

на правах рукописи

Букин Илья Владимирович

**Комплексная гидрофобизирующая добавка и модифицированные
штукатурные растворы на ее основе**

по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата
технических наук

Челябинск 2008

Работа выполнена на кафедре «Строительные материалы и специальные технологии» Сибирской Автомобильно-Дорожной Академии

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент,
Ушаков В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Пичугин А.П.

кандидат технических наук
Королев А.С.

Ведущая организация – ОАО «Омский комбинат строительных конструкций».

Защита состоится «5» декабря 2008 г., в «10» часов, на заседании диссертационного совета ДМ 212.298.08 Южно-Уральского государственного университета по адресу: г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд. 507.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «28» октября 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Трофимов Б.Я.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. При проведении гидроизоляционных и отделочных работ в зданиях промышленного и гражданского назначения одной из существенных проблем является повышение долговечности штукатурных растворов. Основными факторами, негативно воздействующими на систему отделочный состав – ограждающая конструкция (ОК) являются:

- капиллярное всасывание воды ОК;
- периодическое увлажнение – высушивание отделочного слоя ОК;

Все они непосредственно связаны со значением водопоглощения и смачивания поверхности отделочного слоя и массива конструкции.

Одним из путей решения данной проблемы является применение штукатурных композиций с пониженным водопоглощением (гидрофобизация отделочных материалов), что является действенным способом повышения долговечности, морозостойкости, стойкости к различным формам коррозии.

Для придания этих свойств растворам, чаще всего используются кремнийорганические гидрофобизаторы – по типу водорастворимых и водонерастворимых кремнийорганических соединений (КОС).

Весьма актуальным является повышение эффективности гидрофобизирующих составов не увеличением содержания КОС во избежание замедления схватывания, а путём создания комплексного модификатора, который обеспечивал бы проявление совместного усиленного действия составляющих его компонентов, приводящего к снижению водопоглощения и высолообразования, а также к увеличению долговечности модифицированных штукатурных растворов.

Цель исследований – разработка состава и технологии комплексной гидрофобизирующей добавки и штукатурного раствора на её основе с заданными паропроницаемостью и водопоглощением.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать состав комплексной гидрофобизирующей добавки и способ её получения;
- выявить механизм активации процесса помола минеральных порошков химическими добавками;
- обеспечить требуемую гидрофобизацию отделочных растворов за счёт применения комплексной гидрофобизирующей добавки на основе полиэтилгидросилоксана и пиролизного регенерата;
- установить влияние состава комплексной добавки на микроструктуру цементного камня;
- определить влияние содержания цемента и минеральных добавок на формирование структуры отделочных растворов;
- установить зависимости сорбционного увлажнения, водопоглощения, и паропроницаемости от содержания и состава комплексной гидрофобизирующей добавки.

Научная новизна работы:

- установлено снижение водопоглощения домолотых порошков и затвердевших штукатурных растворов, модифицированных комплексной гидрофобизирующей добавкой на 10...15% по сравнению с введением полиэтилгидросилоксана, за счет более полной гидрофобизации поверхности;
- выявлен синергетический эффект интенсификации помола минеральных порошков введением комплексной гидрофобизирующей добавки за счет двух механизмов – адсорбционного понижения прочности и антифлокулирующего эффекта;
- установлено влияние содержания и состава комплексной гидрофобизирующей добавки на изменение паропроницаемости затвердевшего раствора. При увеличении дозировки гидрофобизирующего комплекса по-

лиэтилгидросилоксан – пиролизный регенерат, увеличение паропроницаемости достигает 5...10% от требуемой (0,075 ... 0,08 мг/м ч Па);

- выявлено усиление пластифицирующего действия добавки за счет антифрикционного механизма понижения водоцементного отношения и увеличение прочности затвердевшего штукатурного раствора модифицированного комплексной гидрофобизирующей добавкой, на 25...35% (14 ... 16 МПа).

Практическая ценность работы:

- разработана технология получения комплексной гидрофобизирующей добавки на основе полиэтилгидросилоксана и пиролизного регенерата;
- разработаны штукатурные растворы требуемого водопоглощения и паропроницаемости на основе комплексной гидрофобизирующей добавки;
- составлены технические условия на сухие штукатурные растворные смеси, модифицированные комплексной гидрофобизирующей добавкой.

На защиту выносятся концепция разработки технологии получения комплексной гидрофобизирующей добавки и штукатурного раствора требуемой паропроницаемости и водопоглощения на его основе, включающая:

- разработку состава гидрофобизирующей добавки и штукатурного раствора на ее основе;
- активация минеральных порошков путем совместного помола с комплексной гидрофобизирующей добавкой;
- получение требуемой гидрофобизации штукатурных растворов за счёт применения комплексной гидрофобизирующей добавки;
- опытно-производственные испытания и последующее мелкосерийное производство разработанного раствора.

