесей	
Влажность, %, не более	0,2
Плотность, г/см ³ , не более	1,8
Для известковых смесей, готовых для применения (растворных смесей)	
Водоудерживающая способность, %, не менее	95
Подвижность смеси, см:	8-12
Для затвердевших смесей	
Прочность сцепления затвердевших смесей, МПа, не менее	0,6
Предел прочности при сжатии затвердевших смесей, не менее, МПа	3
Водопоглощение, %, не более	12
Морозостойкость, циклы, не менее	50
Наличие трещин	не допускается

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

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

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

5. Правила приемки

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

5.2. 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.

5.3. Приемку смесей осуществляют по результатам приемо-сдаточных и периодических испытаний.

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

5.5. Приемку по показателям: влажность, точность дозирования компонентов, гранулометрический состав, а также для отделочных смесей: подвижность, водоудерживающая способность; прочность на сжатие – для затвердевших растворов следует осуществлять по результатам приемо-сдаточных испытаний один раз в смену от каждой партии.

5.6. 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.

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

5.8. При периодических испытаниях приемку производят по показателям: удельная эффективная активность естественных радионуклидов ($A_{эфф}$), прочность сцепления с основанием (адгезия), водопоглощение.

5.9 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;
- коэффициент паропроницаемости, морозостойкость, удельная эффективная активность естественных радионуклидов, сцепление с основанием, трещиностойкость – один раз в год.

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

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

5.11. Радиационно- и санитарно-гигиеническую оценку смесей подтверждают наличием санитарно-эпидемиологического заключения уполномоченных органов государственного санитарного надзора,

которое необходимо возобновлять по истечении срока его действия или при изменении качества исходных материалов, состава смесей и технологии изготовления.

5.12. 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 и/или смеси.

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

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

- наименование предприятия-изготовителя, его товарный знак (при наличии), 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.

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

6. Методы испытаний

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

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

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

6.4. Насыпную плотность определяют по ГОСТ 8735.

6.5. Подвижность растворной смеси определяют по погружению конуса П по ГОСТ 5802.

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

6.7. Прочность на сжатие определяют по ГОСТ 5802.

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

6.9. Морозостойкость затвердевших растворов определяют по ГОСТ 31356

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

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

6.12. Подвижность растворной смеси определяют по ГОСТ 23789

6.13. Удельную эффективную активность естественных радионуклидов в исходных материалах для изготовления сухих смесей или непосредственно в сухих смесях определяют по ГОСТ 30108.

6.14. Эффективность применяемых добавок определяют по ГОСТ 30459.

7. Маркировка

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

Маркировка должна содержать:

– наименование предприятия-изготовителя, его товарный знак (при наличии), 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.

8. Требования безопасности и охраны окружающей среды

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

8.2. 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.

8.3. 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»

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

8.5. 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.

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

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

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

8.9. 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.

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

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

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

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

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

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

9. Упаковка

9.1. 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 типа «биг-беги» массой 500, 1000 кг.

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

9.3. 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.

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

10. Транспортирование и хранение

10.1. 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.

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

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

10.4. 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.

11. Гарантии изготовителя

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

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

11.3. 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.

