

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»  
Министерство образования Пензенской области  
ГАОУ ДПО «Институт регионального развития Пензенской области»  
Управление образования города Пензы  
МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы  
МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г. Пензы  
Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных Интернет-Проектов «ДМИП.рф»  
МБОУ СОШ № 78 г. Пензы

III открытый региональный конкурс  
исследовательских и проектных работ школьников  
«Высший пилотаж - Пенза» 2021

**Разработка эффективного и конкурентоспособного  
отделочного состава на основе сухой строительной смеси,  
предназначенного для внутренней отделки зданий**

Выполнили: Ершова Анастасия  
Ванифатова Алина,  
ученицы 10 класса МБОУ СОШ № 78 г. Пензы

Руководитель работы:  
Сергеева Кристина Анатольевна,  
учитель физики  
МБОУ СОШ №78 г. Пензы

Пенза  
2021

## Содержание работы

Введение.....	3
Глава 1. Современные сухие строительные смеси для отделки зданий и сооружений, их применение и состав .....	4
Глава 2. Характеристика сырьевых материалов. Методика проведения исследований .....	6
Глава 3. Разработка рецептуры сухой строительной смеси и свойства композитов на ее основе .....	10
Заключение .....	13
Список литературы .....	15

## **Введение**

**Актуальность работы.** В России одним из интенсивно развивающихся направлений строительной индустрии является производство сухих строительных смесей. Это крупнейший сегмент строительного рынка. Современные сухие строительные смеси – 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.

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.

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.

**Целью работы** является разработка эффективных и конкурентоспособных составов для внутренней отделки, обладающих хорошей эксплуатационной стойкостью и низкой себестоимостью. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить закономерности содержания компонентов в сухих строительных смесях;
- разработать эффективный состав сухой строительной смеси и определить свойства растворов на ее основе для внутренней отделки.

**Научная новизна.** Установлены закономерности влияния количества активной добавки, выбора вяжущего, его соотношении с добавкой, фракционности заполнителя, которые влияют на свойства покрытий, заключающиеся в том, что установленная рецептура компонентов отделочных составов приводит к повышению эффективности отделочных составов.

**Гипотеза исследования** - выдвинуто предположение о возможности повышения эксплуатационной стойкости отделочных покрытий на основе разработанного состава, в рецептуру, которого будут входить такие компоненты, как: известь, гипс, активные добавки, песок.

**Практическая значимость работы.** Разработана рецептура отделочного состава, предназначенного для отделки и ремонта зданий, включающая известь, гипс, активную добавку. Растворные смеси с данной рецептурой характеризуются водоудерживающей способностью 95-98%, временем высыхания до степени «5» 15 мин, жизнеспособностью 1 час. Покрытия на основе предлагаемой сухой смеси характеризуются прочностью сцепления 0,78 МПа. Расход сухой смеси при толщине 10мм составляет 8-8.5 кг/м<sup>2</sup>.

**Предмет исследования:** сухие строительные смеси

**Объект исследования:** рецептура отделочного состава

**Апробация работы:** была проведена частичная отделка частного дома (комнаты и кухни) с помощью разработанного состава на основе сухой смеси.

## **Глава 1. Современные сухие строительные смеси для отделки зданий и сооружений, их применение и состав**

В настоящее время наибольшей популярностью среди штукатурных смесей пользуются цементные смеси, как для наружной отделки, так и для внутренней. Для внутренней отделки широкое применение находят гипсовые смеси. Известковые не пользуются популярностью, хотя имеют ряд преимуществ: они обладают хорошими теплоизоляционными и огнеупорными свойствами; экологичны; имеют хорошее сцепление с деревянными, кирпичными и бетонными 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. Штукатурные смеси на основе извести можно наносить на отделываемую поверхность при низких положительных и умеренно отрицательных температурах.

Итак, что же такое сухая строительная смесь? Это смесь таких компонентов, как вяжущее (извест, гипс или цемент), заполнитель, как армирующий элемент (песок), добавки. При затворении водой сухая смесь превращается в раствор, а при высыхании нанесенный раствор на основание становится отделочным покрытием.

Для исследования современного состояния рынка сухих смесей мы обратились к каталогу строительных товаров базы магазина «Леруа Мерлен». К наиболее известным на нашем рынке относятся гипсовые штукатурные смеси, такие, как «Ротбанд» от Knauf (Кнауф). Именно эти составы допускают применение в относительно влажных помещениях. Использовать ее можно как для ручного нанесения, так и машинного. Вес упаковки – 30 кг, цена ее за мешок составляет 420 р. Не менее популярен производитель гипсовой штукатурки «Волма». Это выравнивающая штукатурка с прекрасной адгезией для любого типа поверхности, кроме деревянной. Вес упаковки – 25 кг. Цена – 400 р. Штукатурка гипсовая Bergauf Easy Band -360 р. за мешок 30 кг. Штукатурка гипсовая Unis Теплон 30 кг, цена упаковки – 320 р. Гипсовая штукатурка от Ветонит рассчитана как на ручной, так и на машинный способ нанесения, стоимость упаковки весом в 30 кг – 400 р.