Достоверность научных выводов и результатов обеспечена использованием стандартных методов и поверенного оборудования при испытании материалов, количеством и точностью повторных испытаний, обеспечивающих доверительную вероятность 0,95 при погрешности не более 5%, методов

математического планирования исследований и статистической обработки экспериментальных данных. Структурные исследования проведены с применением комплекса физико-химических методов анализа: дифференциально-термического, рентгенофазового, а также лазерного анализатора размера частиц.

Внедрение результатов:

Используя технологические разработки, полученные в лабораторных условиях, на заводе сухих строительных смесей ОАО «ОКСК» при участии ООО «Технологическое бюро строительных материалов» была выпущена опытная партия сухих смесей штукатурных повышенной долговечности в количестве 1650 кг.

Апробация работы:

Диссертационная работа заслушивалась на международной научно-технической конференции «Дорожно-транспортный комплекс, как основа транспортного природопользования», проходившей в СибАДИ 04.02.2005 г.

Публикации:

По теме диссертации опубликованы 5 печатных работ, получен 1 патент.

Объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, основных выводов, списка литературы, включающего 110 наименований, содержит 164 страницы печатного текста, 12 таблиц, 80 рисунков и четырех приложений.

Содержание работы

В первой главе проведён анализ литературных данных по вопросам долговечности цементных систем, и характеристика основных модифицирующих добавок в том числе:

- коррозионные воздействия на затвердевшие растворы;
- совместная работа адгезива и субстрата;
- применение кремнийорганических составов, их влияние на основные эксплуатационные характеристики растворной смеси и затвердевшего камня;
- характеристика углеродсодержащего агента – диспергатора (пиролизного регенерата), получаемого низкотемпературным пиролизом отработанных резинотехнических изделий;
- описаны процессы структурообразования и домола минеральных порошков в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) и добавок - диспергаторов.

Для повышения долговечности отделочных составов необходимо обеспечить совместную работу ограждающей конструкции и отделочного слоя и снизить водопоглощение отделочного слоя. Введением кремнийорганических жидкостей возможно значительно повысить морозо- и коррозионную стойкость отделочных составов, причём особенно эффективно введение водонерастворимых составов по типу полиэтилгидросилоксана (ПЭГС).

Основные эффекты от введения ПЭГС следующие: снижение смачиваемости поверхности, гидрофобизация цементного раствора, вследствие чего снижается скорость капиллярного подсоса влаги. Кроме того, за счёт эффекта воздухововлечения и гидрофобизации пор и капилляров улучшается также стойкость к высолообразованию и солестойкость затвердевшего раствора.

Перспективным и весьма технологичным является приготовление сухих смесей на основе минерального порошка, домолотого с ПЭГС. Он имеет высокую жизнеспособность, удобен в хранении и транспортировке.

Для повышения эффективности измельчения большое значение имеет эффект снижения прочности твердых тел при домоле при адсорбции ПАВ. Причём адсорбция ПАВ (в данном случае ПЭГС) на поверхности цементных новообразований имеет свою специфику – на практике далеко не вся поверхность минерального порошка оказывается гидрофобизированной, так как его поверхности свойственна значительная анизотропность. Также при помолке значительную негативную роль играют процессы флокуляции домолотых тонкодисперсных порошков, причем для их устранения эффективны диспергирующие добавки-модификаторы. В связи с этим автором предложено использование комплексной гидрофобизирующей добавки с тем, чтобы с одной стороны гидрофобизация домолотого порошка и тела затвердевшего раствора прошла более полно без увеличения дозировки собственно ПЭГС; с другой – комплексная добавка, состоящая из ПАВ (ПЭГС) и эффективного диспергатора, снижающего флокуляцию домолотых порошков (приролизного регенерата) приведёт к интенсифицированию домола минеральных порошков без увеличения времени домола или же использованию более эффективных помольных агрегатов.

Выполненный анализ литературных данных показал, что требуется поиск и теоретическое обоснование применения комплексных гидрофобизирующих добавок с целью более полной гидрофобизации цементных систем без увеличения дозировок кремнийорганических соединений; возможности интенсифицирования домола минеральных порошков с введением комплексных гидрофобизирующих ПАВ совместно с добавкой - антифлокулянт.

Для получения комплексной гидрофобизирующей добавки и штукатурного раствора требуемой паропроницаемости и водопоглощения на его основе необходимо:

- разработать состав и технологию приготовления комплексного модификатора;

- для обеспечения требуемой паропроницаемости отделочного состава подобрать рациональное отношение цемента, песка и модифицированного минерального наполнителя;

- для увеличения долговечности отделочного раствора использовать комплексный гидрофобизирующий модификатор на основе полиэтилгидро-силоксана и пиролизного регенерата (сажи), что позволит интенсифицировать помол минерального порошка, и обеспечить лучшую гидрофобизацию затвердевшего раствора;

- для оценки эффективности действия комплексного гидрофобизирующего модификатора провести испытания на морозостойкость, стойкость против высолообразования и паропроницаемость модифицированных составов.

