

УДК 691.554

СТРУКТУРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОВОДИМОСТИ САНИРУЮЩИХ ШТУКАТУРОК

Григорьев Д.С.

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: grigoriev@agioproekt.ru*

Санирующая штукатурка представляет собой важный элемент комплексных мероприятий продления эксплуатационного ресурса кирпичных зданий. Однако до настоящего времени не разработаны принципы проектирования подобных материалов на основе структурного подхода. В настоящей работе приводятся результаты исследований по направленному регулированию водопоглощения при капиллярном подсосе санирующей штукатурки как фактора эффективного блокирования миграции водорастворимых солей на поверхность конструкций и обеспечения их защиты от солевой коррозии. Рассмотрено влияние легких заполнителей в составе санирующих штукатурок на формирование порового пространства требуемой структуры с испытаниями составов на капиллярное водопоглощение. Проведен анализ изменения капиллярного водопоглощения санирующей штукатурки от количества легких заполнителей. Экспериментально установлены оптимальные расходы функциональных добавок, определяющих достижение необходимых параметров капиллярной проводимости защитного материала.

Ключевые слова: санирующая штукатурка, сухая строительная смесь, капиллярное водопоглощение, гидрофобизатор, соленасыщение, перлит, пеностекло

STRUCTURAL REGULATION OF CAPILLARY CONDUCTIVITY INSULATING PLASTERS

Grigorev D.S.

*St. Petersburg State University of Architecture and Construction, St. Petersburg,
e-mail: grigoriev@agioproekt.ru*

Insulating plaster is an important element of comprehensive measures to extend service life of brick buildings. However, to date not developed principles in the design of such materials based on the structural approach. In the present work the results of investigations aimed at the regulation of water absorption at capillary suction sanitizing plaster as factors effective blocking the migration of water soluble salts on the surface structures and protect them from salt corrosion. The influence of lightweight aggregates in the composition of the insulating plasters for the formation of the pore space of the desired structure with the test compounds on capillary water absorption. The analysis of changes in capillary water absorption of insulating plasters from the amount of lightweight aggregate. Experimentally determined the optimal cost functional additives that determine the achievement of the required parameters of the capillary conductivity of the protective material.

Keywords: insulating plaster, dry mortar, capillary water absorption, water repellent, selenocystine, perlite, foam glass

Кристаллизация водорастворимых солей оказывает серьезное деструктивное воздействие на структурную прочность капиллярно-пористых строительных материалов и конструкций. Этот вид коррозии особенно характерен для кирпичных и каменных кладок длительно эксплуатирующихся зданий [1].

Соли содержатся в керамическом стеновом материале, кладочном растворе, грунтовых водах, попадающих в тело конструкции при непосредственном контакте с почвой, с дождевой водой и из других источников.

Перколяционная структура строительных материалов обуславливает значительное водопоглощение растворов солей и наполнение порового пространства материала конструкции ионами (хлоридами, сульфатами, нитратами и т.п.), которые со временем концентрируются в локальных объемах конструкции. Проведенными ранее исследованиями накопления и ми-

грации солей в строительных материалах установлено, что наибольшая концентрация солей происходит у поверхности испарения [2].

Значительное изменение объема солевой массы при кристаллизации в результате попеременного увлажнения и высушивания материала, а также перепада температур, неизбежно сопровождается циклическим накоплением дефектов структуры под действием кристаллизационного давления. В конечном счете это приводит к разрушению не только отделочных, но и несущих конструкций зданий и сооружений [1, 2].

Капиллярный подсос растворов солей и минерализованных грунтовых вод является основной причиной накопления солей в порах материалов надземных частей сооружений и, следовательно, при соответствующих климатических условиях служит причиной появления различных дефектов кирпичной кладки [2].

Попеременное увлажнение и высыхание определяет количество стремящихся к поверхности испарения солей и их распределение в поровой структуре материала. При этом скорость испарения, безусловно, играет немаловажную роль. При высокой скорости испарения концентрация соли внутри кладки возрастает и кристаллизующиеся соли наполняют поровый объем, не успевая достичь поверхности стены и не скапливаясь в разделительных слоях между стеной и штукатуркой, что и требуется для равномерного распределения мигрирующих солей в порах санирующей штукатурки. Однако регулирование процессов испарения представляет собой практически невыполнимую задачу, так как она связана с созданием определенных микроклиматических условий. В реальных условиях это неосуществимо в большинстве случаев, например, при реставрации наружных стен здания или при осушении и обессоливании подвалов.