Качество сухих строительных смесей на гипсовом вяжущем регулирует ГОСТ 31376-2008. Проверке подлежат смеси, готовые растворы и собственно штукатурный слой.

Сухие составы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. зерна с диаметром в 5 мм смесь не включает. Гранулы с диаметром в 1,25 мм могут составлять не более 1,0% от массы, с диаметром в 0,2 мм – не более 12% и с диаметром в 0,125 мм – не более 15%;
2. влажность смеси – не более 0,3% по массе;
3. активность естественных радионуклидов должна соответствовать требованиям ГОСТ 30108.

Смеси, готовые к применению, должны выполнять следующие условия:

- время схватывания при ручном способе – 45 минут;
- время схватывания при машинном производстве – 90 минут;
- способность удерживать воду составляет не менее 90%;
- подвижность смеси должна соответствовать ГОСТ 31376: диаметр расплыва составляет 165 мм с погрешностью в 5 мм. Это показатель может быть изменен по требованию заказчика.

Готовое покрытие должно соответствовать таким требованиям:

1. предел прочности при изгибе – не меньше, чем 1 МПа;

2. предел прочности при сжатии – не менее, чем 2 МПа;
3. прочность сцепления – не менее 0,3 МПа.

**Характеристики вышеупомянутых штукатурных смесей, которые указывают производители торговых марок:**

Вес нетто (кг) 25-30

Расход кг/м<sup>2</sup> при толщине слоя 10 мм 8-9

Основной материал Гипс

Тип применения Вручную (машинный способ)

Место использования Внутренний

Материал поверхности применения Кирпич, Пазогребневая плита, Газобетонный блок

Размер фракции (мм) 1.2-1,5

Минимальная толщина слоя (мм) 5.0

Максимальная толщина слоя (мм) 50.0

Жизнеспособность раствора (ч) 0,5-1,5

Время полного высыхания (ч) 168.0

Время до начала эксплуатации (дней) 1-7

Минимальная температура применения (°C) 5.0

Максимальная температура применения (°C) 30.0

Количество воды (л/кг) 0,45-0.56

Адгезия (МПа) 0,3

Прочность на сжатие (МПа) 2-2.5

Цвет от белого до серого.

Итак, сухие смеси состоят из вяжущего (известь, гипс или цемент), песка и добавок.

Известно, что добавки бывают разного рода, для коррекции свойств, полученных отделочных составов.

Повышения эксплуатационной стойкости отделочных составов и покрытий на их основе можно добиться за счет применения активных минеральных добавок, например, обожженной глины. Применение минеральных добавок приводит к повышению непроницаемости и химической стойкости, улучшению сопротивления трещинообразования, увеличению предела прочности. При использовании наполнителей высокой активности наблюдается повышение сцепления растворов на основе сухих строительных смесей с основанием.

Шангина Н.Н. в своей работе «Сухие строительные смеси для реставрации исторических объектов» пишет, что глины не обладают активностью до тех пор, пока не будут подвержены термической обработке. К искусственно обожженным глинистым материалам относятся глинит, цемянка, керамзит, аглопорит (температура обжига 600-800<sup>0</sup>C). Обожженная глина в виде измельченного в порошок битого кирпича (цемянки) применялась еще в древней Руси в качестве гидравлической добавки в смеси с воздушной известью.

Взаимодействие извести с активными минеральными добавками основано на том, что активный 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. (Волженский А.В. «Минеральные вяжущие вещества»).

Введение цемента в состав сухих строительных смесей способствует повышению прочности при сжатии и водостойкости известковых смесей. Но введение цемента в

известковый состав, в последствие приводит к растрескиванию и отслоению отделочного слоя, а также снижению паропроницаемости и трещиностойкости[1].

**Подводим итоги.** Изменяя состав сухой смеси, можно влиять на ее эксплуатационные свойства покрытий на основе смеси.

Большинство добавок, улучшая одни характеристики смеси, иногда не изменяют, а зачастую ухудшают другие характеристики. Эти побочные эффекты можно устранить, используя комплексные добавки, но за счет них увеличивается стоимость готовой смеси.

Однако, существующие в настоящее время технологические решения не обеспечивают высокие эксплуатационные свойства на основе минеральных вяжущих сухих строительных смесей, либо эти смеси настолько дороги, что не каждый позволит их купить. В связи с этим актуальным является разработка рецептуры отделочных составов не дорогих и эффективных.

## **Глава 2. Характеристика сырьевых материалов. Методика проведения исследований**

Для приготовления отделочного состава использовали местные материалы: гашеная известь, полученная на Каменском предприятии «Атмис-сахар», гипс строительный, сурский кварцевый песок, синтезируемую активную добавку. Для получения активной добавки применяли: жидкое натриевое стекло, хлорид кальция. Вода для исследований бралась питьевая.

Физико-механические характеристики отделочных составов и покрытий на их основе оценивались в соответствии с действующими стандартами и ГОСТами, а также по методикам, описанным в литературных источниках, с которыми меня познакомил научный руководитель. Испытания проводились в лабораториях ПГУАС, школы с соблюдением всех техник безопасности, в присутствии преподавателей и лаборантов.