Введением модифицированного минерального порошка будут обеспечены необходимые эксплуатационные свойства штукатурного состава. При использовании двухкомпонентной гидрофобизирующей добавки, содержащей ПЭГС и пиролизный регенерат, гидрофобизация цементных систем пройдет более полно.

Предполагается также, что используя комплексную (двухкомпонентную) добавку-модификатор, возможно более тонкое измельчение домалываемых порошков (благодаря наличию двух механизмов интенсификации помола – адсорбционному понижению прочности и диспергации). Соответственно, произойдет более равномерное распределение гидрофобизирующих агентов на поверхности минеральных порошков и более полная гидрофобизация тела затвердевшего раствора.

Во второй главе приведены основные характеристики исходных сырьевых материалов и методы исследования комплексной гидрофобизирующей добавки и отделочных составов повышенной долговечности на её основе.

В качестве вяжущего применялся портландцемент ПЦ 400 Д20 по ГОСТ 10178-85 производства г. Искитим Новосибирской области.

В качестве наполнителя – песок Иртышского бассейна по ГОСТ 8736-93.

В качестве минерального наполнителя использовались зола-уноса ТЭЦ, домолотый керамзит (цемянка) и алеврит месторождений Омской области.

В качестве модифицирующих добавок использовались битум нефтяной, полиэтилгидросилоксан (ПЭГС) по ГОСТ 8736-93, парафин, гач, петролатум по ТУ 38.301-19-104-97 и пиролизный регенерат (сажа, получаемая при низкотемпературном пиролизе отработанных резинотехнических изделий).

Использующийся в качестве наполнителя песок был испытан согласно ГОСТ 8735-88 по следующим показателям:

- определение зернового состава и модуля крупности;
- определение содержания пылеватых и глинистых частиц (метод отмучивания);
- определение насыпной плотности, пустотности и истинной плотности.

Минеральные порошки были испытаны по ГОСТ 25818-91 – определение тонкости помола и определение насыпной плотности.

Раствор и цементное тесто были испытаны по ГОСТ 5802 – 86, ГОСТ 310.4 – 81 и ГОСТ 310.3 – 76 по следующим показателям:

- определение подвижности;
- определение расслаиваемости;
- определение В/Ц отношения, нормальной густоты цементного теста.

Для определения основных эксплуатационных характеристик затвердевших растворов, были проведены следующие испытания:

- определение прочности образцов на сжатие;
- определение плотности;
- водопоглощение (ГОСТ 5802 – 86);
- на сорбционное увлажнение (ГОСТ 12852.6 – 77);
- на паропроницаемость (ГОСТ 12852.5 – 77);

- на морозостойкость (ГОСТ 10600.1 – 95);
- на интенсивность образования солевых выцветов.

В качестве нестандартных методов проводились следующие испытания:

- интенсивность образования солевых выцветов;
- смачивание модифицированных минеральных порошков;

В третьей главе представлены результаты изучения свойств модифицированных минеральных порошков и отделочных составов на их основе, а также технология приготовления комплексной модифицирующей добавки.

На начальном этапе был определен рациональный тип структуры раствора по значениям насыпной плотности на этапе сухого перемешивания смеси. По проведённым опытам, рациональные концентрации не модифицированного наполнителя, вводимые в систему «вяжущее-заполнитель» без изменения структуры находятся в интервале 10... 20% по массе песка. Для модифицированного наполнителя (домолотая цемянка) определение рациональных концентраций по значениям насыпной плотности показало существенное увеличение дозировок наполнителя против не модифицированных (не домолотых) добавок и составило 50... 70% по массе песка.

Для штукатурных растворов с введением различных минеральных наполнителей был выполнен анализ структурных и эксплуатационных характеристик. Установлен характер влияния на основные эксплуатационные характеристики цементных растворов (В/Ц отношение, плотность, прочность, паропроницаемость, водопоглощение) введения различных минеральных наполнителей.

Рациональные дозировки минерального наполнителя составили порядка 10...20% по массе вяжущего, что соответствует максимумам насыпной плотности смеси вяжущее-наполнитель-минеральный наполнитель. Введение минерального наполнителя на рациональных дозировках увеличивает прочность затвердевшего растворного камня, дальнейшее увеличение содержания наполнителя приводит к снижению прочности, что связано с раздвижкой

песчаного скелета, изменением структуры камня, повышением В/Ц отношения.

Наиболее высокие показатели прочности составили для содержания цемента в 22,5% (по массе песка) – 10,8 МПа; для 17,5% - 8,8 МПа; для 12,5% - 4 МПа и были получены при введении добавки цемянки соответственно 15%, 10% и 10% по массе цемента.

По характеристике структуры затвердевшего раствора были сделаны следующие выводы: исходя из зависимостей, отражающих процессы сорбционного увлажнения, все результаты можно разделить на значения с высоким сорбционным увлажнением (около 3,5%), низким (менее 2%) и рациональным (2,3...3%). Можно отметить, что дозировки, на которых была получена рациональная структура, укладываются в створ значений максимумов насыпной плотности и приходятся в основном на дозировку минерального порошка в 20%.

