

УДК 691.55

© М. В. Ступак, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: stupack.marya@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-2-75-83

© M. V. Stupak, post-graduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: stupack.marya@yandex.ru

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОСТАВОВ СУХИХ САНИРУЮЩИХ СМЕСЕЙ

EFFECTIVENESS CRITERIA IN THE DESIGN OF COMPOSITIONS OF DRY SANITIZING MIXTURES

Рассмотрены принципы проектирования составов saniрующих штукатурных смесей, которые позволяют сформировать требуемую структуру и свойства материала. На основе экспериментов, проведенных методом планирования, установлено, что ключевыми параметрами, определяющими эффективность saniрующих свойств, являются показатели впитываемости поверхности и капиллярного поглощения. Предложен метод прямой оценки функциональной эффективности saniрующих составов.

Ключевые слова: saniрующая штукатурка, солевая коррозия, капиллярное поглощение, впитывание поверхности, пористые заполнители.

The article considers the principles for designing the compositions of sanitizing plaster mixtures, which allow forming the required structure and properties of the material. Based on experiments carried out by the planning method, it has been found that the key parameters that determine the effectiveness of sanitizing properties are surface absorbency and capillary absorption. A method for direct evaluation of the functional effectiveness of sanitizing compositions is proposed.

Keywords: sanitizing plaster, salt corrosion, capillary absorption, surface absorption, porous aggregates.

Введение

В процессе длительной эксплуатации каменные конструкции подвержены деструктивным изменениям, одной из причин которых является солевая коррозия. По мере насыщения кирпичной кладки влагой растворимые соли, содержащиеся в ней, в зависимости от меняющихся внешних факторов либо провоцируют появление высолов на поверхности стен, либо вызывают кристаллизационное давление внутри порового пространства материала [1–3]. Признаками проявления данных процессов являются разрушение штукатурного слоя вследствие

повышения гигроскопичности его поверхности, а также повреждение элементов кирпичной кладки, выражающееся в выкрошивании, шелушении и растрескивании [4–9].

Одним из способов, позволяющих предотвратить развитие коррозионных процессов в каменных конструкциях путем снижения избыточной влажности и солевой нагрузки, является использование saniрующих штукатурок [10–12]. Указанный способ характеризуется как экономичностью затрат, так и относительной простотой его применения.

Впервые saniрующие штукатурки стали применяться в качестве опытных образцов

во второй половине XX в. В отличие от большинства строительных материалов первичные разработки и практическое внедрение данных штукатурных смесей не базировались на многолетних научных исследованиях [13]. Последующее усовершенствование saniрующих штукатурок и видимый положительный эффект от их применения позволили обозначить общие технические требования, ставшие основой WTA-инструкции [14]. Однако эти требования не нашли своего воплощения в виде нормативных документов, в основе которых лежали бы научно обоснованные рекомендации по изготовлению эффективных составов с учетом их функционального назначения.

Отсутствие общепринятых подходов к производству и практическому применению saniрующих штукатурок привело к тому, что на сегодняшний день свойства, заявляемые производителями, находятся в очень широких диапазонах, что вызывает затруднения в выборе материалов. Помимо этого, наблюдается недостаток информации относительно ключевых параметров, напрямую связанных с механизмом saniрования и определяющих эффективность смесей. Все вышперечисленное обуславливает актуальность исследований в данной области, так как работоспособность подобных материалов отмечена на практике, но этого недостаточно для их полномасштабного применения.

Данная проблема послужила основанием для проведения исследований по выявлению принципов проектирования составов, позволяющих сформировать требуемую структуру и свойства материала, а также для определения ключевых показателей эффективности saniрующих составов и разработки методов прямой оценки работоспособности штукатурных смесей.