**Насыпную плотность** материалов определяли с использованием сосуда вместимостью 1000 см<sup>3</sup> (1 л). Пробу материала массой около 1,5 кг насыпали в стандартную воронку. Предварительно взвешенный мерный сосуд помещали под воронку и заполняли порошком с небольшим избытком. После заполнения сосуда деревянной линейкой осторожно срезали излишек материала на уровне с краями сосуда. Затем сосуд взвешивали и, вычитая из полученного результата массу сосуда, находили массу порошка. Насыпную плотность материала  $\rho_{нас}$  (г/см<sup>3</sup>) вычисляли по формуле:

$$\rho_{нас} = \frac{m}{V},$$

где  $m$  – масса материала, г;

$V$  – объем сосуда, см<sup>3</sup>.

**Водоудерживающую способность** отделочных составов определяли в соответствии с ГОСТ 5802 «Растворы строительные. Методы испытания» вместе с моим научным руководителем на базе школы №78. Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги размером 150x150 мм взвешивали, укладывали на стеклянную пластинку размером 150x150 мм и толщиной 5 мм. Затем на промокательную бумагу укладывали один слой марлевой ткани, сверху устанавливали металлическое кольцо с внутренним диаметром 100 мм и высотой 12 мм, и еще раз взвешивали всю установку. Затем тщательно перемешанную растворную смесь укладывали вровень с краями металлического кольца, выравнивали, взвешивали и оставляли на

10 мин. После чего металлическое кольцо с раствором осторожно снимали вместе с марлей, а промокательную бумагу взвешивали. Водоудерживающую способность растворной смеси определяли выраженным в процентах содержанием воды в пробе до и после эксперимента по формуле:

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

где  $m_1$  – масса промокательной бумаги до испытаний, г;  $m_2$  – масса промокательной бумаги после испытания, г;  $m_3$  – масса установки без растворной смеси, г;  $m_4$  – масса установки с растворной смесью, г.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяли дважды для каждой пробы растворной смеси и вычисляли как среднее арифметическое значение результатов двух определений.

**Время высыхания** определяли в соответствии с ГОСТ 19007-73 на базе нашей школы. Оценка степени высыхания проводилась по семибальной шкале. Метод заключается в определении времени, в течении которого отделочный слой превращается в слой с требуемой степенью высыхания (таблица 1).

Таблица - Определение степени высыхания отделочных покрытий

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

**Плотность жидкого стекла** определяли с помощью ареометра в кабинете физики школы №78 с соблюдением техники безопасности с химическими реагентами.

**Водопоглощение** определяли по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний» в лаборатории кабинета физики вместе с научным руководителем. Для этого изготавливали образцы различных составов размером 1х1х5 см, которые после 28 суток

воздушно-сухого твердения высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100-110<sup>0</sup>С, взвешивали на аналитических весах. После чего помещали образцы в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 5 мм. Образцы укладывали на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной. Температура воды в емкости составляла (20 ± 2) °С. Образцы взвешивали через каждые 24 ч водопоглощения на обычных или гидростатических весах с погрешностью не более 0,1 %. При взвешивании на обычных весах образцы, вынутые из воды, предварительно вытирались отжатой влажной тканью. Образцы, испытываемые в состоянии естественной влажности, после окончания процесса водонасыщения высушивали до постоянной массы. Водопоглощение раствора рассчитывали по формуле:

$$W = \frac{m_e - m_c}{m_c} \cdot 100\%,$$

где  $m_c$  — масса высушенного образца, г;  $m_e$  — масса водонасыщенного образца, г.

**Коэффициент водопоглощения** определяли по DIN 52617 в физической лаборатории нашей школы. Образцы помещали в воду на глубину 2-10мм, предварительно изолировав боковые поверхности от проникновения воды. Температура воды 20<sup>0</sup>С. Образцы взвешивали через 10, 30 мин., затем каждые 6 час. Испытания проводили до тех пор, пока на противоположной поверхности не станет заметным увлажнение. Коэффициент водопоглощения рассчитывали по формуле:

$$w_t = \frac{m}{t^{0,5} \cdot A},$$

где m-водопоглощение в кг; А-площадь испытываемой поверхности в м<sup>2</sup>; t-время в ч.

При определении типа покрытия пользовались таблицей 2.

Таблица 2 - Определение типа покрытия

Коэффициент водопоглощения, [кг/м <sup>2</sup> *ч <sup>0,5</sup> ]	Тип покрытия
<0,1	Водонепроницаемые
0,1-0,5	водоотталкивающие(гидрофобные)
0,5-2,0	Водосдерживающие
>2,0	Водопроницаемые

**Методика определения жизнеспособности состава.** Жизнеспособностью состава называется время от вскрытия сосуда с составом или от момента смешения компонентов на месте применения до момента потери способности состава наносится на ту или иную поверхность. В большинстве случаев о жизнеспособности состава судят по изменению его вязкости с течением времени. Жизнеспособность определяли временем с момента нанесения до момента изменения вязкости состава. Определение проводили через каждые 30 минут в домашних условиях.