Поэтому одним из важнейших элементов комплекса защитных мероприятий (помимо устройства гидроизоляции и вентиляции) от разрушительного воздействия растворимых солей на строительные конструкции является применение специальных отделочных материалов – санирующих штукатурок [3–5].

Высокопористые санирующие штукатурки с достаточным поровым объемом принимают основную солевую нагрузку, однако при увеличении скорости капиллярного подсоса в отсутствие требуемого микроклимата для кристаллизации солевые растворы мигрируют к поверхности или скапливаются в разделительных слоях, что при их кристаллизации может привести к деструкции конструкций [6, 7].

Таким образом, помимо обеспечения достаточного порового пространства для безопасного аккумулялирования кристаллических образований, регулирование скорости капиллярного движения влаги через защитную штукатурку из тела конструкции во внешнюю среду является наиболее важной задачей повышения эффективности санирующих систем. Помимо этого, безусловно, необходимо принимать во внимание технологические и эксплуатационные факторы – удобоукладываемость, прочность сцепления с основанием и др.

Активное распространение технологии сухих строительных смесей позволяет производить многокомпонентные специальные материалы с гарантированным уровнем свойств, что недоступно для технологии производства товарных растворов. Это открывает широкие возможности для развития направления санирующих материалов.

Вместе с тем следует отметить, что на сегодняшний день нет количественных оценок влияния параметров структуры и ключевых физико-механических характеристик подобных материалов на эффективность их защитных свойств. С этим связано отсутствие достаточного научного обоснования критериев подбора состава, не сформулированы четкие требования к санирующим отделочным материалам.

Ввиду вышесказанного целью данной работы явилось исследование влияния легких заполнителей (перлита, пеностекла), воздухововлекающей добавки, используемых для формирования оптимального порового пространства на капиллярную проводимость санирующей штукатурки, изготавливаемой по технологии сухих строительных смесей. Кроме этого в ходе выполнения работы исследовалась возможность регулирования величины капиллярного подсоса путем введения гидрофобизирующей функциональной добавки для достижения требуемых эксплуатационных показателей санирующей штукатурки в целом.

Материалы и методы исследования

На первом этапе исследований методом математического моделирования на основе применения трехфакторного трехуровневого планирования экспериментов нами определен оптимальный базовый состав известково-цементной штукатурной сухой смеси.

Смешанное вяжущее базового состава представлено портландцементом ЦЕМ I 42,5 Сланцевского цементного завода «Цесла» и гидратной известью (г. Россосшь). Исходя из требований удобоукладываемости и достижения требуемой прочности состава соотношение цемента и извести принято 2 к 1 по массе.

В качестве заполнителя использовался кварцево-полевошпатовый песок 0–2,5 мм месторождения «Шапки», вспученный перлитовый песок марки 75 производства Апрельского завода теплоизделий, а также гранулированное пеностекло с размером фракций 0,1–4 мм производства Рыбинского завода строительных технологий. Для водоредуцирования растворной смеси использовался суперпластификатор СП-1. За счет введения воздухововлекающей добавки Ufaroge TLA, получаемой на основе лаурилсульфата натрия, дополнительно регулировалось образование условно-замкнутого порового пространства защитного состава.

В качестве функций отклика, представляющих ключевые параметры качества санирующей смеси, исследовались плотность, водопоглощение при капиллярном подсосе, прочность при сжатии и солестойкость раствора. Переменными факторами являлись расход перлита, пеностекла и воздухововлекающей добавки.

Учитывая основные требования к санирующим штукатуркам, для исследований приняты следующие характеристики оптимального состава:

– предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 6–10 МПа – данная величина принята исходя из принципа совместимости прочностных показателей основания, кирпичной кладки, и штукатурного состава [8];

– капиллярное водопоглощение – не более 1,0 кг/(м²·ч^{0,5}) – указанная величина обеспечивает капиллярный подсос влаги штукатурным слоем без выхода её на лицевую поверхность;

– солестойкость – не менее 7 баллов (по 10 балльной системе визуальной оценки состояния образцов после 5 циклов попеременного увлажнения и высушивания в солевом растворе на базе методики ГОСТ 30629-2011). На рис. 1 представлены образцы исследованных составов санирующей штукатурки после испытания на солестойкость, оцененные по внешнему виду на 1 и 10 баллов.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученной математической модели, указанным требованиям соответствует состав, характеризующийся содержанием перлита и пеностекла в количестве 1% от массы смеси (0,5% перлита и 0,5% пеностекла), а расход воздухововлекающей добавки – 0,1%.