Механизм действия saniрующих штукатурок заключается в переносе солевых растворов из кирпичной кладки в штукатурный слой. При этом процессы кристаллизации

мигрирующих солей должны происходить в поровом пространстве материала. Для этого необходимо, чтобы штукатурка обладала высокой паропроницаемостью, ограниченной скоростью капиллярного всасывания ввиду нежелательности выхода растворов солей на лицевую поверхность, а также свободным пространством для кристаллизации солей. Чтобы обеспечить данные характеристики, необходим достаточный объем как более мелких, так и более крупных капилляров в структуре saniрующей штукатурки по сравнению с поровым пространством керамического кирпича [15].

Достигать требуемых параметров структуры пор защитного раствора представляется наиболее целесообразным за счет применения сложного вяжущего и введения в состав смеси легких заполнителей.

Saniрующие штукатурки, как правило, изготавливаются по технологии сухих строительных смесей преимущественно на основе цементного вяжущего. Известно, что на проницаемость цементного камня большое влияние оказывает характер пористости и распределение пор по размерам. В частности, речь идет о капиллярных порах, поскольку именно они определяют способность цементного камня к самопроизвольному впитыванию воды без приложения давления за счет капиллярного подсоса [16–18]. Размер данных пор находится в диапазоне от 10 нм до 100 мкм [19], ориентировочно в этом же интервале лежат размеры пор керамического кирпича. Следовательно, структура цементного камня способна обеспечить перенос водных растворов солей из кирпичного основания в штукатурный слой.

Гидравлические свойства и повышенная прочность портландцемента позволяют получить штукатурные смеси с увеличенным эксплуатационным ресурсом. Однако применение цементных растворов на влажных и засоленных основаниях приводит к локализации влаги и увеличению транспорта

растворенных солей в вышележащие области вследствие низкой паропроницаемости подобных составов [13]. Предполагается, что добиться повышения указанного параметра возможно за счет введения в состав смеси гидратной извести [20]. Проверка данного предположения проводилась путем исследования образцов, изготовленных из цементно-песчаного раствора с различным содержанием извести. Испытания осуществлялись в соответствии со стандартной методикой, приведенной в ГОСТ 25898-2020¹. Полученные результаты представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что увеличение количества извести в составе цементно-песчаного раствора приводит к пропорциональному повышению величины паропроницаемости затвердевших образцов, что обусловлено изменением поровой структуры материала. Оценка последней производилась путем определения параметров пористости и капиллярного водопоглощения с применением стандартных методик, изложенных в ГОСТ 12730.4-2020² и ГОСТ 58277-2018³.

¹ ГОСТ 25898-2020. Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию.

² ГОСТ 12730.4-2020. Бетоны. Методы определения параметров пористости.

³ ГОСТ 58277-2018. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний.

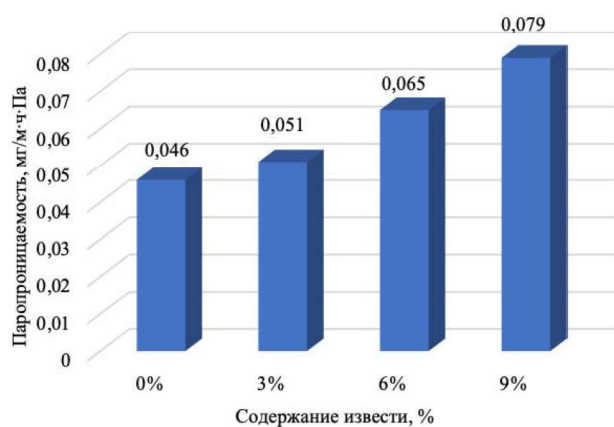


Рис. 1. Влияние добавки извести на изменение параметра паропроницаемости цементного камня

Результаты испытаний представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что оптимальное содержание гидратной извести в составе цементно-песчаного раствора составляет 6 %. При таком расходе известковое вяжущее наиболее равномерно распределяется в растворной матрице, поскольку при последующем увеличении количества извести до 9 % наблюдается ухудшение показателя однородности размеров открытых капиллярных пор и величины капиллярного водопоглощения.