**Коэффициент паропроницаемости** определяли в физической лаборатории вместе с учителем физики Коэффициент определялся по показателю количества водяных паров, прошедших через 1 см<sup>2</sup> поверхности отделочного слоя толщиной  $\delta$  за время  $\tau$  при температуре

20±2<sup>0</sup>С. На слой марли наносили исследуемый состав, после отверждения которого марлю закрепляли на стакане, в котором создавалась 100%-ная относительная влажность воздуха. Марлю закрепляли на стакане, смазав его края по окружности парафином. В эксикатор, в котором создавалась 60%-ная относительная влажность воздуха, помещали стакан, предварительно взвесив его на аналитических весах. Периодические взвешивания продолжали до того момента, пока масса стакана с затвердевшим слоем отделочного состава становилась постоянной величиной. Коэффициент паропроницаемости определяли по формуле:

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

где  $P$  - общее количество паров воды, перемещающейся путем диффузии через слой отделочного состава, соответствующее увеличению массы пленки за время испытаний, мг;  $\delta$  - толщина отделочного слоя, м;  $F$  - площадь отделочного слоя, м<sup>2</sup>;  $E$  - парциальное давление водяного пара при влажности 100%, Па, (упругость водяного пара);  $e_{60}$  - парциальное давление водяного пара при влажности 60%, Па, (упругость водяного пара);  $\tau$  - продолжительность испытания, ч.

Для оценки **адгезионной прочности** применяли метод отрыва штампа в лаборатории ПГУАС вместе с моим научным руководителем по ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии». Метод основан на определении силы отслаивания штампа от поверхности отрывом. Использовали штампы цилиндрической формы диаметром 18 мм, наклеенные эпоксидным клеем на отделанную поверхность. Устанавливали образец горизонтально, прикрепляя к штампу динамометр, и фиксировали силу, необходимую для отрыва штампа от испытуемого образца. Прочность сцепления отделочного состава с подложкой определяли по формуле:

$$R_{сц} = \frac{P}{F}, \text{ МПа}$$

где  $P$  - сила отрыва, Н;  $F$  - площадь контакта штампа с покрытием, м<sup>2</sup>.

**Фазовый состав** образцов материала определяли с помощью рентгенофазового анализа. Ионизационные рентгенограммы исследуемых образцов были сняты на дифрактометре марки Thermo Scientific модели ARL X'TRA фирмы Thermo Electron S A (Швейцария). При расшифровке рентгенограмм сравнивали межплоскостные расстояния и интенсивности соответствующих линий на полученных рентгенограммах с данными для эталонных веществ [6,7,8,9].

**Активность добавки на основе силикатов кальция** определяли по ее растворимости в 20%-ом растворе КОН в кабинете химии школы. Исходную минеральную добавку измельчали до полного прохождения через сито №008 и высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу в течение 2 часов при температуре 105-110<sup>0</sup>С. Высушенную добавку помещали в стеклянный стакан и заливали 20%-ым раствором КОН. Полученный раствор помещали на 3 часа в кипящую водяную баню, после чего отстоявшийся раствор отфильтровывали через неплотный беззольный фильтр. Промытый осадок вместе с фильтром на воронке высушивали до постоянной массы. Количество растворимого в КОН вещества минеральной добавки определяли по формуле:

$$M = \frac{P - P_1}{P} \cdot 100\% ,$$

где P-исходная навеска, г;

P<sub>1</sub>-навеска после растворения в КОН и высушивания при 105-110<sup>0</sup>С, г.

Зависимость между величиной растворимости в 20%-ом растворе КОН и активностью добавки определяли по графику согласно.

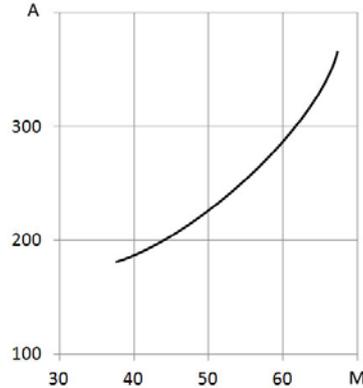


Рисунок 1 - График зависимости активности минеральных добавок от растворимости в 20%-ном растворе КОН

А-активность минеральных добавок в мг /г;

М-растворимость добавки в %.

### **Глава 3. Разработка рецептуры сухой строительной смеси и свойства композитов на ее основе**

Итак, чтобы сделать, эффективную сухую строительную смесь, необходимо знать химию, в связи с этим, мне пришлось частично изучить химические процессы вместе с научным руководителем и преподавателем университета, которые протекают в результате перехода сухой смеси в раствор, а раствор в покрытие. Я узнала, что твердение растворов на гашёной извести и гипса обусловлено протеканием двух процессов: кристаллизации при высыхании растворов и карбонизации. Карбонизация глубинных слоёв длительна, поскольку, во-первых, количество углекислого газа в атмосфере составляет лишь 0,04%, а, во-вторых, образующаяся плёнка карботата кальция обладает низкой проницаемостью. Поэтому в центральной части хорошо уплотнённых растворов долгое время сохраняется значительное количество гашенной извести. Испарение воды из раствора также способствует увеличению прочности. Образование карбонатов обуславливает повышение прочности и водостойкости изделий, но недостаточно. Если в качестве наполнителя использовать активные добавки, наряду с образованием карбонатов возможно появление и гидросиликатов кальция, повышающих прочность растворов.