На рис. 2 в графическом виде представлены данные о влиянии суммарного расхода легких заполнителей на водопоглощение при капиллярном подсосе. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что с увеличением количества легких заполнителей возрастает капиллярное водопоглощение штукатурного раствора. Введение в состав раствора воздухововлекающей добавки позволяет ограничить капиллярное водопоглощение, не снижая при этом общей пористости материала (это важно для достижения наибольшей солеёмкости и паропроницаемости штукатурного слоя).

На втором этапе исследований решалась задача установления влияния гидрофобизирующей добавки на параметры защитного состава. Для этого определялось капиллярное водопоглощение и соленасыщение

и соленасыщение (в 10% растворе хлорида натрия) санирующей штукатурки при погружении образцов-балочек по методике ГОСТ 31356-2007 в воду и соляной раствор соответственно. Соленасыщение определялось по величине увеличения массы образцов после высушивания, в % от первоначальной величины. Сравнивались показатели базового состава при содержании добавки-гидрофобизатора – олеиновой кислоты (Ligaphob 90) – в количестве 0%, 0,1% и 0,2% от массы сухой смеси.

На рис. 3 представлена зависимость водопоглощения при капиллярном подсосе от количества гидрофобизирующей добавки.

На рис. 4 представлена в графическом виде зависимость между расходом гидрофобизирующей добавки и соленасыщением санирующей штукатурки.

Введение добавки Ligaphob 90 в количестве 0,1% от массы смеси приводит к снижению капиллярного водопоглощения на 68% (с 0,38 до 0,13 кг/(м²·ч^{0,5})), а при введении добавки в количестве 0,2% капиллярное водопоглощение практически отсутствует.

Схожая тенденция имеет место и относительно соленасыщения санирующей штукатурки. При расходе гидрофобизирующей добавки 0,1% от массы сухой смеси прирост массы образца, выдержанного в солевом растворе, после высушивания составил 0,8%, а при отсутствии в составе добавки – 2,6%.

Для сравнения следует отметить, что капиллярное водопоглощение обычной цементно-известковой штукатурки, предназначенной для фасадной отделки, составляет 1,16 кг/(м²·ч^{0,5}), а её соленасыщение – 6,03%.



а)



б)

Рис. 1. Образцы составов санирующей штукатурки после испытания на солестойкость: а – образцы, оцененные на 1 балл по внешнему виду; б – образцы, оцененные на 10 баллов по внешнему виду

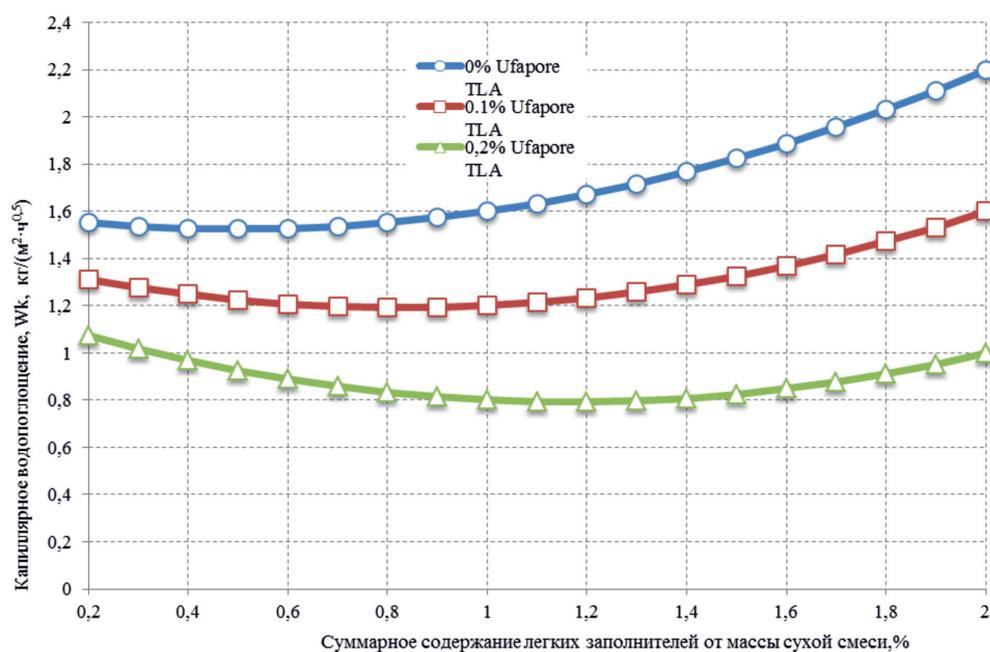


Рис. 2. Влияние расхода легких заполнителей и воздухововлекающей добавки на капиллярное водопоглощение