Определение паропроницаемости для затвердевших растворов показало, что для всех выбранных дозировок цемента (22,5%, 17,5% и 12,5% по массе песка) значения паропроницаемости на 14...18% выше, чем для рядовых (содержание цемента 27.5% по массе песка, паропроницаемость 0.085 ...0.09 мг/м ч Па) цементных штукатурных растворов.

Исходя из значений В/Ц, прочности и результатов по определению паропроницаемости рациональное содержание наполнителя составило 10...20% по массе цемента. В качестве наполнителя была принята цемянка, так как на ней была получена наибольшая прочность и меньшее В/Ц отношение в серии.

На процессы, протекающие при домоле минеральных порошков, большое влияние оказывают поверхностно-активные вещества (ПАВ). На распределение ПАВ по поверхности минерального порошка, и соответственно на интенсивность помола и гидрофобизацию, наибольшее значение оказывают

следующие факторы: время помола, агрегатное состояние вводимой добавки, поверхностная активность ПАВ и его сродство к поверхности порошка.

Введение различных химических добавок приводит к значительному сокращению остатка на сите 008 (на 50... 70% и более), однако интенсифицирование помола проходит в определённом створе дозировок добавки; при увеличении её содержания наблюдаются выраженные процессы агрегирования и флокуляции домолотых порошков. Введением комплексного модификатора (ПЭГС и пиролизный регенерат) повышается интенсивность помола и снижается флокуляция домолотых порошков. Также достигается усиление основного положительного эффекта (гидрофобизации затвердевшего раствора) для двухкомпонентного гидрофобизатора по сравнению с индивидуальным введением компонентов.

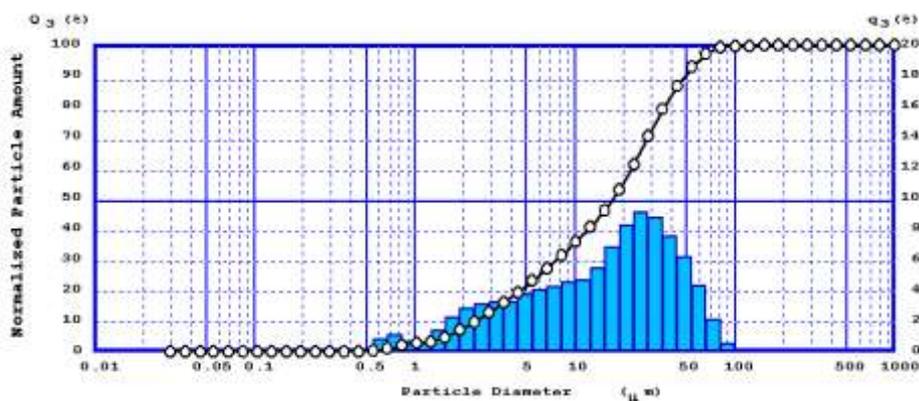
Снижение водопоглощения модифицированных порошков происходит в широком интервале значений и напрямую зависит как от вида добавки модификатора, так и от её дозировки. Наибольшую гидрофобизирующую способность показал ПЭГС (снижение водопоглощения на 90... 93% по сравнению с не модифицированным наполнителем) на дозировках 0.1 – 1% по массе порошка. При этих дозировках добавки ПЭГС также наблюдается значительное снижение величины остатка на сите 008 (до 95%). Прочие добавки (битум, парафин, петролатум, гач и пиролизный регенерат) показали снижение водопоглощения на 45 – 60% на дозировках равных 5...6% (по массе минерального порошка). Для уменьшения остатка на сите 008 на 50 - 65% дозировки указанных добавок находятся в интервале 0.1...0.3% по массе порошка.

По итогам проведенных исследований, в качестве модификатора был выбран комплекс, состоящий из ПЭГС и пиролизного регенерата. Выбор ПЭГС в качестве одного из компонентов комплексного модификатора обусловлен наиболее эффективной гидрофобизацией минеральных порошков (водопоглощение гидрофобизированного порошка колеблется в районе 4...6%).

Используемый в эксперименте пиролизный регенерат весьма эффективен в качестве интенсификатора и антифлокулянта помола. Пиролизный регенерат более технологичен, т.к. не налипает на мелющие тела, снижая интенсивность помола (как, скажем, парафинсодержащие вещества). Пиролизный регенерат обладает выраженным диспергирующим и дефлокулирующим действием, а также гидрофобными свойствами.

Комплексная добавка, полученная совместным помолом ПЭГС и пиролизного регенерата (сажа) характеризуется следующими свойствами:

- водопоглощение домолотой цемянки, модифицированной комплексной добавкой, меньше, чем у цемянки, модифицированной ПЭГС на 15... 18%;



median	17,623 мкм
modal	26,121 мкм
mean	13,338±0,503 мкм

Рис. 1 Кривые рассева для домолотой цемянки, модифицированной комплексной добавкой (ПЭГС и сажа)

- домол цемянки в присутствии компонентов комплексного модификатора (рис. 1) происходит более полно и средний размер частиц (mean), полученный при введении комплексной добавки меньше, чем при введении чистого ПЭГС на 18% (данные получены на лазерном анализаторе размера частиц).

