СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691-405.5; 691.535

БЕЛЫХ СВЕТЛАНА АНДРЕЕВНА, канд. техн. наук, доцент,
smit1@brstu.ru
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40,
КУДЯКОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
kudyakow@mail.tomsknet.ru
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,
ЧИКИЧЕВ АРТУР АНДРЕЕВИЧ, аспирант,
bratskmaster@gmail.com
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40

СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ С ПОВЫШЕННОЙ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ ДЛЯ ОТДЕЛКИ КИРПИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВО ВЛАЖНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ*

Сформулирована концепция защиты кирпичной кладки двухслойной штукатурной системой, состоящей из базового адгезивно-солеудерживающего и отделочного гидрофобно-биоцидного слоёв. Разработан состав сухой штукатурной смеси на основе портландцемента для базового адгезивно-солеудерживающего слоя. Раствор из этой смеси при нанесении на кирпич и затвердевании при капиллярном подсосе через кирпич впитывает 9,62 % по массе 5%-го раствора поваренной соли. После высушивания сохраняется адгезия отделочного слоя к кирпичу при отсутствии высолов на поверхности.

Ключевые слова: кирпичная кладка; высолы; сухие строительные смеси; штукатурка; адгезия; защита от коррозии.

SVETLANA A. BELYKH, PhD, A/Professor,
smit1@brstu.ru
Bratsk State University,
40, Makarenko St., 665709, Bratsk, Russia,
ALEKSANDER I. KUDYAKOV, DSc, Professor,
kudyakow@mail.tomsknet.ru

* Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (по программе «УМНИК»).

© Белых С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А., 2017

Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia,
ARTUR A. CHIKICHEV, Research Assistant,
bratskmaster@gmail.com
Bratsk State University,
40, Makarenko Str., 665709, Bratsk, Russia

DRY BUILDING MIX WITH HIGH ADHESION STRENGTH FOR MASONRY FINISHING IN PREMISES WITH HIGH HUMIDITY

The paper presents the concept of masonry protection using a coating material consisting of adhesive anti-efflorescence and finishing hydrophobic biocide layers. Theproposed bond plaster is based on Portland cement which represents the adhesive anti-efflorescence layer. The mortar based on this mixture absorbs 9,62 wt. % of 5 % salt solution when applied to brick and during setting. After drying, the adhesion between finishing layer and brick retains in the absence of salt efflorescence on the surface.

Keywords: masonry; dry building mix; salt efflorescence; adhesion; corrosion protection.

При эксплуатации кирпичных ограждающих конструкций зданий в помещениях с повышенной и переменной влажностью воздуха (бани, бассейны, оранжереи и т. д.) возникают проблемы с образованием высолов, трещин, развитием микроорганизмов и отслоением отделочных покрытий, т. е. наблюдается физическая, химическая и биологическая коррозия [1].

Основной причиной коррозии и разрушения отделочных покрытий является увлажнение кирпичной кладки путем:

– проникновения водяных паров из помещения и последующей их конденсации в стеновых материалах;

– сорбции влаги, вследствие гигроскопичности материалов стенки, особенно при добавлении к кладочному раствору хлористого натрия или нитрата натрия при строительстве в зимний период;

– увлажнения цокольной части стены из-за проникновения грунтовой воды при дефектах гидроизоляции, повреждении отмостки или облицовки цоколя и т. д.

Главным фактором образования высолов и отслоения отделочного покрытия является переменно-направленная миграция водных растворов внутри кирпичной кладки [2]. Традиционным способом предотвращения увлажнения кирпичной кладки влажных помещений является нанесение защитного покрытия на стену. Для этого обычно используют мастичные обмазки, лакокрасочные материалы (по штукатурке), керамическую плитку, а также многофункциональные полимерные пропитки с гидрофобизирующими и биоцидными свойствами.

Существенным недостатком полимерных пропиток является короткий срок службы (не более трёх лет), что обусловливает значительный рост эксплуатационных затрат, а применение других отделочных материалов не обеспечивает надёжной их сцепляемости с кирпичной кладкой при высолообразовании в контактном слое. Известные методики [3] оценки сопротивления материала образованию высолов не учитывают взаимодействие разнородных

материалов стен в контактных зонах. Создание защитной системы покрытий кирпичных стен в помещениях с повышенной влажностью, обеспечивающей высокую их долговечность и качество, является актуальным.