Для изучения закономерностей свойств отделочных составов и покрытий на их основе были исследованы образцы с различным соотношением гипс:известь:активная добавка, количеством воды, фракционным составом песка, а также пигментов.

Изучая научно-техническую литературу, мы выяснили, что известковые и гипсовые составы образуют покрытия, которые характеризуются высокой пористостью и значительным объемом открытых пор, в отличие от цементных составов. Высокая пористость материала снижает прочность и водостойкость материала. Введение активных добавок в рецептуру сухой

смеси приводит к снижению пористости покрытий. Результаты проведенных исследований показали, что значения коэффициента водопоглощения составляют 0,42-0,46 кг/(м<sup>2</sup>·ч<sup>0,5</sup>), свидетельствуют, что покрытия являются водоотталкивающими, гидрофобными (менее 0,5 кг/(м<sup>2</sup>·ч<sup>0,5</sup>)).

На рентгенограмме (рисунок 2) образцов активной добавки, синтезированного из жидкого натриевого стекла в присутствии добавки-осадителя CaCl<sub>2</sub>, сразу после сушки, присутствуют дифракционные линии (Å) гидросиликатов кальция: 10,13; 4,765; 3,582; 3,145; 2,875; 2,82; 2,719; 2,466; 2,283; 2,22; 2,062; 2,013; 1,823; 1,701; 1,629; 1,603; 1,41, остальные линии характерны для гидрогалитов и кальцито [3,4,5,6,7,8,9].

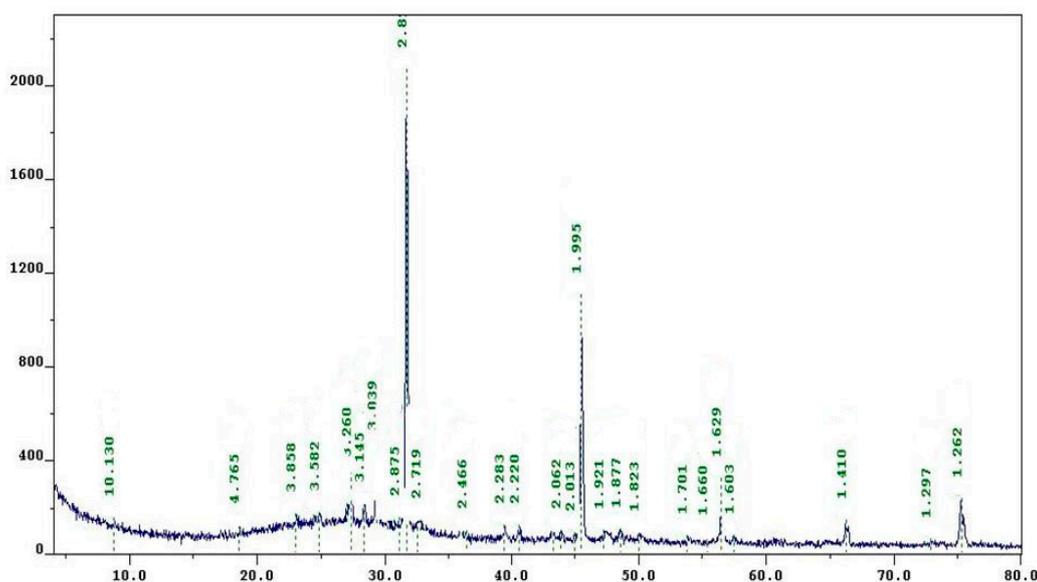


Рисунок 2 - Рентгенограмма образцов активной добавки

Проведенные исследования показывают, что полученная добавка обладает гидравлической активностью. Активность наполнителя, определенная в соответствии с методикой, составляет в зависимости от режима синтеза 289 мг/г. Анализ ионизационных рентгенограмм показал, что в образцах известково-гипсового композита в присутствии активной добавки, установлены дифракционные линии (Å) гидросиликатов кальция: 20,312; 14,853; 12,363; 10,983; 9,612; 8,672; 7,628; 6,511; 5,698; 5,324; 4,611; 3,746; 3,192; 3,048; 2,827; 2,722; 2,633; 2,501; 2,42; 2,292; 2,101; 1,92; 1,879; 1,723; 4,928; 2,633 [6,7,8,9] (рисунок 3). Увеличение количества пиков на рентгенограмме образцов известково-гипсового композита с активной добавкой позволяет утверждать, что добавка обладает высокой активностью и свидетельствует о химическом взаимодействии с известью и гипсом [3,4,5].

Установлено, что количество свободной извести и гипса в контрольных образцах после 28 суток воздушно-сухого твердения составило 60%, а в образцах с активной добавкой состава - 20%, что свидетельствует о химическом взаимодействии гидросиликатов кальция с известью и гипсом (рисунок 4) [3,4,5].