Из полученных дозировок выбор был остановлен на следующих сочетаниях: ПЭГС 0.3% и сажа 0.1%; ПЭГС 0.3% и сажа 0.3% (по массе минераль-

ного порошка). На данных дозировках модифицированная цемянка имеет наименьшие значения водопоглощения: для дозировки ПЭГС 0.3% и сажа 0.1% - 3.39%, для ПЭГС 0.3% и сажа 0.3% - 3.55%.

Введение в цементный раствор комплексной гидрофобизирующей добавки влияет как на процессы структурообразования, так и на все основные эксплуатационные характеристики затвердевшего камня (прочность, плотность, водопоглощение, паропроницаемость). Для штукатурных растворов с введением различных модифицированных минеральных наполнителей был выполнен анализ структурных и эксплуатационных характеристик.

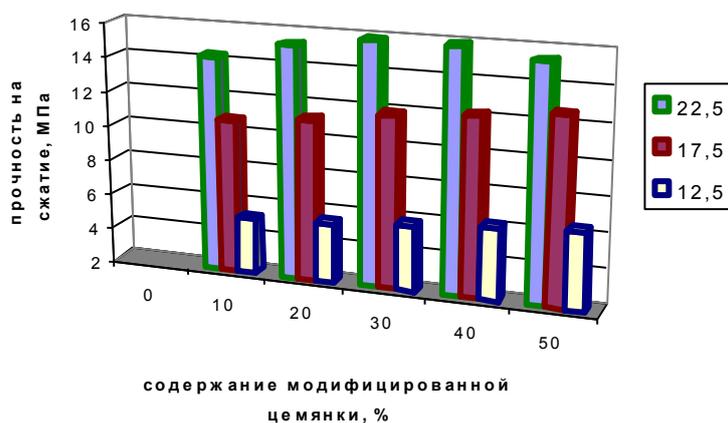


Рис. 2 Зависимости прочности на сжатие от содержания добавки состава (по массе цемента, %) 0.3 ПЭГС, 0.1 сажи

Для растворов с добавкой домолотой модифицированной цемянки, значительно повышается прочность затвердевших растворов (рис. 2), причём на каждой из рассматриваемых дозировок цемента существует рациональная дозировка добавки, на которой прочность камня максимальна. Для содержания цемента в 22.5% это от 30 до 40% добавки (по массе цемента), прочность 14.5...15.5 МПа; для 17.5% это 50% добавки, прочность 12...13 МПа; для 12.5% это 40 – 50% добавки, прочность 5...6.3 МПа.

Увеличение прочности объясняется уменьшением В/Ц отношения, что связано с тем, что как ПЭГС, так и комплексная добавка на его основе вы-

ступают как пластификатор – это объясняется снижением трения в системе песок – цементное тесто – наполнитель, т.к. в этом случае комплексная гидрофобизирующая добавка выступает в роли антифрикционной смазки. Увеличение прочности также вызвано наполнением смеси тонкодисперсным минеральным порошком, проявляющим свойства активной минеральной добавки.

Для пластифицирования растворов с содержанием цемента в 22.5% (по массе песка) более эффективны добавки, содержащие только ПЭГС или ПЭГС и малые дозировки сажи - 0.3% ПЭГС и 0.1% сажи (по массе цемента). При уменьшении содержания цемента в системе, эффективность пластифицирования комплексной добавкой увеличивается.

При введении в раствор добавки модифицированной цемянки уменьшаются значения сорбционного увлажнения по сравнению с введением не модифицированного наполнителя (на 25...30% и составляет около 2.5%), что объясняется изменением поровой структуры затвердевшего раствора (снижение содержания пор большого диаметра). Также можно видеть прямую зависимость между содержанием вяжущего и модифицированной цемянки и величиной сорбционного увлажнения. На величину сорбционного увлажнения оказывает влияние и состав комплексной добавки.

На паропроницаемость растворного камня влияют следующие факторы: содержание цемента, В/Ц отношение, содержание добавок-модификаторов и домолотой цемянки. Значение паропроницаемости для составов с содержанием цемента в 22,5% (по массе песка) составило 0,07...0,079 мг/м ч Па; для 17,5% - 0,076...0,084 мг/м ч Па; для 12,5% - 0,09...0,095 мг/м ч Па. При формировании поровой структуры, наибольшую паропроницаемость раствора обеспечивают структурные поры, создаваемые подбором отношения цемент/домолотая цемянка, газообразования, вызываемого ПЭГС.