Опираясь на приведённые результаты, был разработан контрольный состав на

Таблица 1

Влияние добавки извести на пористость цементного камня

Номер состава	Показатель среднего размера капиллярных пор l	Показатель однородности размеров открытых капиллярных пор
Состав 1 (контрольный)	2,91	0,55
Состав 2 (известь 3 %)	3,01	0,59
Состав 3 (известь 6 %)	2,93	0,61
Состав 4 (известь 9 %)	3,53	0,57

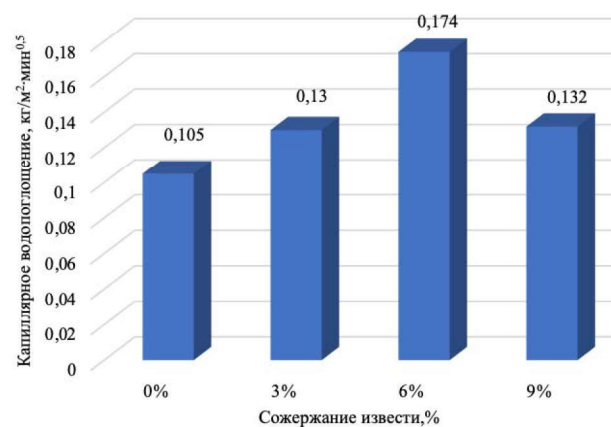


Рис. 2. Влияние добавки извести на изменение величины капиллярного водопоглощения цементного камня

основе сложного цементно-известкового вяжущего с кварцево-полевошпатовым песком в виде заполнителя. Для улучшения технологичности растворной смеси в качестве наполнителя использовался микрокальцит марки КМ-100. Прочностные характеристики раствора сопоставимы с прочностью кирпичной кладки, что обеспечивает совместимость их деформационных свойств. Расход компонентов контрольного состава представлен в табл. 2.

Для регулирования массопереноса солевых растворов на следующем этапе в полученный контрольный состав вводились пористые заполнители и исследовалось их влияние на формирование структуры и свойств saniрующей штукатурки. В качестве пористых заполнителей применялись перлитовый песок марки М75 производства Апрельского завода теплоизделий и гранулированное пеностекло фракции 0,1–4 мм производства Рыбинского завода строительных технологий. Выбор данных заполните-

лей обусловлен их структурой и технологическими свойствами, а также доступностью на рынке современных строительных материалов.

Методы

Экспериментальная часть осуществлялась на основе двухфакторного трехуровневого эксперимента (табл. 3). Переменными факторами приняты расходы перлита и пеностекла в процентах от объема песка. Показатели капиллярного и поверхностного поглощения, солестойкости, предела прочности при сжатии и средней плотности исследовались как ключевые эксплуатационные характеристики материала.

Капиллярное поглощение определялось в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 58277-2018 с изменением в части поглощаемой материалом жидкости. Вместо воды образцы погружались в водный раствор NaCl 5-процентной концентрации. Вычисление капиллярного поглощения W_K , кг/(м²·мин^{0,5}), производилось по формуле

$$W_K = K \cdot (m_2 - m_1), \quad (1)$$

где m_2 — масса образца при насыщении водным раствором NaCl после погружения в течение 90 мин; m_1 — масса образца при насыщении водным раствором NaCl после погружения в течение 15 мин; K — коэффициент капиллярного поглощения, равный 69,93 л/(м²·мин^{0,5}).