По результатам анализа опубликованных данных эффективным материалом для устройства долговечных отделочных слоев кирпичных стен помещений с повышенной влажностью являются цементные растворы из сухих строительных смесей (ССС) с комплексными модифицирующими добавками [4–6]. При использовании местных сырьевых материалов и отходов промышленности высокой степени технологической готовности для производства сухих строительных смесей существенно снижаются логистические и производственные затраты, повышаются долговечность и эксплуатационные параметры отделочных (штукатурных) растворных слоев стеновых конструкций из кирпича [5, 7].

Целью работы является разработка научно обоснованных составов сухих строительных смесей с максимальным использованием местных материалов и отходов промышленности для устройства отделочных покрытий кирпичной кладки, эксплуатируемой во влажностных условиях.

Растворы из сухих строительных смесей должны обеспечивать хорошую и стабильную адгезию между кирпичной кладкой и отделочными покрытиями, а также отсутствие миграции растворённых солей на внутренние и наружные поверхности стен.

Исследования проводились в лабораториях строительных материалов кафедры «Строительные материалы и технологии» Томского государственного архитектурно-строительного университета и испытательного центра ИЦ «Братскстройэксперт» Братского государственного университета.

Для решения поставленной цели была сформулирована концепция и разработана модель двухслойной штукатурной системы (рис. 1), в которой каждый слой имеет свои функциональные предназначения:

– базовый слой, обеспечивающий повышенную адгезию отделочного слоя с кирпичной кладкой и сдерживающий миграцию водных растворов солей под действием градиента влажности или температуры;

– отделочный слой, препятствующий проникновению воды внутрь стены и стойкий к развитию плесени.

На рис. 2 приведена схема научного обоснования выбора модифицирующих добавок в сухие строительные смеси для достижения поставленной цели.

В настоящей статье приведены результаты исследований по повышению качества базового адгезивно-солеудерживающего слоя штукатурной системы. Хорошую адгезию с основанием и создание в штукатурке крупных пор, снижающих напор мигрирующей воды и накапливающих соли, обеспечивает введение в состав сухой строительной смеси мелкозернистого керамического материала с открытыми порами (в соответствии с законом сродства структур [6–8] и традиционным механизмом работы санирующих штукатурок, «запирающих» соли в пористом заполнителе). Воздухововлекающая добавка способствует формированию в цементном камне структуры с включениями вовлечённого воздуха, распределённых в виде замкнутых пор сферической формы, снижающих напор мигрирующей воды на порах меньшего диаметра, чем формируют частицы керамического материала. Кристаллы соли, осажда-

ющиеся на стенках крупных пор вовлечённого воздуха, способствуют снижению эффективного диаметра поры до 0,1 мкм.