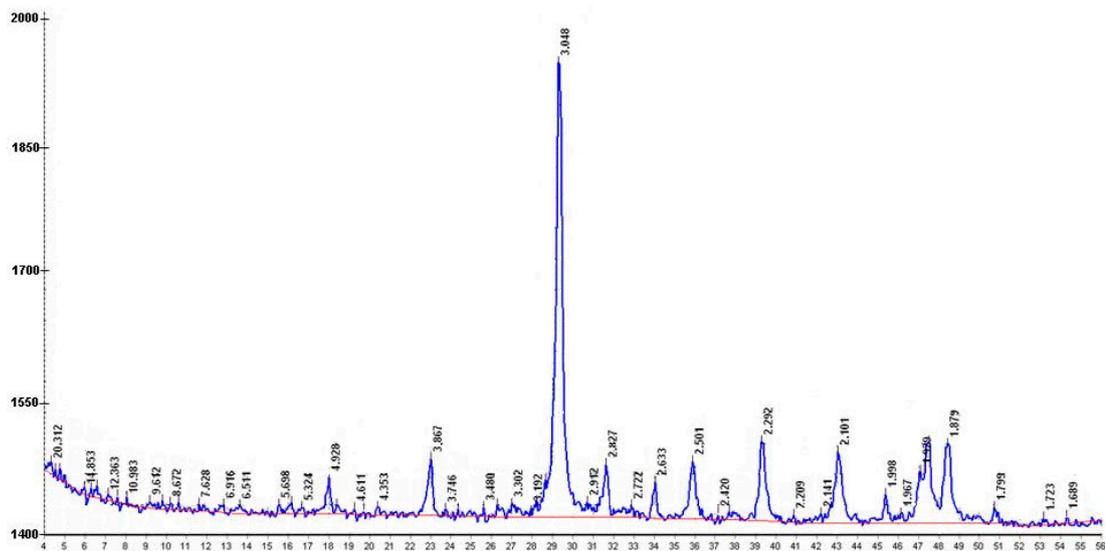


Рисунок 3 - Рентгенограмма образцов известково-гипсового камня с наполнителем с активной добавкой

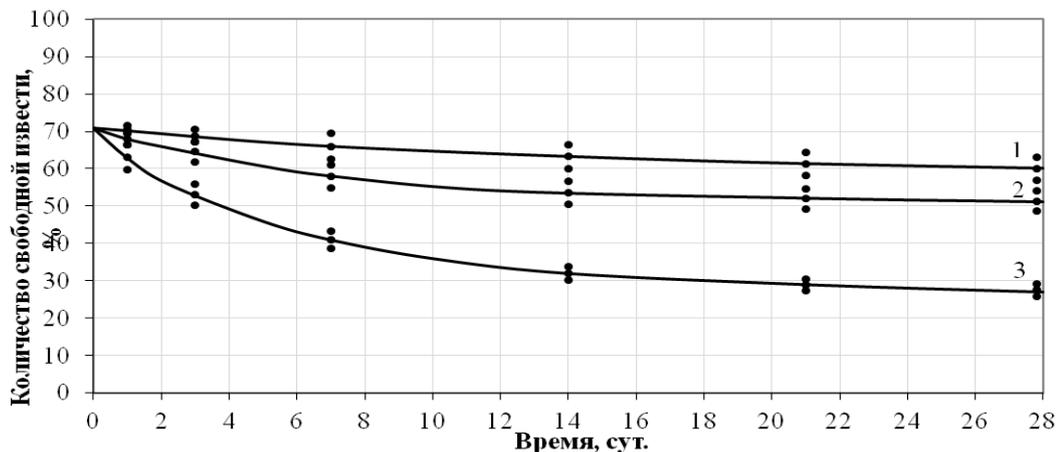


Рисунок 4 - Изменение содержания свободной извести в процессе твердения  
 1-контрольный состав;  
 2-состав гипс с активной добавкой;  
 3-состав гипс, известь и активная добавка.

Применение активной добавки приводит к повышению прочности известково-гипсового камня в 2-3 раза в зависимости от количества добавки. Применение микрокремнезема в количестве 15% и 30% от массы извести приводит к повышению прочности на 30-35%.

При твердении на воздухе известковые и гипсовые растворы 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  $\rho_{нас}=1527 \text{ кг/м}^3$ , соотношением вяжущее:песок В:П=1:1. Использование данной фракции в известково-песчаных составах обусловлено более плотной упаковкой с целью экономии вяжущего (таблица 3).

Таблица 3 - Насыпная плотность кварцевого песка

Фракция	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>
0,63-0,315	1521
0,315-0,14	1460
50% 0,63-0,315+50%0,315-0,14	1501
1,25-0,63	1523
50% 1,25-0,63+50%0,63-0,315	1573
80% 0,63-0,315+20%0,315-0,14	1527
20% 0,63-0,315+80%0,315-0,14	1480

Мы получили оптимальный состав в процентном соотношении по массе гипс:известь:силикатный наполнитель:песок=0,11:0,33:0,13:0,43.