Определение влажностного режима ограждающей конструкции (ОК) выполняется из условий недопустимости конденсации влаги в ОК. Для нор-

мального тепловлажностного режима работы ОК необходимо, чтобы фактическое сопротивление паропроницанию R_{π} (от внутренней поверхности ОК до плоскости возможной конденсации) было не менее расчётных параметров R_{n1}^{mp} и R_{n2}^{mp} . Для выведения влаги из массива ОК, необходимо также, чтобы сопротивление паропроницанию отделочного слоя $R_{n.n.2}$ было ниже сопротивления паропроницанию ОК $R_{n.n}$ (от плоскости возможной конденсации до внешней поверхности стены) в 2.5 – 3 раза для свободного испарения конденсата из ОК.

Расчёт сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции выполнялся для следующих условий: однослойная стена из керамического кирпича толщиной 0.5 м, влажность внутреннего воздуха 70%, толщина штукатурного слоя 0.05 м. Расчёт выполнялся по следующим формулам (по СНиП П-3-79*):

$$R_{n1}^{mp} = \frac{(e_в - E) R_{n.n}}{E - e_n} \quad (1) \quad R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024 z_0 (e_в - E_0)}{\gamma_w \delta_w \omega_{cp.} + \eta} \quad (2)$$

$$R_{n.n.} = \frac{1}{3} \frac{\delta_1}{\mu} \quad (3) \quad R_{n.n.2} = \frac{\delta_2}{\mu} \quad (4) \quad R_{n.} = \frac{2}{3} \frac{\delta_1}{\mu} \quad (5)$$

Из уравнения (1) получено значение требуемого сопротивления паропроницанию из условия ненакопления влаги за годовой период эксплуатации $R_{n1}^{mp} = 2.0 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг}$.

Из уравнения (2) получено значение требуемого сопротивления паропроницанию из условия ограничения накопления влаги в ОК за период с отрицательными температурами наружного воздуха $R_{n2}^{mp} = 0.5 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг}$.

Из уравнения (3) определена величина $R_{n.n.} = 1.52 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг}$ (для части ограждающей конструкции между наружной поверхностью ОК и плоскостью возможной конденсации).

Из уравнения (4) определена величина $R_{n.n.2} = 0.61 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг}$ (сопротивление паропроницанию модифицированного штукатурного слоя).

Из уравнения (5) $R_{n.} = 3.03 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг}$.

Система «ОК – отделочный слой» будет выполнять условиям эксплуатации в случае выполнения следующих неравенств:

$$R_n > R_{n1}^{mp} \quad 3.3 > 2.0$$

$$R_n > R_{n2}^{mp} \quad 3.3 > 0.5$$

$$R_{n,n} / R_{n,n.2} \geq 2.5 \quad 1.52 / 0.61 = 2.5$$

Таким образом, при выбранных условиях эксплуатации (заданной влажности, температуре внутри помещения а также паропроницаемости отделочного слоя), система «ОК – отделочный слой» удовлетворяет условию ненакопления влаги в ОК.

По итогам данного раздела были приняты следующие рациональные дозировки модифицирующей добавки, (проценты %, по массе цемента):

Домолотая цемянка	30	50
ПЭГС	0.3	0.3
Пиролизный регенерат (сажа)	0.1	0.3

В качестве основного свойства, определяющего долговечность состава, автором было принято водопоглощение. На водопоглощение затвердевшего растворного камня оказывают влияние следующие факторы:

- гидрофобизация капилляров и пор тела раствора;
- уменьшение В/Ц отношения;
- устройство поровой структуры с рациональным распределением пор обусловленное газовойделением и антифрикционным действием добавки, а также рациональными дозировками компонентов сухой смеси;
- уменьшение миграции влаги в теле раствора.

Процесс водопоглощения в целом идентичен для образцов на всех концентрациях цемента. Кинетика водопоглощения состоит из следующих этапов:

- высокие темпы водопоглощения на первом этапе (1 – 3 ч);
- снижение темпов водопоглощения до порядка 0.5% в сут. на втором.

Водопоглощение для модифицированных образцов имеет иной характер, чем для немодифицированных. Первый этап значительно растянут во времени, что объясняется влиянием модифицирующей гидрофобизирующей добавки. Так как гидрофобизация образца произошла не полностью (имеются не гидрофобизованные участки), то большое значение приобрёл второй этап, а именно капиллярный подсос, происходящий в первые двое суток водопоглощения. Затем, когда все не гидрофобизованные участки образца усвоили определённое количество воды, водопоглощение значительно замедляется.