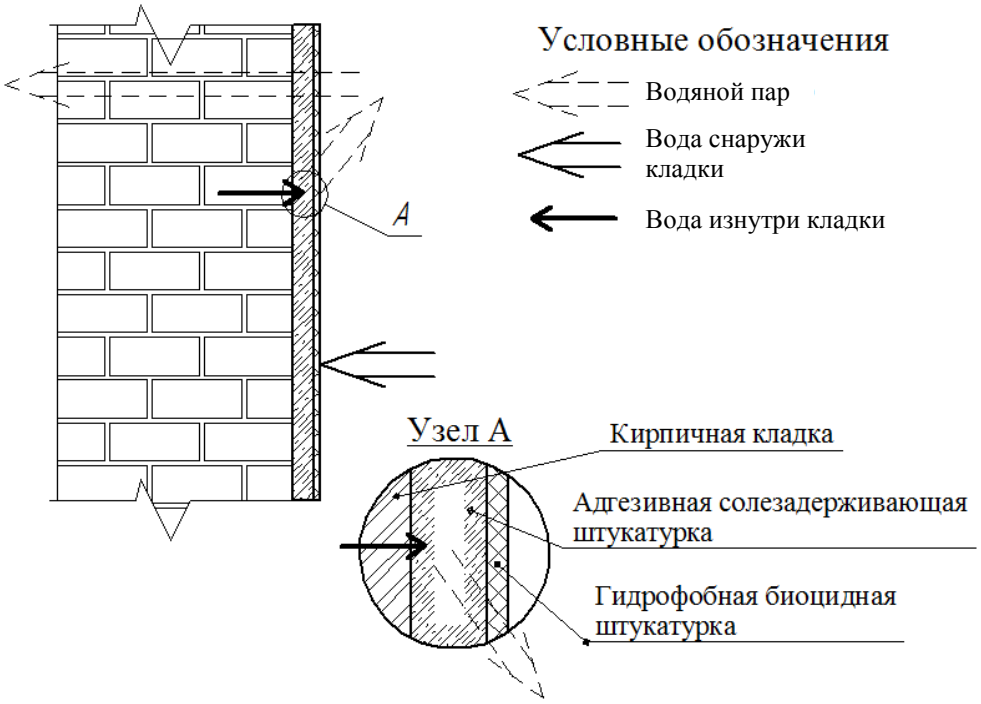

Рис. 1. Модель предлагаемой штукатурной системы кирпичной кладки

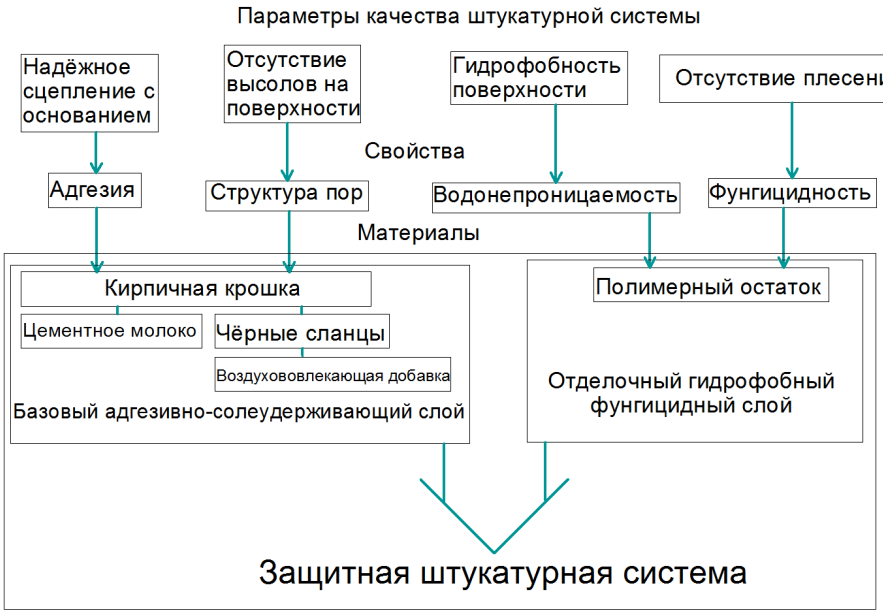

Рис. 2. Схема достижения требуемого качества растворов защитной штукатурной системы введением добавок

Механизм уменьшения миграции водных растворов солей в кирпичной кладке представляется как движение воды через капиллярные поры с уменьшающимся эффективным диаметром. Противодействие впитыванию воды и фунгицидность отделочного слоя предполагается обеспечить введением гидрофобно-фунгицидной добавки на основе полимерного остатка.

Чтобы улучшить адгезию и обеспечить длительный солезадерживающий эффект, предлагается поверхность кирпичной кладки грунтовать цементным молоком. Грунтовка из цементного молока обеспечивает дополнительное сродство материалов штукатурной системы и кирпичной кладки, а также, по сравнению с грунтовками глубокого проникновения на основе полимерных эмульсий, не снижает паропроницаемость стены.

При проведении экспериментальных исследований в качестве исходных материалов использовали: портландцемент М500-Д0 ОАО «Ангарскцемент», кварцевый песок из русла р. Ангары с модулем крупности 1,61, кирпич рядовой ООО «Братский кирпичный завод» со средней плотностью 1,88 г/см^3, кирпичную крошку (К) фракции 0,14–2,5 с насыпной плотностью 1,24 г/см^3, воздухововлекающую добавку (ВВД) на основе золы-уноса (ЗУ) ТЭЦ-6 (бывшая ТЭЦ-7) ПАО «Иркутскэнерго» в г. Братске и сырого сульфатного мыла (ССМ) Братского филиала ЗАО «Илим Палп Энтерпрайз», изготовленную методом «сухой минерализации» пены [9, 10] в соотношении ЗУ: ССМ = 1:100. В качестве микронаполнителя с нанопористой структурой использованы хвосты флотационного извлечения золота из чёрносланцевых пород месторождения «Сухой лог» чёрные сланцы (ЧС) [11]. Основные свойства ЧС: гигроскопичность в среде водяного пара – 35 %; насыпная плотность – 1,23 г/см^3, истинная плотность – 2,65 г/см^3. Зерновой состав ЧС приведен в табл. 1. Для снижения водопотребности ССС применяли суперпластификатор С-3.