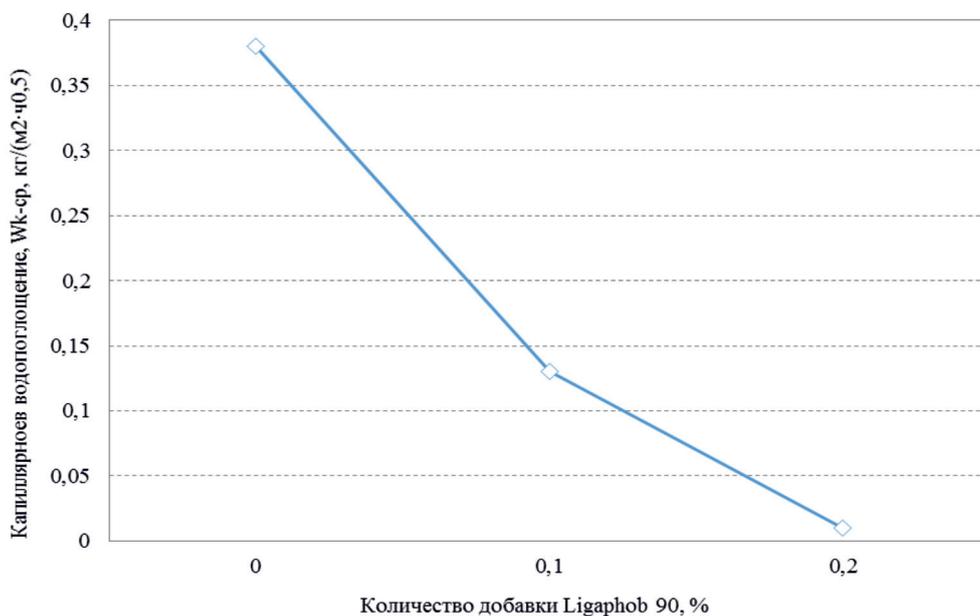


Рис. 3. Влияние расхода гидрофобизирующей добавки на капиллярное водопоглощение

Эти данные можно интерпретировать следующим образом: без гидрофобизирующей добавки за счет эффективной структуры saniрующей состав за сутки практически только на треть объема подвергается

насыщению солями. В присутствии 0,1% Ligaphob 90 образование высолов на поверхности штукатурки гарантированно наблюдаться не будет, так как за сутки только 1/8 образца насыщается солями.

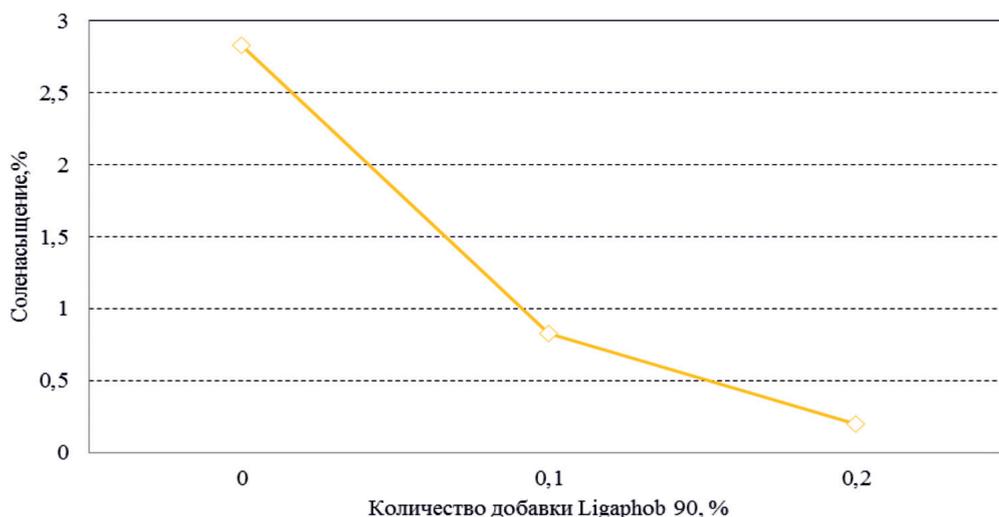
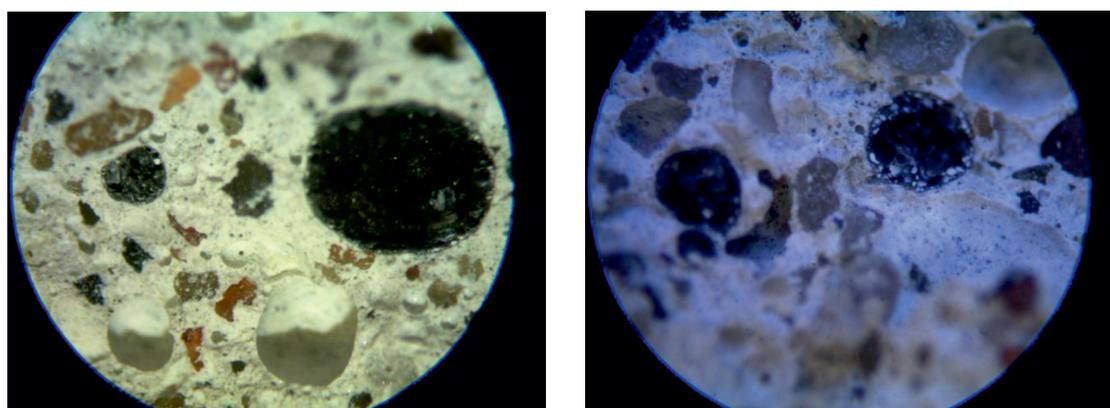