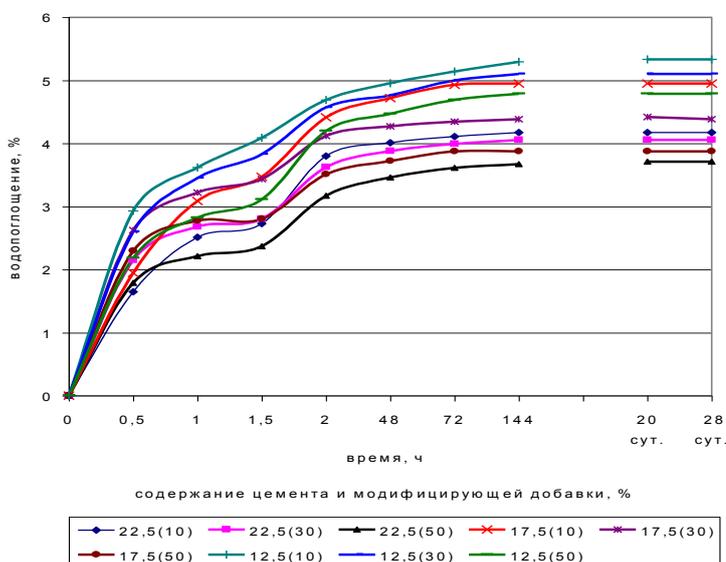


Рис. 3 Водопоглощение затвердевшего раствора с модифицирующей добавкой состава (по массе цемента, %), 0.3 ПЭГС, 0.1 сажи

Комплексная добавка, состоящая из ПЭГС и пиролизного регенерата (рис. 3) гидрофобизирует тело раствора более эффективно, чем добавка чистого ПЭГС что, по мнению автора, может объясняться большим содержанием гидрофобизирующих агентов, по сравнению с индивидуальным введением добавки, более равномерным распределением гидрофобизатора в теле растворного камня, организации рациональной поровой структуры. Уменьшение водопоглощения на комплексной добавке составляет порядка 12...15% по сравнению с введением ПЭГС и 45...50% по сравнению с затвердевшим раствором без добавки.

С целью получения математических моделей изучаемых технологических процессов и их статистического анализа использовалось математическое планирование эксперимента, включающее расчет или выбор основного исходного состава смеси; выбор факторов и интервалов их варьирования; выбор плана и условий проведения экспериментов; расчет всех составов смеси и проведение экспериментов по выбранному плану; обработка результатов экспериментов с получением математических зависимостей свойств готового продукта от выбранных факторов и математическую обработку результатов экспериментов. В качестве основного свойства было выбрано водопоглощение.

Таблица 1

Выбор интервалов варьирования

Интервалы варьирования:	Значения	Нижний предел, %	Верхний предел, %
ПЭГС	x_1	0.2	0.4
пиролизный регенерат	x_2	0.05	0.15
цемянка	x_3	20	40

Получено уравнение в алгебраической форме, выражающее зависимости исследуемого свойства (водопоглощения) от исходных факторов:

Для трехфакторного эксперимента:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 ;$$

Подставив полученные коэффициенты в уравнение, получим:

$$y = 3,715 - 0,155x_1 - 0,0875x_2 + 0,0475x_3 + 0,0875x_1x_2$$

Модель подтверждает влияние на величину исследуемого свойства (водопоглощения) всех трёх задействованных в эксперименте факторов (содержания ПЭГС, пиролизного регенерата (сажи) и домолотой цемянки);

По итогам испытания на морозостойкость для образцов с комплексной модифицирующей добавкой, после 100 циклов замораживания – оттаивания

снижения прочности не произошло. Для образцов без добавки, с содержанием цемента 27.5% по массе песка произошло снижение прочности, что объясняется морозной деструкцией образца.

При проведении испытаний на образование солевых выцветов в качестве факторов влияющих на их интенсивность, следует отметить содержание и состав гидрофобизирующей добавки.

Величина высолообразования оценивалась визуально, в процентах от общей площади поверхности образца. По приращению массы образцов оценивалась степень их гидрофобизации, и их санирующая способность (из сравнения площади высолов и одновременном увеличении массы образца можно сделать вывод о степени инкрустации внутренних пор без поверхностного высолообразования).

Максимальное высолообразование совместно с максимальной коррозией было зафиксировано на образцах с содержанием цемента в 27.5% (без введения модифицирующей добавки). На них произошло уменьшение массы вследствие коррозии камня и интенсивное высолообразование на поверхности.

Минимальное высолообразование (не более 5% от площади поверхности), и минимальное значение капиллярного водопоглощения было зафиксировано на образцах, модифицированных комплексной гидрофобизирующей добавкой.

Исследование микроструктуры велось на образце, модифицированном комплексной добавкой; для качественной оценки полученных результатов были проведены исследования на образце рядового состава. Исследования микроструктуры велось с применением следующих методов: дериватография (дериватограф DTG-60); рентгенофазовый анализ (дифрактометр рентгеновский ДРОН-3); определение гранулометрического состава (лазерный анализатор размера частиц).

Исследование микроструктуры затвердевшего отделочного раствора (модифицированного) и рядового раствора (контрольного) методами дериватографического и рентгенофазового анализа позволило сделать выводы о минералогическом составе представленных составов, выявить особенности гидратации. Данные дериватографического анализа показывают, что потеря массы в интервале 60 – 200 °С (дегидратация), больше в не модифицированном образце, чем в образце модифицированном комплексной гидрофобизирующей добавкой, что свидетельствует о большем содержании высокозакристаллизованных гидросиликатов кальция (ГСК).

Исследование гранулометрического состава домолотых порошков позволило определить средний размер частиц, а также получить кривые рассева для всех испытанных минеральных порошков.