Таблица 1

Зерновой состав чёрных сланцев

Диаметр отверстия сит, мм	2	1	0,4	0,2	0,09	0,045
Полный остаток на ситах, %	0,5	1,3	8,5	70,7	96,4	97,7

Свойства растворов определяли в соответствии с ГОСТ 31356–2013, ГОСТ 5802–86, а оценку качества по ГОСТ 3303–2014, ГОСТ 31357–2007 и ГОСТ 2013–98.

При разработке составов сухой строительной смеси базового слоя вначале проведены исследования по влиянию кирпичной крошки (К) и черных сланцев (ЧС) на свойства затвердевших штукатурных растворов, а затем состав смеси оптимизирован по показателям их солеудерживающей способности и адгезии к кирпичной кладке. Базовым составом для исследований принят цементно-песчаный раствор 1:3 с водоцементным отношением 0,63 и маркой по подвижности $П_к3$. В качестве солеобразователя в исследованиях использовали 5%-й раствор NaCl, т. к. это одна из наиболее легко растворимых солей с ионами самых малых размеров – при их эффективной фильтрации штукатуркой ионы больших размеров будут также отфильтровываться.

Добавку ЧС вводили взамен части песка. Составы исследуемых растворов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Составы строительных растворов для определения влияния ЧС на стойкость к образованию высолов

Состав	Средняя плотность растворной смеси, кг на м^3	Содержание компонентов, кг на м^3			
		Цемент	Песок	Вода	ЧС
К	2083	449,9	1349,7	283,4	0,0
1	2092	451,8	903,7	284,7	451,8*
2	2120	457,9	1144,7	288,5	228,9*
3	2135	461,1	1337,3	290,5	46,1*

* 100; 50 и 10 % от массы цемента.

Подвижность растворной смеси состава 3 практически не отличается от контрольного. При дозировках ЧС 50 и 100 % существенно снижается подвижность, до марки $П_к1$. После затвердевания образцы штукатурного раствора высушивали до постоянной массы при температуре (105 ± 5) °С и взвешивали. После охлаждения до комнатной температуры образцы вертикально опускали в сосуд на 3–5 см в водный раствор соли. Образцы выдерживали в течение трёх суток при температуре 18–24 °С в герметично закрытом сосуде, а затем извлекали, взвешивали и определяли массу поглощенного водного раствора соли. Далее образцы выдерживали в открытом сосуде при относительной влажности воздуха 60 % для обеспечения испарения из них воды. Через 21 сут оценивали визуально наличие высолов на образцах. Высолы на поверхности отсутствуют только на образцах раствора с содержанием ЧС 10 %.

Образцы высушивали, измеряли прирост массы и определяли показатели прочности. Результаты испытаний приведены в табл. 3. По результатам анализа состав раствора с 10%-й добавкой ЧС впитывает больше солевого раствора (13,1 %) в сравнении с другими составами (9–9,7 %), а количество сухой соли в образцах состава 3 в 3–4 раза выше. У раствора этого состава также наибольший показатель прочности при сжатии: 82,6 МПа, что на 12,6–18,6 МПа больше, чем у образцов других составов. Таким образом, для повышения прочности и увеличения способности к поглощению солевого раствора в сухую строительную смесь необходимо вводить 10 % ЧС от массы цемента взамен песка без изменения его реологических характеристик.

Для оценки влияния добавки К и способа грунтования поверхности раствора водой или цементным молоком на адгезию и стойкость к образованию высолов готовили растворные смеси с маркой по подвижности $П_к3$. Кирпичную крошку вводили в количестве 5, 10 и 20 % от массы цемента с заменой соответствующего объёма песка. Раствор наносили на предварительно прогрунтованный кирпич. Грунтование кирпича производили вымачиванием образцов в воде в течение 3–5 мин с последующим нанесением кисточкой цементного молока в пропорции с водой 1:4. Оценку адгезии осуществляли согласно ГОСТ 31356–2013. Образцы кирпича с нанесённым раствором

выдерживались в течение суток во влажных условиях, а затем высушивались при температуре (105 ± 5) °С. После высушивания кирпич с нанесенным раствором погружали в раствор соли на 1,5–2 см и выдерживали в течение суток. Далее образцы высушивали в течение суток при температуре 60–65 °С. Результаты определения адгезии раствора к кирпичу приведены в табл. 4.