Для нахождения впитываемости поверхности предложена методика, основанная на применении специального прибора — трубки Карстена. Данный способ позволяет смоделировать работу системы «солевой раствор–sанирующий состав» с наибольшей согласованностью фактическому геометри-

Таблица 2

Контрольный состав штукатурной смеси на основе сложного вяжущего

Компонент сухой смеси, производитель	Расход компонента, % массы смеси
ПЦ ЦЕМ I, 42,5 Н производства ООО «Холсим (Рус) СМ»	17
Гидратная известь FELS, 1 сорт, производства ООО «Фельс Известь»	6
Микрокальцит КМ-100, производства ООО «Эверст»	5
Кварцево-полевошпатовый песок фракции 0-2,5 мм, $M_{кр} = 2,12$	72

Таблица 3

План двухфакторного трехуровневого эксперимента

Фактор	Код	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		Нижний	Средний	Верхний	
Расход перлита, % объема песка	X_1	0	10	20	10
Расход пеностекла, % объема песка	X_2	0	7,5	15	7,5

ческому и физическому принципам взаимодействия элементов.

Определение впитываемости поверхности производилось на образцах размерами 100x100x30 мм. Перед испытанием поверхность образцов зачищалась от пыли и загрязнений. Затем с помощью силиконового герметика трубка Карстена крепилась к поверхности образца и заполнялась водным раствором NaCl 5-процентной концентрации. После этого в течение 30 мин отслеживалось изменение уровня жидкости. Расчет величины поверхностного поглощения $W_{\text{пов}}$, л/(м²·мин^{0,5}), производился по формуле

$$W_{\text{пов}} = K \cdot V, \quad (2)$$

где V — объем солевого раствора, поглощаемого в течение принятого времени испытания, л; K — коэффициент впитываемости поверхности, который вычислялся по формуле

$$K = \frac{1}{S \cdot \sqrt{t}}, \quad (3)$$

здесь S — площадь впитывания, определяемая по величине внутреннего диаметра колокола трубки Карстена, м²; t — время проведения эксперимента, мин.

В результате экспериментальной части установлено, что среди параметров, характеризующих эффективность saniрующих свойств штукатурной смеси, наиболее значимы показатели капиллярного и поверхностного поглощения. Уравнения регрессии, полученные при статистической обработке, имеют следующий вид:

$$W_{\text{кап.погл}} = 0,210 - 0,013X_1 + 0,002X_2 - 0,011X_1^2 - 0,003X_2^2 - 0,004X_1X_2; \quad (4)$$

$$W_{\text{пов.погл}} = 0,167 - 0,001X_1 - 0,025X_2 - 0,005X_1^2 + 0,022X_2^2 - 0,006X_1X_2. \quad (5)$$

Опираясь на результаты, полученные методом планирования эксперимента, и поиск наилучшего сочетания показателей поверхностного и капиллярного поглощения, были отобраны два состава для проведения эмпирической оценки работоспособности saniрующей штукатурки. Содержание пористых

заполнителей: в первом составе — 20 % перлита и 15 % пеностекла от объема песка; во втором составе — 10 % перлита и 5 % пеностекла соответственно. В качестве контрольного рассматривался состав, в котором пористые заполнители отсутствуют.

Оценка работоспособности saniрующих растворов проводилась с применением физических моделей, представляющих собой штукатурный слой толщиной 3 см, нанесенный на полнотельный керамический кирпич (рис. 3). Верхняя часть кирпича и боковые стороны штукатурных составов обрабатывались парафином для обеспечения направленного перемещения жидкости. Затем образцы погружались в водный раствор NaCl 5-процентной концентрации на 1/3 толщины кирпича. Спустя 14 сут производилась визуальная оценка состояния поверхности штукатурного слоя на предмет появления высолов.

Последующее исследование образцов на предмет наличия соли в структуре керамического кирпича и штукатурных составов проводилось с помощью рентгеноспектрального анализа с использованием электронного сканирующего микроскопа.