Рис. 4. Влияние расхода гидрофобизирующей добавки на соленасыщение



а)

б)

Рис. 5. Фотографии структуры saniрующей штукатурки при увеличении $\times 40$:
а – до насыщения солевым раствором; б – после выдержки в солевом растворе и высушивания

В то же время введение 0,2% гидрофобизирующей добавки сопровождается тем, что только 1/15 часть образца за сутки насыщается солевым раствором. Это может вызвать быстрое заполнение кристаллами ограниченного объема штукатурного слоя и потерю работоспособности защитного состава. Кроме этого, избыточная гидрофобность материала затруднит шпаклевание или окраску поверхности штукатурного слоя.

На рис. 5 представлены фотографии структуры материала, демонстрирующие накопление кристаллов солей в структуре порового пространства saniрующего состава.

Кристаллические образования белого цвета наиболее отчетливо видны в структуре зерна пеностекла.

Исходя из вышесказанного, целесообразным представляется использование гидрофобизирующей добавки в количестве 0,1% от массы сухой смеси. При этом обеспечивается проникновение влаги в слой saniрующей штукатурки, но её выход на лицевую поверхность отделки затруднен. Более высокий расход Ligaphob 90 приведет к накоплению солей на границе раздела «штукатурка – кирпичная кладка» и последующему отслоению отделочного состава.

Таким образом, для достижения высокой эксплуатационной эффективности санирующей штукатурки расход легких заполнителей – перлита и пеностекла – должен составлять по 0,5% от массы смеси, расход воздухововлекающей добавки – 0,1%, а гидрофобизирующей добавки – 0,1%.

Список литературы

1. Claudio T., Gonsalves D. Salt crystallization in plastered or rendered walls/ UNIVERSIDADE TECNICA DE LISBOA, Lisbon, July 2007. – 245 p.
2. Инчик В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен / В.В. Инчик. – СПб.: Изд-во СПб ГАСУ, 1998. – 324 с.
3. Яковлева М.Я. Защита строительных сооружений от водно-солевых нагрузок / Информационный научно-технический журнал Сухие строительные смеси. – 2015. – № 4. – С. 32–33.
4. Терновий В.І., Уманець І.М. Дослідження впливу технології нанесення розобленої санувальної штукатурки на формування її фізико механічних властивостей // Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. Випуск 2010. – № 3(83). – С. 65.
5. Урецкая Е.А. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных конструкций // Информационный научно-технический журнал Сухие строительные смеси. – 2011. – № 1. – С. 33.
6. Белых С.А., Чикичев А.А. Оценка основного эффекта действия санирующей штукатурки / Труды БрГУ Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. – Т. 1. – С. 94.
7. WTA Merkblatt 252591/D. Sanierputzsysteme. Deutsche Fassung. Stand Juli 1992 (Vorversion): Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. 5WTA, München;1992. – 9 p.
8. Харитонов А.М., Коробкова М.В., Рябова А.А. Влияние маложестких дисперсных включений на ударную прочность цементных бетонов // Естественные и технические науки. – 2014. – № 8(76). – С. 154–156.