Таблица 3

Влияние добавки ЧС на свойства раствора после выдерживания в водном растворе поваренной соли

Состав	Средняя плотность раствора, г/см^3	Количество впитанного раствора соли, %	Количество сухой соли в образце, %	Прочность на изгиб, МПа	Прочность при сжатии, МПа
К	2,003	9,0	1,1	8,7	64,1
1	2,018	9,7	1,5	8,8	64
2	2,050	9,1	0,9	7,6	70
3	2,090	13,1	3,8	8,4	82,6

Таблица 4

Адгезия штукатурных растворов к кирпичу

Расход К, %	В/Ц	Способ грунтования	Адгезия, МПа и характер отрыва от основания	Адгезия, МПа, и характер отрыва от основания после впитывания солевого раствора и высушивания
0	0,62	Водой	0,4АТ-1	0 АТ-1
		Цем. молоком	0,7АТ-3	0,4 АТ-1
5	0,63	Водой	0,4АТ-1	0,3 АТ-1
		Цем. молоком	0,7АТ-3	0,6 АТ-3
10	0,64	Водой	0,5АТ-1	0,5 АТ-1
		Цем. молоком	0,7АТ-3	0,7 АТ-3
20	0,67	Водой	0,5 АТ-1	0,5АТ-1
		Цем. молоком	0,7АТ-3	0,7АТ-3

Наибольшее повышение адгезии раствора к кирпичу как с грунтовкой водой, так и с грунтовкой цементным молоком наблюдается при содержании добавки К в количестве 10 %. При грунтовании кирпича цементным молоком сила сцепления раствора всех составов с основанием превышает прочность кирпича на отрыв. На основе полученных данных было оптимизировано содержание добавок в растворах по критерию их способности задерживать мигрирующие из кирпича соли и сохранять адгезию к поверхности стеновых конструкций из кирпича.

Оценку эффективности разработанных сухих смесей с моделированием работы кирпичной стены при миграции водного солевого раствора воды осуществляли следующим образом. Из кирпичей выпиливали образцы квадрат-

ного сечения со стороной (6 ± 0,3) см. Кирпичные образцы замачивались в воде 10–20 мин, на них наносился штукатурный раствор толщиной 1,5–2 см, а затем их помещали в камеру естественного влажного твердения. После твердения образцы высушивали при температуре (60 ± 5) °С до постоянной массы, взвешивали и помещали в сосуд с водным раствором соли штукатурным слоем вверх. Образцы выдерживали в герметичном сосуде в течение суток, солевой раствор доливался по мере подсоса до уровня 2 см. Затем образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 65 °С в течение суток, после чего распиливали поперёк. Оценку эффективности штукатурного раствора проводили по количеству впитанного штукатуркой раствора соли, сохранению адгезии к кирпичу и характеру распределения кристаллов соли на срезе образца. В идеальном случае соль собирается в штукатурном слое и не выходит на его поверхность, кристаллы соли не концентрируются на границе раздела штукатурки и образца и не вызывают её отслоения. На рис. 3 приведён график влияния на количество впитываемой штукатуркой соли добавок ЧС и К, построенный с помощью обработки результатов исследований в программном комплексе STATISTICA 6.1. На рис. 4 приведены результаты установления эффективности составов сухих строительных смесей базового адгезивно-солеудерживающего слоя штукатурной системы с различным сочетанием модифицирующих добавок.