В таблице 4 приведены показатели технологических и эксплуатационных свойств отделочного состава на основе разработанной сухой строительной смеси.

Таблица 4 - Свойства разработанного состава сухой строительной смеси и отделочного покрытия на их основе

Наименование показателя	Значение показателя разработанного состава
Адгезионная прочность R <sub>сц</sub> , МПа	0,78
Время высыхания до степени «5» при (20±2)°С, мин,	15
Водоудерживающая способность, %	95-98
Водопоглощение по массе, %	12
Расход отделочного состава при нанесении в 1 слой толщиной 10мм, кг/м <sup>2</sup>	8,5
Жизнеспособность, час	1
Паропроницаемость	0,07

### Заключение

Нами разработан отделочный состав для наружной и для внутренней отделки стен зданий в виде сухой смеси, включающий гашенную известь, активный наполнитель-добавку, песок, позволяющий получить растворные смеси с водоудерживающей способностью 98-99%, временем высыхания до степени 5 15 мин, жизнеспособностью 1 час. Покрытия на основе разработанной рецептуры сухой строительной смеси, характеризуются коэффициентом паропроницаемости 0,05-0,07 мг/м·ч·Па, прочностью сцепления 0,6-0,8 МПа, Расход сухой смеси составляет 8,5 кг/м<sup>2</sup> при толщине отделочного слоя 10мм. Исследованы гидрофизические свойства отделочного покрытия в зависимости от рецептуры сухой смеси. Введение активного

наполнителя в сухую смесь на основе извести приводит к снижению водопоглощения до 11%, при капиллярном всасывании влаги коэффициент водопоглощения равен 0,42-0,46 кг/(м<sup>2</sup> ч<sup>0,5</sup>). Покрытия в соответствии с DIN 52617 являются водоотталкивающими, гидрофобными. Установлены закономерности изменения свойств известковых отделочных составов в зависимости от содержания и количества наполнителя, песка, воды затворения. Показано, что введение наполнителя способствует повышению действия пластифицирующих добавок и повышению водостойкости известкового отделочного слоя.

Калькуляция себестоимости изготовления сухой отделочной смеси по предлагаемой технологии включала в себя: стоимость сырьевых материалов, электроэнергию на технологические цели, расходы на термообработку активной добавки, зарплату работникам, доп. зарплату, премии, технологическую линию на производство сухих строительных смесей и амортизацию оборудования. Себестоимость 1 мешка разработанной сухой смеси 30 кг составляет 200 р.

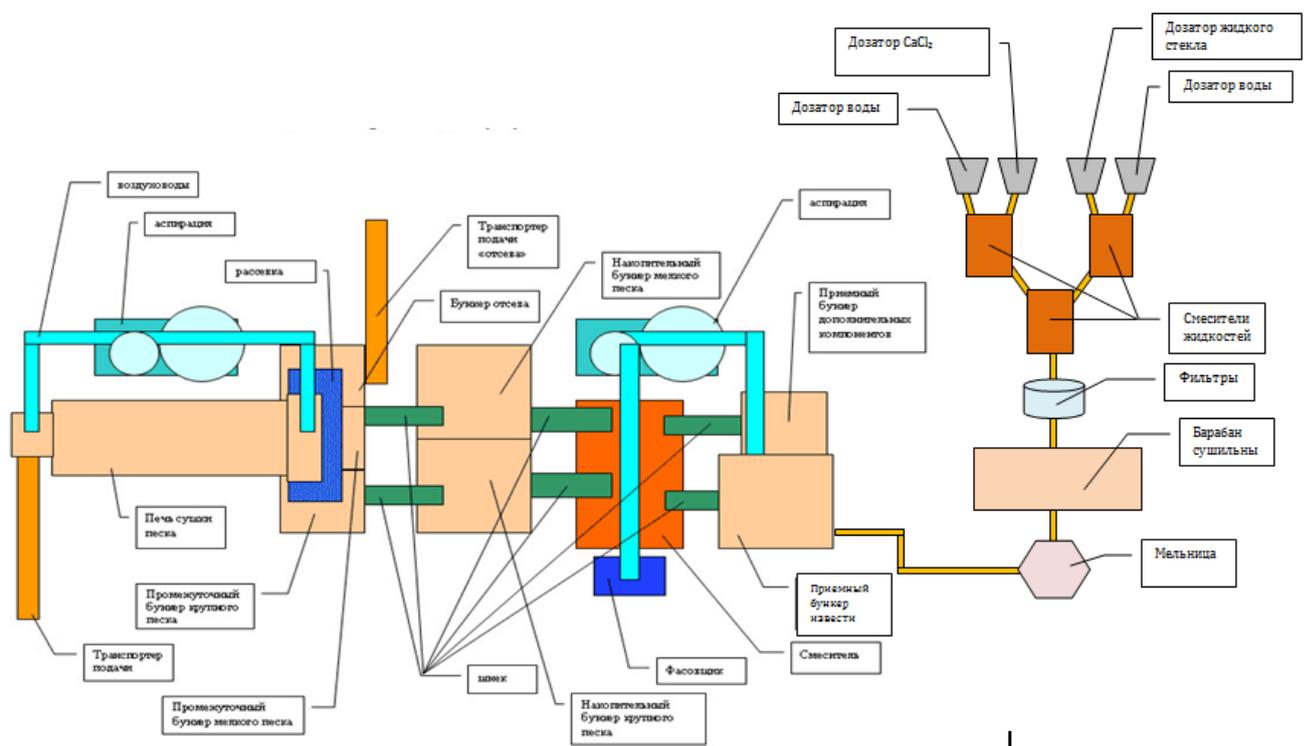


Рисунок 5 - Технологическая схема производства известковой сухой строительной смеси