Полученные смеси прошли контроль в строительной лаборатории ОАО «ОКСК» и ООО «Технологическое бюро строительных материалов». Были проведены испытания полученных составов по следующим показателям: подвижность, водоудерживающая способность, адгезия к основанию, прочность, плотность, морозостойкость, водопоглощение, паропроницаемость. Результаты, полученные в ходе этих испытаний, соответствуют результатам, полученным в ходе выполнения лабораторного подбора состава.

Общие выводы

1. Разработан состав комплексной гидрофобизирующей добавки (КГД) на основе местного сырья и продуктов переработки отходов: полиэтилгидросилоксана (0.3 мас. %) и пиролизного регенерата (0.1 мас. %), характеризующийся увеличением степени гидрофобизации цементных систем и увеличением тонкости помола минеральных порошков при введении КГД.

Разработана технология получения комплексной гидрофобизирующей добавки – совместный помол компонентов.

2. Установлен механизм активации помола минеральных порошков введением комплексной гидрофобизирующей добавки за счёт адсорбционного понижения прочности твердого тела полиэтилгидросилоксаном и антифлокулирующего действия пиролизного регенерата

Домол минерального порошка в присутствии комплексного модификатора происходит более интенсивно – средний размер домолотых частиц (13 ... 17 мкм), что на 17 ... 19% меньше, чем при введении полиэтилгидросилоксана (ПЭГС).

3. Установлено сверхсуммарное увеличение гидрофобности минерального порошка, модифицированного комплексной гидрофобизирующей добавкой; водопоглощение снижено на 16 ... 18% по сравнению с домолотым минеральным порошком, модифицированным полиэтилгидросилоксаном.

4. Разработан штукатурный раствор, модифицированный КГД требуемой паропроницаемости и водопоглощения на её основе, характеризующиеся низким водопоглощением (3.6...4%); высокой прочностью (14...16 МПа), паропроницаемостью 0,077 ... 0,085 г/м ч Па и морозостойкостью не ниже F 100.

Водопоглощение затвердевших штукатурных растворов, модифицированных комплексной гидрофобизирующей добавкой по сравнению с аналогом снижено на 45 ... 50%.

Морозостойкость затвердевших штукатурных растворов, модифицированных комплексной гидрофобизирующей добавкой по сравнению с аналогом увеличена вдвое.

5. Увеличение содержания добавки полиэтилгидросилоксана и пиролизного регенерата приводит к увеличению значений паропроницаемости затвердевшего раствора на 9 ... 12% за счет возрастания пористости.

6. В ходе внедрения комплексной гидрофобизирующей добавки и штукатурного раствора на ее основе, подтверждена экономическая эффективность производства - снижение общепроизводственных расходов составило 15 ... 20% за счет сокращения времени совместного помола минерального наполнителя и химических добавок.

7. Разработаны технические условия на смеси сухие штукатурные растворные, модифицированные комплексной гидрофобизирующей добавкой.

Основные положения диссертации опубликованы в 5 научных статьях:

1. Букин И.В., Ушаков В.В. Отделочные составы с применением комплексной модифицирующей добавки на основе гидрофобизирующего и диспергирующего компонентов // Омский научный вестник: Изд-во ОмГТУ. – Омск, 2006 г. – № 11 – с. 118 – 123. (по списку ВАКа)

2. Букин И.В., Ушаков В.В. Рациональные пути создания импортозамещающих химических добавок комплексного действия // Вестник СибАДИ, вып. 1: Изд-во СибАДИ. – Омск: ЛЕО, 2004 г. – с. 224 – 226.

3. Букин И.В., Ушаков В.В., Дорогобид Д.Н. Определение рационального цементно-песчаного отношения по значениям насыпной плотности смеси // Вестник СибАДИ, вып. 1: Изд-во СибАДИ. – Омск: ЛЕО, 2004 г. – с. 210 – 216.

4. Букин И.В., Ушаков В.В. Кинетика водопоглощения гидрофобизированных мелкозернистых бетонов в зависимости от метода их модифицирования // «Машины и процессы в строительстве»: Сб. научных трудов №5 – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – с. 24 – 27.

5. Букин И.В., Ушаков В.В. Влияние совместного введения гидрофобизирующих добавок на степень модификации минеральных порошков / Дорожно-транспортный комплекс как основа природопользования, Книга 1. – Омск: изд-во СибАДИ, 2004. – с. 184 – 187

Получен патент Российской Федерации:

Пат. № 2273612 Российской Федерации, МПК С04В 22/00. Комплексная добавка / Букин И.В., Ушаков В.В.; заявитель и правообладатель СибАДИ. - №2004120574/03; заявл. 05.07.2004, опубл. 10.04.2006, бюл.№10

Букин Илья Владимирович

**Комплексная гидрофобизирующая добавка и модифицированные
штукатурные растворы на ее основе**

Специальность 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Издательство Сибирской Автомобильно-Дорожной Академии

Подписано в печать 3.10.08. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 92/111