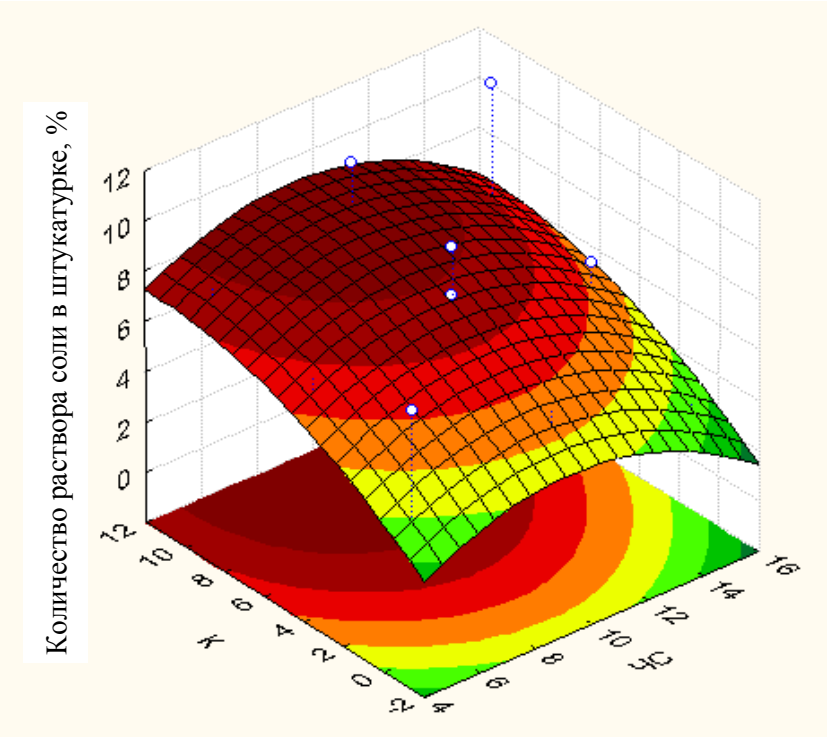

Рис. 3. Влияние добавок кирпичной крошки (К) и чёрных сланцев (ЧС) на количество раствора соли в штукатурке при капиллярном подсосе (при расходе воздухововлекающей добавки 1%)

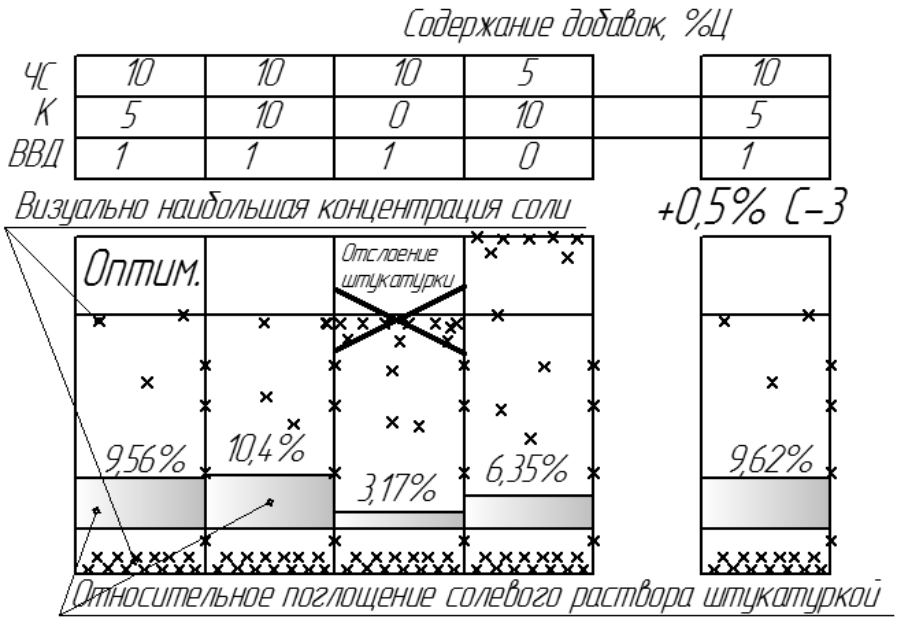

Рис. 4. Эффективность использования растворов с модифицирующими добавками в защитной штукатурной системе

По результатам исследований установлены следующие закономерности:

– наименьший подсос водных растворов и содержание солей наблюдается в растворах без кирпичной крошки;

– при введении в смеси воздухововлекающей добавки визуально не определяются на разрезе отделочного слоя кристаллы соли, наличие которых фиксируется по увеличению массы;

– при наличии в составе смеси добавок К и ЧС кристаллы соли на поверхности визуально не определяются;

– добавка К обеспечивает сохранение адгезии раствора с кирпичом при их высушивании.