Результаты и обсуждения

Впитываемость поверхности определяет главную способность saniрующей штукатурки — поглощать водные растворы солей, выводя их из кирпичной кладки. В свою очередь капиллярное поглощение способствует миграции солевого раствора в объеме sani-

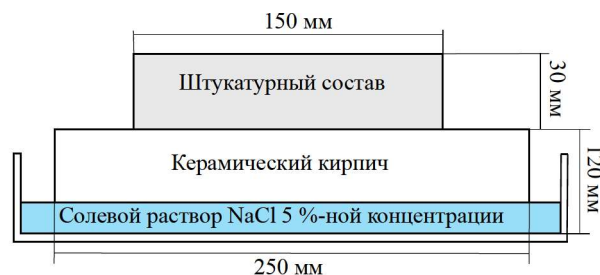


Рис. 3. Физическая модель для эмпирической оценки работоспособности saniрующей штукатурки

рующего слоя, увеличивая поверхность испарения и создавая условия для кристаллизации солей в поровом пространстве материала совместно с повышенным значением паропроницаемости. Одновременно с этим капиллярное поглощение должно быть ограничено с целью предотвращения выхода солевого раствора налицевую поверхность saniрующей штукатурки.

Предположительно данное ограничение достигается за счет введения в состав штукатурной смеси пористых заполнителей. Перлитовый песок вследствие меньшего размера зерен регулирует движение влаги в результате нарушения однородности капиллярных пор. Гранулы пеностекла благодаря своей крупнопористой структуре формируют необходимый объем сферических пустот для свободной кристаллизации солей. В результате после поглощения и миграции солевого раствора в объеме saniрующего слоя последующий его транспорт осуществляется посредством диффузии [12, 13]. Проникая в поры, влага переходит в парообразную форму и испаряется за счет повышенной паропроницаемости, а соли кристаллизуются в поровом пространстве материала, увели-

ченном за счет введения пористых заполнителей. Схематично вышеописанный процесс представлен на рис. 4.

Данные, полученные с помощью рентгеноспектрального анализа, представлены в табл. 4 и подтверждают функциональную эффективность saniрующих составов, выбранных путем наилучшего сочетания показателей поверхностного и капиллярного поглощения.

Состав 1 (содержание перлита 20 %, пеностекла 15 %) характеризуется наибольшим объемом сферических пустот для свободной кристаллизации солей и наименьшей величиной капиллярной проводимости. Однако соли в вышеупомянутом составе локализуются в непосредственной близости к контактному слою. При высокой засоленности кладки это может стать причиной увеличения солевой нагрузки на зону контакта между защитным материалом и кирпичным основанием и привести к снижению адгезионной прочности.

Состав 2 (содержание перлита 10 %, пеностекла 7,5 %) отличается большей капиллярной проводимостью, вследствие этого локализация солей наблюдается в средней части