Ключевые слова: смеси сухие, наполнитель, фракционный состав, прочность, истираемость, стойкость к ударным воздействиям, прочность сцепления, упаковка, маркировка, приемка, методы контроля, транспортирование, хранение, область применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев, В. И. Сухие строительные смеси / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля. – М: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.
2. Горегляд, С.Ю. Российские дни сухих строительных смесей-2011 /С.Ю. Горегляд, Л.В. Сапачева//Строительные материалы. – 2011. – №12. – С.54-55.
3. Ботка, Е.Н. Рынок сухих строительных смесей России: изменение характера роста /Е.Н. Ботка// Новости строительной индустрии. 2008. – № 10-11 (77-78). – Режим доступа: http://www.spsss.ru/confer/confer_archive/reports/doclad08/botka.doc
4. Ботка, Е.Н. Рынок сухих строительных смесей России: от спада к стабилизации / Е. Ботка // Технологии и бизнес на рынке сухих строительных смесей. – 2009. – № 10. – С. 3.
5. Семенович С. Формула прибыльного раствора / С. Семенович// Газета «Коммерсантъ Санкт-Петербург». – 2012. – №146 (4931). – 9 августа;
6. Румянцева, С. Сухой остаток / С. Румянцева // Промышленно-строительное обозрение. – 2010. – №128. – С.39.
7. Потапова, Е. Смена приоритетов / Е. Потапова // Журнал СНИП №05/2008 Городская недвижимость. Издательская группа Индустрия. – Режим доступа:<http://www.indpg.ru/snip/2008/05/21771.html>
8. Пыжов, В. Классификация модифицированных сухих строительных смесей / В. Пыжов // Источник: Союз производителей ССС. –№18. – 2008. – Режим доступа: <http://www.stroyka.ru/gazeta/obzor-rynka-modificirovannyh-suxix-stroitelnyx-smesej/>
9. Беляев, Е.В. Сухие строительные смеси / Е.В.Беляев // Сухие строительные смеси. – 2011. – № 3. – С. 2-4.
10. Белоусов, Е. Д. Малярные и штукатурные работы/ Е.Д. Белоусов, О.С. Вершинина. – М.: Высш. шк., 1990. – 270 с.
11. Демьянова, В.С. Эффективные сухие строительные смеси на основе местных материалов/В.С. Демьянова, В.И. Калашников, Н.М. Дубошина. – 2-е изд., доп. – М.: АСВ, Пенза: ПГАСА, 2001. – 209с.
12. Шангина, Н.Н., Сухие строительные смеси для реставрации исторических объектов / Н.Н. Шангина, А.М. Харитонов // Сухие строительные смеси. – 2011. – №4(24). – С.16-20.
13. Писаренко, О. Известковые краски: свежесть и прочность фасада / О. Писаренко // Газета «NEVANEWS» – Санкт-Петербург. – 2006. – 7 августа.
14. Жукова, Д.К. Сухие строительные смеси в свете реставрации и ремонта зданий /Д.К. Жукова, А.А. Рябова//ООО Стройсервис. Режим доступа: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/510/239>
15. Составы "БИРСС" для реставрации: комплексный подход. "Красная линия". – 2006. – №18.
16. Соловьев, В.И. Бетон с гидрофобизирующими добавками / В.И. Соловьев. – Алма-ата: Наука, 1990. – 112 с.

17. Хигерович, М.И. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов / М.И. Хигерович, В.Е. Байер. – М.: Стройиздат, 1979. – 126с.
18. Рамачандран, В.С. Добавки в бетон: Справ. пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди и др.; Под ред. В.С. Рамачандрана. – М.: Стройиздат, 1988. – С.168-184.
19. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 188с.
20. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 244с.
21. Высоцкий С.А. Минеральные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. – 1994. – №2. – С.7-10.
22. Зоткин, А.Г. Применение наполнителей в строительных смесях / А.Г. Зоткин // Сухие строительные смеси. – 2009. – № 3. – С. 66-69.
23. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
24. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя / В.К. Власов // Бетон и железобетон. – 1988. – №10. – С. 9-11.
25. Справочник специалиста стройиндустрии «Строитель». – М.: Стройинформ, 2004. – №2. – 356 с.
26. Пат. 2364576 Российская федерация, МПК С04В24/38, С04В103/30 (2006.01) Комплексная модифицирующая добавка для строительных растворов / И.И. Зоткин. – № 2007146683/03, заявл.14.12.2007, опубл. 20.08.2009.
27. Пат. 2439016 Российская федерация, МПК С04В24/24, С04В11/00, С04В28/14, С04В111/20. Комплексная добавка для модификации гипсовых вяжущих / В.А. Долгорев. – № 2010120485/03, заявл. 24.05.2010, опубл. 10.01.2012.
28. Гладун, В.Д. Получение ксонотлита и перспективы его применения / В.Д. Гладун, О.В. Акатьева, Н.Н. Андреева, А.И. Холькин // Химическая технология. – 2000. – № 11. – С. 2-9.
29. Шульц, М.М. Силикаты в природе и практике человека / М.М. Шульц // Соросовский образовательный журнал. – 1997. № 8. – С. 45-51.
30. Мамедов Х.С., Белов Н.В. Кристаллическая структура волластонита / Х.С. Мамедов, Н.В. Белов // Доклады Академии наук СССР. 1956. – Т. 107, № 3. – С. 463-466.
31. Тюльнин, В.А. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения // В.А. Тюльнин, В.Р. Ткач, В.И. Эйрих, Н.П. Стародубцев. – М.: Руда и металлы, 2003. – 152с.
32. Орлова, Н.А. Применение природного минерала игольчатого типа волластонита в сухих строительных смесях / Н.А. Орлова, А.М. Белоусов // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1-2. – С.94-96.

33. Гальперина, М.К. Синтез волластонита из трепела /М.К. Гальперина, О.С. Грум-Гржимайло, В.С. Митрохин, Н.П. Тарантул// – Стекло и керамика. – 1982. – №2. – С. 16-17.