Установлено оптимальное содержание добавок: ЧС – 10 %, К – 5 % и ВВД – 1 %. Подвижность растворной смеси с оптимизированным составом – 7–8 см. Для получения растворной смеси с маркой по подвижности $П_к3$ с сохранением поровой структуры в смесь рекомендуется вводить суперпластификатор С-3 в количестве 0,5 % массы цемента.

Получена растворная смесь с ОК 9,5–10,5 см, что позволяет применять его как при ручном, так и при механизированном способе нанесения на кирпичную поверхность. Исследование состава раствора с добавкой С-3 показало, что его показатели стойкости к образованию высолов и адгезии практически не отличаются от состава с оптимизированными расходами добавок ЧС, К и ВВД. Для практического использования в защитных штукатурных системах рекомендован состав сухой строительной смеси, содержащий ЧС 10 %, К 10 %, в/в 0,5 % со следующими показателями качества штукатурного раствора (табл. 5).

Таблица 5

Свойства сухой строительной смеси для базового адгезивно-солеудерживающего слоя кирпичных стен

Свойства ССС	Значение
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м^3	1513
Влажность ССС, %	0
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	2,5
Содержание зерен наибольшей крупности, %	0
Свойства растворной смеси	
Подвижность смеси, см	9
Водоудерживающая способность, %	99
Сохраняемость первоначальной подвижности смеси, не менее, мин	60
Расслаиваемость, %	2
Свойства затвердевшего раствора	
Класс прочности при сжатии	КП IV
Прочность сцепления с кирпичным основанием при грунтовании цементным молоком, не менее, МПа	0,7
Адгезия, МПа	0,5
Марка по морозостойкости (по ускоренному методу)	F300
Капиллярное водопоглощение, кг/(м^2·мин^{0,5})	0,2
Стойкость к образованию трещин (толщина образца 20 мм)	Трещин не появляется

Выводы

Сформулирована концепция защиты кирпичной кладки и её отделочных покрытий от коррозии, обусловленной миграцией влаги через кирпичную кладку и её увлажнения изнутри помещения.

Разработан состав штукатурной сухой строительной смеси на основе портландцемента и кварцевого песка, включающей (% от массы цемента): чёрные сланцы (10), кирпичную крошку (5), воздухововлекающую добавку на основе сырого сульфатного мыла и золы-уноса (1), а также суперпластификатор С-3 (0,5). Данная затвердевшая смесь удовлетворяет требованиям ГОСТ 33030–2014, и штукатурный раствор при нанесении на кирпич и затвердевании впитывает 9,62 % по массе 5%-го раствора поваренной соли при капиллярном подсосе через кирпич в течение суток. После последующего высушивания штукатурка обеспечивает сохранение адгезии к кирпичу и отсутствие высолов на своей поверхности.

Разработанная сухая строительная смесь обеспечивает снижение отслоений покрытия вследствие образования высолов в контактном слое и рекомендована для практического использования в качестве базового адгезивно-солеудерживающего слоя в двухслойных защитных системах при отделке кирпичных стен в помещениях с повышенной или переменной влажностью.

Библиографический список

1. *Diagnostic application* of nonlinear ultrasonics to characterize degradation by expansive salts in masonry systems/ P. Antonaci, A. Formia, A.S. Gliozzi, M. Scalerandi, J.M. Tulliani // NDT & E International. – 2013. – Т. 55. – P. 57–63.
2. *Moisture dynamics in walls*: response to micro-environment and climate change / C. Hall, A. Hamilton, W.D. Hoff, H.A. Viles, J.A. Eklund // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2011. – № 2125. – Т. 467. – P. 194–211.
3. *Pat.* US WO 2011/033372 Al IPC8 C04B20/10, C04B28/04. Concrete mix having anti-efflorescence properties and method of making concrete using the same / Berndt Kanduth, Jean-Bernard Gelinas. – Publ. 24.03.2011.
4. *Баженов, Ю.М.* Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин. – М. : МГСУ, 2013. – 204 с.
5. *Кудяков, А.И.* Морозостойкие кладочные растворы пониженной плотности с добавками микрокремнезема и омыленного талового пека / А.И. Кудяков, А.А. Зиновьев, Н.В. Дворянинова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 4. –С. 99–105.
6. *Лесовик, В.С.* Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3–2. – С. 267–271.
7. *Куприна, А.А.* Эффективные кладочные растворы с повышенной адгезией к основанию / А.А. Куприна // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов. – Белгород, 2014. – С. 140–145.
8. *Semenov, V.S.* Properties of the dry masonry mixtures with hollow ceramics microspheres / V.S. Semenov, T.A. Rozovskaya, D.V. Oreshkin // Advanced Materials Research. – 2014. – Т. 860–863. – P. 1244–1247.
9. *Пат.* 2283292. Российская Федерация. МПК7 С04В 24/24, С04В 38/10, С04В 103/30. Способ приготовления микрогранул комплексной добавки в цементные композиты / Белых С.А., Фадеева А.М., Мясникова А.Ю., Попова В.Г. – Опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25.
10. *Кудяков, А.И.* Сухие растворные смеси с гранулированными воздухововлекающими добавками / А.И. Кудяков, С.А. Белых, А.М. Даминова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 3. – С. 101–110.
11. *Чикичёв, А.А.* Отходы флотационного извлечения золота месторождения «Сухой Лог» как перспективное сырьё для производства строительных материалов / А.А. Чикичёв, С.А. Белых // Труды Братского государственного университета. Естественные и инженерные науки. – 2015. – Т. 1. – С. 246–248.