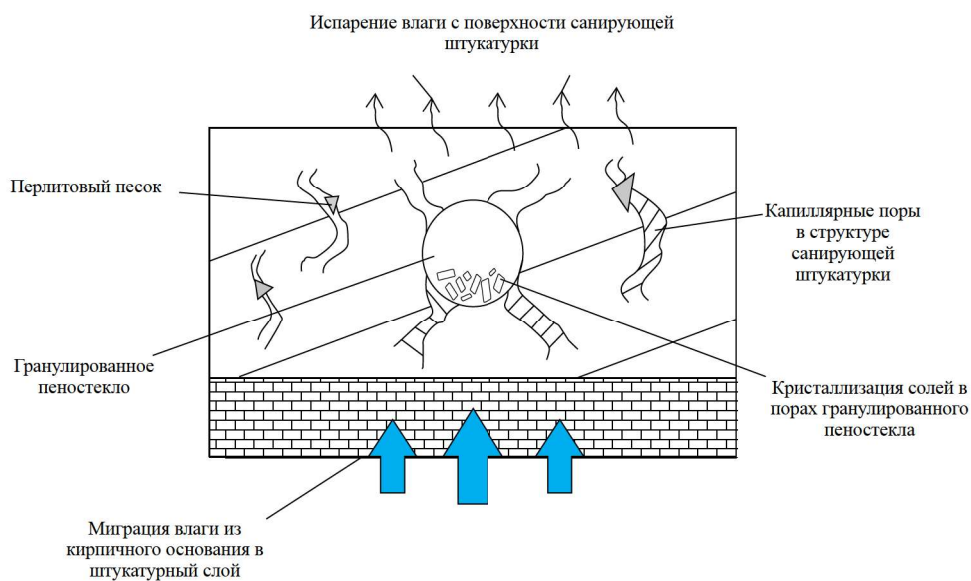


Рис. 4. Схематическое отражение влияния пористых заполнителей на механизм работы saniрующей штукатурки

Результаты рентгеноспектрального анализа с использованием электронного сканирующего микроскопа

Место определения содержания Cl по сечению образца	Содержание Cl в объеме материала, %		
	Контрольный состав	Состав 1: перлит 20 %, пеностекло 15 %	Состав 2: перлит 10 %, пеностекло 7,5 %
На лицевой поверхности штукатурного слоя	1,32	–	–
На расстоянии около 5 мм от поверхности керамического кирпича	0,28	1,52	0,43
На расстоянии свыше 5 мм от поверхности керамического кирпича	0,75	0,85	1,89
Величина капиллярного поглощения, кг/м ² ·мин ^{0,5}	0,22	0,18	0,20

образцов. Вместе с тем количество свободного пространства в структуре материала значительно меньше по сравнению с составом 1. В совокупности это может стать причиной образования высолов на поверхности защитного материала в случае использования данного состава на сильно засоленных основаниях.

Таким образом, можно сказать, что исследованные составы санирующей штукатурки будут эффективны при условии их применения на кирпичных основаниях со слабой и средней степенью засоленности.

Выводы

Обобщая полученные результаты, можно заключить, что ключевыми параметрами, определяющими эффективность санирующих свойств штукатурных смесей, являются показатели впитываемости поверхности и капиллярного поглощения, поскольку именно они определяют способность защитного слоя выводить растворы солей из кирпичной кладки. Исходя из проведенных исследований для обеспечения заявленных свойств и параметров структуры защитного материала, необходимо, чтобы величина капиллярного поглощения находилась в диапазоне 0,18–0,22 кг/м²·мин^{0,5}, а впитываемость поверхности соответствовала диапазону 0,15–0,17 л/м²·мин^{0,5}.

Введение пористых заполнителей позволяет ограничить скорость капиллярного всасывания с целью предотвращения высокообразований на лицевой поверхности отделки, а также увеличивает поровый объем, создавая благоприятные условия для кристаллизации солей в структуре защитного материала. Получение указанных характеристик достигается при расходе перлитового песка от 10 % до 20 % и расходе гранулированного пеностекла от 7,5 % до 15 %.

Высокая паропроницаемость, достигаемая за счет использования в составе смеси гидратной извести, ускоряет темп испарения капиллярной жидкости, что также предупреждает вынос солей на лицевую поверхность.

Предложенный метод прямой оценки работоспособности санирующих смесей позволил получить результаты, подтверждающие функциональную эффективность защитных свойств исследованных составов, что говорит о действенности изложенного способа получения санирующих растворов.

Библиографический список

1. Бессонов И. В., Баранов В. С., Баранов В. В., Князева В. П., Ельчищева Т. Ф. Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 39–43.
2. Ibraeva Y., Tarasevskii P., Zhuravlev A. Salt corrosion of brick walls // International Science Conference

SPbWOSCE-2016 «SMART City». 2017. Vol. 106 (2017). URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603003>.

3. Григорьев Д. С. Структурное регулирование капиллярной проводимости saniрующих штукатурок // Фундаментальные исследования. 2017. № 9. С. 42–47.

4. Инчик В. В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен. СПб.: СПбГАСУ, 1998. 324 с.