34. А.с. 480676 СССР, МПК С 04 В 35/14. Шихта для синтеза волластонита / Е.Л. Рохваргер, М.К. Гальперина, Н.С. Лыхина. № 2001421/29-33 ; заявл. 04.03.74 ; опубл. 15.08.1975, Бюл. № 10.

35. А. с. 525645 СССР, МПК С 04 В 35/14. Шихта для синтеза волластонита / З.А. Ливсон, М.И. Рыщенко, Л.М. Салтевская. № 2051118/33 ; заявл. 09.08.74 ; опубл. 25.08.76, Бюл. № 31.

36. А. с. 577194 СССР, МПК С 01 В 33/00. Шихта для изготовления волластонитовых изделий / Б.И. Мороз, Н.Н. Круглщкий. № 2377979/29-33 ; заявл. 01.07.76 ; опубл. 25.10.77, Бюл. № 39.

37. А. с. 694480 СССР, МПК С 04 В 35/14, С 04 В 33/13. Шихта для синтеза волластонита / П.А. Иващенко, В.П. Варламов, Н.А. Хренов, А.И. Березин. № 2597027/29-33 ; заявл. 15.03.78 ; опубл. 30.10.79, Бюл. № 40.

38. 3967974, US, C01B 3324; C09C 128. Synthetic wollastonite and a process for its manufacture/ Walter Ohnemuller, Alexander Solf, Reimbold & Strick, dec. 21.01.1975, iss. 06.07. 1976.

39. Пат. 2134246, Российская федерация, МПК C04B12/04, C01B33/32. Способ получения гидратированного щелочного силиката / Бусыгин В.М.; Валеев Р.Г.; Гайсин Л.Г.; Галимов К.С.; Закиров Ф.А.; Мочалов Н.А.; Мухаметов И.Х.; Поддубный Ю.А.; Свиридов С.И.; Тихонова Т.Д.; Федурин А.А. – №98109878/03, заявл. 29.05.1998, опубл. 10.08.1999.

40. Авторское свидетельство СССР N 1050625, опублик. 1983.

41. Пат. 2133218, Российская федерация, МПК C01B33/12. Способ получения высокодисперсных порошков / Томский политехнический университет. – №98104373/25, заявл. 17.02.1998, опубл. 20.07.1999.

42. Pat. 63-330810, JP, C 01 B 33/26, Process for producing clay mineral of chain structure / Mizutani; Tadashi, Fukushima; Yoshiaki, Doi; Haruo, Kamigaito; Osami. – №07/457,835, iss. 27.12.1989.

43. Pat. 1221060, GB, IPC C04B 28/18, C04B 28/00. Improvements in and relating to calcium silicate insulation/Laidler Thomas Gordon, Booth Dennis. – №19670058651 19671227, dec. 1967-12-27, iss: 1971-02-03.

44. Авторское свидетельство СССР N 1611857, кл. С 01 В 33/124, 1990.

45. Ярусова, С.Б. Синтез силикатов кальция в многокомпонентных системах и их физико-химические свойства: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04 / Ярусова Софья Борисовна. – Владивосток, 2010. – 28с.;

46. Смолеговский, А.М. Развитие представлений о структуре силикатов / А.М. Смолеговский. – М.: Наука, 1979. – 231 с.

47. Саснаускас, К.И. Синтез гидросиликатов кальция/ К.И. Саснаускас, А.А. Развадаускас, А.А. Баландис, А.И. Аугонис // Научные тр. высших учебных заведений Литовской ССР. Сер.: Химия и химическая технология. – 1973. – Вып. 15. – С. 385-405.

48. Илюхин, В.В. Гидросиликаты кальция. Синтез монокристаллов и кристаллохимия / В.В. Илюхин, В.А. Кузнецов, А.Н. Лобачёв, В.С. Бакшутов. – М.: Наука, 1979. 184 с.
49. Курзина, И.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков. Методические указания / И.А. Курзина, А. Ю. Годымчук, А.А. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 14 с.
50. Горшков, В.С. Вяжущие, керамика и стеклокерамические материалы. Структура и свойства / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.В. Абакумов. – М.: Стройиздат, 1994. – 584с.
51. Кузнецова, Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ методические указания / Г.А. Кузнецова. – Иркутск, 2005. – 29с.
52. Недома И. Расшифровка рентгенограмм порошков / Под ред. Л.Н. Расторгуева. – М.: Металлургия, 1975. – 423с.
53. Бондарь, А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. – Киев: Вища школа, 1976. – 186с.
54. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
55. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 279 с.
56. Логанина, В.И. Влияние технологии синтеза силикатных наполнителей на свойства известковых и отделочных составов / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Папшева(Сергеева) // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – №2. – С.66-69.
57. Логанина, В.И. Закономерности синтеза тонкодисперсных наполнителей на основе гидросиликатов кальция / В.И.Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Папшева(Сергеева) // Науковий вісник Будівництва. – 64 – Харків ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. – С.102-107.
58. Логанина, В.И. Влияние режимов синтеза на свойства наполнителей на основе гидросиликатов кальция/ В.И.Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Папшева(Сергеева) // Сухие строительные смеси. – 2011. – №3(23). – С.42-44.
59. Сергеева, К.А. Преимущества наполнителей на основе гидросиликатов кальция для сухих строительных смесей / К.А. Сергеева// Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: сборник докладов. – Пенза, 2011. – С. 202-206.
60. Логанина, В.И. Применение добавки на основе гидросиликатов кальция в сухих строительных смесях / В.И.Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Сергеева// Сухие строительные смеси. – 2012. – №1(27). – С.16-18.
61. Логанина, В.И. Структура и свойства тонкодисперсных наполнителей на основе силикатов кальция для сухих строительных смесей / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Сергеева // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – №2(31). – С.167-169.
62. Кузнецова, Т.В. Физическая химия вяжущих материалов / Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: Высш. шк., 1989. – 384 с.

63. Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих и изделий на их основе / Л.М. Сулименко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2000. – 303с.
64. Шульце, В. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих / В. Шульце, В. Тишер, В.-П. Эттель под ред. М.М.Сычова. – М.: Строиздат, 1990. – 239 с.
65. Лесовик В.С. Формирование структуры и свойств известково-реставрационных композитов/В.С. Лесовик, И.Л.Чулкова //Вестник БГТУ им.В.Г.Шухова. – 2010. – № 2. – С.41-45.
66. Бабушкин, В.И.Термодинамика силикатов/ В.И. Бабушкин, М.Г. Матвеев, О.П.Мчедлов-Петросян. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
67. Берг, Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Сычев. – 2-е доп-е. – М: Наука, 1969. – 395с.
68. Химельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химельблау. – М.: Мир, 1975. – 536с.
69. Колбасов В.М. Эффективность влияния суперпластификаторов на цементы разного состава / В.М. Колбасов, ИЛ.Василенко (Чулкова) II Наука-производству: тез. докл. УП Всесоюзн. научно-техн. совещания по химии и технологии цемента. – Карачаево-Черкесск: НИИЦемент, 1988. – Вып. 95. – С. 94-95.
70. Loganina, V.I Waterproofing of lime composites on the basis of finely dispersed silicate fillers/V.I. Loganina, L.V. Makarova, K.A. Sergeeva // European Science and Technology Materials of the ii international research and practice conference vol. II. Technical sciences. – Wiesbaden, 2012, – P.297-301.
71. Логанина, В.И. Повышение водостойкости покрытий на основе известковых отделочных составов / В.И.Логанина, Л.В. Макарова, С. Н. Кислицина, К.А. Сергеева// Известия высших учебных заведений. – 2012. – №1(637). – С.41-47.
72. Логанина, В.И. Повышение водостойкости известковых составов / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, К.А. Сергеева// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – №1. – С.42-46.
73. Федюкин, В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции [Текст] / Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант 2001. – 328 с.
74. DIN 18550 Штукатурные работы и штукатурные системы. [Текст]. – Введ. 1991-01-01.М.: Изд-во стандартов, 1991. – 13 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1 СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	4
1.1. Применение сухих строительных смесей при реставрации зданий исторической застройки и отделке зданий и сооружений.....	4
1.2. Тонкодисперсные наполнители на основе силикатов кальция для сухих строительных смесей.....	17
2. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	24
2.1. Закономерности синтеза гидросиликатов кальция.....	24
2.2. Свойства наполнителей.....	37
3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВОК ГСК.....	47
3.1. Закономерности формирования структуры известковых композиций.....	47
3.2. Влияние наполнителя на прочность известкового камня.....	52
3.3. Закономерности изменения технологических и реологических свойств известковых составов с наполнителем на основе ГСК.....	58
4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	69
4.1. Стойкость декоративных покрытий с применением наполнителя на основе ГСК.....	69
4.2. Свойства материалов по отношению к действию влаги.....	79
4.3. Многокритериальная оптимизация состава и технологических режимов изготовления сухих строительных смесей с использованием наполнителя на основе гидросиликатов кальция.....	83
4.4. Технология приготовления сухой смеси. Технико-экономическая эффективность.....	88
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	122

Научное издание

Логанина Валентина Ивановна
Макарова Людмила Викторовна
Сергеева Кристина Анатольевна

**ИЗВЕСТКОВЫЕ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ
ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ОТДЕЛКИ СТЕН ЗДАНИЙ**
Монография

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина



Подписано в печать 21.05.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 8,0. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 106.

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