Рисунок 6 – внешний вид покрытия на основе разработанной сухой строительной смеси

## Список литературы

1. 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.
2. Зоткин, А.Г.. Применение наполнителей в строительных смесях / А.Г. Зоткин// Сухие строительные смеси. - 2009. - № 3. – С. 66-69.
3. Бойтон Роберт С. Химия и технология извести / Роберт С. Бойтон. - М.: Стройиздат, 1972, - 240 с.
4. Полак, А.Ф. Твердение минеральных вяжущих веществ / А.Ф. Полак, В.В. Бабков, Е.П. Андреева. -Уфа: Башкирское книжное изд-во, 1990. 215 с.
5. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов . - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1977. - 218 с.
6. 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.
7. Горшков, В.С. Вяжущие, керамика и стеклокерамические материалы. Структура и свойства /В.С. Горшков, В.Г. Савельев, А.В. Абакумов. – М. : Стройиздат, 1994. -584с.
8. Кузнецова, Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ методические указания / Г.А. Кузнецова. – Иркутск, 2005. – 29с.
9. Недома И. Расшифровка рентгенограмм порошков / Под ред. Л.Н. Расторгуева. – М.: Металлургия, 1975. – 423с.
- 10.ГОСТ 22688 Известь строительная. Методы испытаний. – М.: изд-во стандартов, 1979. - 18с.

## Рецензия

на научно-исследовательскую работу

**«Разработка эффективного и конкурентоспособного отделочного состава на основе сухой строительной смеси, предназначенного для внутренней отделки зданий»**

Актуальность темы работы, несомненно, обусловлена потребностью повышения стойкости покрытий на основе сухих смесей, используемых для отделки и ремонта зданий. В качестве рабочей гипотезы автором выдвинуто предположение о возможности повышения эксплуатационной стойкости гипсовых отделочных покрытий.

Проведенный автором анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы свидетельствует, что известковые сухие строительные смеси могут превзойти существующие на сегодняшний день популярные цементные смеси и гипсовые по свойствам. И авторы смогли найти свое решение данной проблемы с помощью разработки рецептуры известково-гипсовой сухой смеси. Применение активной добавки в композициях с минеральными вяжущими диктует необходимость более полного использования его потенциала, а именно, реакционную способность. Я думаю, что авторы продолжают свои исследования в этой области, когда начнут серьезно изучать химию и строительные материалы у нас в вузе и более подробно и углубленно подойдет к реакционной способности добавок.

В работе проведен анализ современного рынка сухих строительных смесей, предназначенных для внутренней отделки зданий.

Все научные положения, выводы и практические рекомендации аргументированы и обоснованы. Выводы, к которым пришли авторы, имеют научное и практическое значение.

Авторами установлены закономерности влияния содержания исходных компонентов, фракционности песка на свойства покрытий.

Практическая значимость работы заключается в следующем: разработаны известково-гипсовые составы с повышенной эксплуатационной стойкостью, предназначенные для внутренней отделки зданий, включающие гашенную известь, гипс, активную добавку, кварцевый песок фракций 0.63-0.315 и 0.315-0.14. Покрытия на основе предлагаемой смеси обладают достаточно высокими показателями, которые приводит автор.

Таким образом, автор достиг поставленной цели – разработал известковые сухие строительные смеси, покрытия на основе которых обладают повышенной эксплуатационной стойкостью.

По работе имеются следующие замечания:

1. Для оценки эффективности влияния предлагаемых добавок авторами не было показано в каком количестве необходимо брать хлорид кальция и жидкое стекло, чтобы получился больший выход той самой активной добавки.

2. Авторами не было проведено варьирование соотношения гипса, извести и активной добавки, было бы интересно посмотреть на технологические свойства покрытий на основе разрабатываемого состава в зависимости от различного соотношения компонентов.

Работа Ершовой Анастасии и Ванифатовой Алины выполнена на достаточном уровне, сделанные замечания не оказывают существенного влияния на высокую оценку работы.

Работа содержит научную новизну, практическую значимость и в ней на основе выполненных авторами исследований предложены научно-обоснованные технические решения по созданию рецептур известковых сухих строительных смесей, имеющие существенное значение для развития страны.

к.т.н доцент

Кафедры «Управление качеством и технология  
строительного производства»

Макарова Людмила Викторовна

22.12.2020г

*Макарова*