5. Улыбин А. В., Старцев С. А., Зубков С. В. Контроль влажности при обследовании каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 7. С. 32–39.

6. Claudio T., Gonsalves D. Salt crystallization in plastered or rendered walls. Lisbon: Universidade Tecnica De Lisboa, July 2007. 245 p.

7. Инчик В. В. Микробная деструкция и солевая коррозия кирпичной кладки // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 6 (71). С. 86–92.

8. Charola E., Blaеuer C. Salts in masonry: an overview of the problem // Restoration of buildings and monuments. 2015. Vol. 21 (4-6). URL: <https://doi.org/10.1515/rbm-2015-1005>.

9. Fragata A., Veiga M. R., Velosa A. L. “Ventilated render” system: a replacement render for historic construction // 3rd Historic Mortars Conference. September 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/258227222_Ventilated_render_system_a_replacement_render_for_historic_construction.

10. Яковлева М. Я. Защита строительных сооружений от водно-солевых нагрузок // Сухие строительные смеси. 2015. № 4. С. 28–31.

11. Харитонов А. М., Беленцов Ю. А., Тихонов Ю. М. Штукатурные системы для комплексной защиты засоленных кладок // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Современные материалы и передовые производственные технологии». СПб.: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». 2019. С. 41–42.

12. Григорьев Д. С. Исследование влияния способов формирования порового пространства на свойства saniрующей штукатурки // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 139–145.

13. Фрессель Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений. М.: Пэйнт-Медиа, 2006. 320 с.

14. Ройль Х. Руководство по защите и санированию строительных сооружений: причины повреждений, методы диагностики, возможности санирования. СПб.: Квинтет, 2013. 372 с.

15. Харитонов А. М., Ступак М. В., Иванова Т. А. Санирующие сухие смеси: требования к материалу и особенности подбора состава // Цемент и его применение. 2022. № 1. С. 114–116.

16. Красовский П. С. Физико-химические основы формирования структур цементных бетонов. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. 204 с.

17. Корнеев В. П., Зозуля П. В. Сухие строительные смеси (состав, свойства). М.: Машиностроительная компания «Вселут», 2010. 318 с.

18. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев: Оранта, 2004. 301 с.

19. Штарк И., Вихт Б. Цемент и известь. Киев: Оранта, 2008. 469 с.

20. Shangina N., Pukharenko Y., Kharitonov A., Kharitonova T. Dry mixes for the restoration: basic principles of design // International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City». 2017. Vol. 106 (2017). URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603021>.

References

1. Bessonov I. V., Baranov V. S., Baranov V. V., Knyazeva V. P., El'chishcheva T. F. Prichiny poyavleniya i sposoby ustraneniya vysolov na kirpichnykh stenakh zdaniy [Causes and ways to eliminate efflorescence on the brick walls of buildings]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing Construction*, 2014, no. 7, pp. 39–43.

2. Ibraeva Y., Tarasevskii P., Zhuravlev A. Salt corrosion of brick walls. *International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City»*, 2017, vol. 106 (2017). Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603003>

3. Grigor'ev D. S. *Strukturnoe regulirovanie kapillyarnoy provodimosti saniruyushchikh shtukaturok* [Structural regulation of capillary conductivity of sanitizing plasters]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2017, no. 9, pp. 42–47.

4. Inchik V. V. *Vysoly i solevaya korroziya kirpichnykh sten* [Efflorescence and salt corrosion of brick walls]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 1998, 324 p.

5. Ulybin A. V., Startsev S. A., Zubkov S. V. *Kontrol' vlazhnosti pri obsledovanii kamennykh konstruksiy* [Control of humidity in examination of masonry constructions]. *Inzhenerno-stroitel'niy zhurnal – Engineering and Construction Journal*, 2013, no. 7, pp. 32–39.

6. Claudio T., Gonsalves D. *Salt crystallization in plastered or rendered walls*. Lisbon, Universidade Tecnica De Lisboa Publ., July 2007, 245 p.