References

1. *Antonaci P., Formia A., Gliozzi A.S., Scalerandi M., Tulliani J.M.* Diagnostic application of nonlinear ultrasonics to characterize degradation by expansive salts in masonry systems. NDT & E International. 2013. V. 55. Pp. 57–63.
2. *Hall C., Hamilton A., Hoff W.D., Viles H.A., Eklund J.A.* Moisture dynamics in walls: response to micro-environment and climate change. *Proc. Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2011. V. 467. No. 2125. Pp. 194–211.
3. *Kanduth B., Gelinas J.-B.* Concrete mix having anti-efflorescence properties and method of making concrete using the same. US Patent N WO 2011/033372. 2011.
4. *Bazhenov Yu.M., Alimov L.A., Voronin V.V.* Struktura i svoistva betonov s nanomodifikatorami na osnove tekhnogennykh otkhodov [Structure and properties of concretes with nanomodificators based on industrial wastes]. Moscow: MGSU Publ., 2013. 204 p. (rus)
5. *Kudyakov A.I., Zinov'ev A.A., Dvoryaninova N.V.* Morozostoikie kladochnye rastvory ponizhennoi plotnosti s dobavkami mikrokremnezema i omylennogo talovogo peka [Frost-resistant masonry mortars of low density with silica fume additives and saponified tall petroleum pitch]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2008. No 4. Pp. 99–105.
6. *Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Chulkova I.L.* Zakon srodstva struktur v materialovedenii [Law of affinity of structures in materials science]. *Fundamental Research*. 2014. No. 3–2. Pp. 267–271. (rus)

7. *Kuprina A.A.* Effektivnye kladochnye rastvory s povyshennoi adgeziei k osnovaniyu [Effective masonry mortars with improved base adhesion]. Nauchnye i inzhenernye problemy stroitel'no-tekhnologicheskoi utilizatsii tekhnogennykh otkhodov. Belgorod. 2014. Pp. 140–145. (rus)
8. *Semenov V.S., Rozovskaya T.A., Oreshkin D.V.* Properties of the dry masonry mixtures with hollow ceramics microspheres. *Advanced Materials Research*. 2014. V. 860–863. Pp. 1244–1247.
9. *Belykh S.A., Fadeeva A.M., Myasnikova A.Yu., Popova V.G.* Sposob prigotovleniya mikrogranul kompleksnoi dobavki v tsementnye kompozity [Method of manufacturing of microgranules of complex additive in cementitious composites]. Pat. Rus. Fed. N 2283292. 2009. (rus)
10. *Kudyakov A.I., Belykh S.A., Daminova A.M.* Sukhie rastvornye smesi s granulirovannymi vozdukhovovlekayushchimi dobavkami [Dry mortar mixes with granulated air-entraining admixtures]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2009. No. 3. Pp. 101–110. (rus)
11. *Chikichev A.A., Belykh S.A.* Otkhody flotatsionnogo izvlecheniya zolota mestorozhdeniya «Sukhoi Log» kak perspektivnoe syr'e dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov [Wastes of flotation extraction of gold deposit "Sukhoi Log" as a perspective raw material for the production of building materials]. Works of the Bratsk State University. Series: Naturalandengineeringsciences. 2015. T. 1. Pp. 246–248. (rus).