7. Inchik V. V. *Mikrobnaya destruktziya i solevaya korroziya kirpichnoy kladki* [Microbial degradation and salt corrosion of masonry]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6 (71), pp. 86–92.

8. Charola E., Blaеuer C. Salts in masonry: an overview of the problem. *Restoration of buildings and monuments*, 2015, vol. 21 (4-6). Available at: <https://doi.org/10.1515/rbm-2015-1005>

9. Fragata A., Veiga M. R., Velosa A. L. "Ventilated render" system: a replacement render for historic construction. *Proceedings of the 3-rd Historic Mortars Conference*, September 2013. Available at: https://www.researchgate.net/publication/258227222_Ventilated_render_system_a_replacement_render_for_historic_construction
10. Yakovleva M. Ya. *Zashchita stroitel'nykh sooruzheniy ot vodno-solevykh nagruzok* [Protection of building structures from water-salt loads]. *Sukhie stroitel'nye smesi – Dry building mixtures*, 2015, no. 4, pp. 28–31.
11. Kharitonov A. M., Belentsov Yu. A., Tikhonov Yu. M. *Shtukатурные системы для комплексной зашchиты засоленных кладок* [Plastering systems for complex protection of saline masonry]. *Trudy mezhdunar. nauch. konf. «Sovremennye materialy i peredovye proizvodstvennye tekhnologii»* [Proceedings of the International sci. conference "Modern materials and advanced production technologies"]. St. Petersburg, FGAOUVO "Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo" Publ., 2019, pp. 1–42.
12. Grigor'ev D. S. *Issledovanie vliyaniya sposobov formirovaniya porovogo prostranstva na svoystva saniruyushchey shtukaturki* [Study of the influence of pore space formation methods on the properties of sanitizing plaster]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 3 (62), pp. 139–145.
13. Fressel F. *Remont vlazhnykh i povrezhdennykh solyami stroitel'nykh sooruzheniy* [Repair of wet and salt-damaged building structures]. Moscow, Peynt-Media Publ., 2006, 320 p.
14. Royl' Kh. *Rukovodstvo po zashchite i sanirovaniyu stroitel'nykh sooruzheniy: prichiny povrezhdeniy, metody diagnostiki, vozmozhnosti sanirovaniya* [Handbook for the protection and sanitation of building structures: causes of damage, methods of diagnosis, possibilities of sanitation]. St. Petersburg, Kvintet Publ., 2013, 372 p.
15. Kharitonov A. M., Stupak M. V., Ivanova T. A. *Saniruyushchie sukhie smesi: trebovaniya k materialu i osobennosti podbora sostava* [Sanitizing dry mixes: requirements for the material and peculiarities of composition selection]. *Tsement i ego primenenie – Cement and its application*, 2022, no. 1, pp. 114–116.
16. Krasovskiy P. S. *Fiziko-khimicheskie osnovy formirovaniya struktur tsementnykh betonov* [Physico-chemical bases of formation of cement concrete structures]. Khabarovsk, DVGUPS Publ., 2013, 204 p.
17. Korneev V. P., Zozulya P. V. *Sukhie stroitel'nye smesi (sostav, svoystva)* [Dry construction mixtures (composition, properties)]. Moscow, Mashinostroitel'naya kompaniya "Vselug" Publ., 2010, 318 p.
18. Shtark I., Vikht B. *Dolgovechnost' betona* [Durability of concrete]. Kiev, Oranta Publ., 2004, 301 p.
19. Shtark I., Vikht B. *Tsement i izvest'* [Cement and lime]. Kiev, Oranta Publ., 2008, 469 p.
20. Shangina N., Pukharenko Y., Kharitonov A., Kharitonova T. Dry mixes for the restoration: basic principles of design. *International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City»*, 2017, vol. 106 (2017). Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603021>