

РЕСТАВРАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК

remmershistoric



Научный подход к технологиям реставрации



**СИСТЕМЫ
САНИРУЮЩИХ
ШТУКАТУРОК**



ВЫПУСК 2

Март 2023





Автор:
Сергей Юрьевич Шибает,
технический директор ООО «РЕММЕРС»

Применение систем санирующих штукатурок для санации каменной кладки

Каменные или кирпичные кладки ограждающих конструкций на объектах культурного наследия зачастую имеют целый комплекс проблем, вызванных воздействием влаги и солей. Санация кладок, подверженных негативному воздействию водорастворимых солей, всегда была и остается сложной технологической задачей, требующей тщательного анализа состояния кладки, определения системного решения и планирования проведения работ на ОКН.

Длительное время основная технология, применяемая в таких случаях на ОКН, основывалась на использовании штукатурок на известковом вяжущем, но эта технология не давала долгосрочного решения. Благодаря высокой капиллярной активности и высокой паропроницаемости, обеспечивающим эффективный перенос влаги из кладки в окружающую среду, известковые штукатурки хорошо зарекомендовали себя в случаях повышенного увлажнения конструкций зданий. Однако, если кладка не только подвержена увлажнению, но и обладает повышенным содержанием водорастворимых солей, то возникают процессы деструкции, связанные с миграцией растворов солей с последующей

их кристаллизацией в поровом пространстве кладки и штукатурки в период высыхания.

Водорастворимые соли присутствуют в строительных материалах или поступают в кладку извне. Поэтому, когда сложно или невозможно защитить кладку от увлажнения за счет специальных мероприятий (например, гидроизоляции фундаментов, гидрофобизации фасадов или окраски фасадов материалами с высокой степенью защиты от влаги), либо после выполнения данных мероприятий кладка требует длительных сроков высыхания, то в таких случаях есть основания для применения санирующих штукатурок.

Первый опыт разработок и применения санирующих штукатурок появился в 80-х годах XX века и показал высокую эффективность их применения в сравнении со «стандартными» штукатурками. Анализ долговечности выполненных работ выявил зависимость срока службы санирующих штукатурок от степени засоленности и вида присутствующих в кладке солей. В результате анализа накопленного опыта была сформулирована необходимость применения не одного слоя штукатурки, а полноценной санирующей системы. В начале 90-х

годов были разработаны нормы, описывающие требования как к построению санирующей системы в зависимости от солевой нагрузки (Таблица 1), так и к отдельным компонентам системы.

В зависимости от состояния кладки, солевой нагрузки и требований к внешнему виду покрытия санирующая система может состоять из следующих слоев:

- адгезионный слой (адгезионный набрызг);
- пористая, соленакапливающая (базовая) штукатурка;
- санирующая штукатурка;
- шпаклевочный слой или тонкослойная штукатурка (при необходимости);
- окрасочный слой (при необходимости).

Кроме того, при чрезмерно высокой концентрации солей могут быть предварительно применены противосолевые компрессы, составы ограничивающие миграцию солей и другие специальные мероприятия.

Основная задача, решаемая применением санирующих систем, состоит в обеспечении целостности оштукатуренной поверхности без образования на ней высолов и намоканий в течение длительного периода времени. Тем самым санирующие системы сохраняют историческую

кладку в течение длительного времени, не разрушаясь при миграции солей, а накапливая их в собственной структуре. Одновременно решается задача нормализации влажностного режима в помещении (стены не замокают, на поверхности не образуется конденсат, пропадает ощущение сырости и пр.).

Работа санирующей системы основана на двух основополагающих принципах:

1. Слой санирующей штукатурки обладает объемной гидрофобностью, низкой капиллярной активностью, при этом сохраняет высокую паропроницаемость. В этом случае зона испарения воды смещается с поверхности кладки в штукатурный слой.
2. Слой базовой, высокопористой штукатурки принимает на себя функцию соленакапливающего слоя и используется в случае высокой солевой нагрузки. Растворы солей должны иметь возможность проникать через слой базовой штукатурки вплоть до слоя санирующей штукатурки, на границе с которым происходит испарение воды и кристаллизация солей. Система должна обеспечивать «работу» этого соленакапливающего слоя в течение достаточно длительного периода (как правило, рассматривается период 10-20 и более лет).

Таблица 1. Классификация солевой нагрузки в зависимости от вида и концентрации солей

Вид солей	Концентрация, % по массе		
	< 0,2	0,2 – 0,5	> 0,5
Хлориды ¹	< 0,1	0,1 – 0,3	> 0,3
Нитраты	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
Сульфаты ²			
Оценка нагрузки ³	Незначительная Мероприятия требуются в исключительных случаях.	Средняя Дополнительные исследования на общее содержание солей (связывание солей, определение катионов). Проведение мероприятий требуется только в отдельных случаях.	Высокая Дополнительные исследования на общее содержание солей (связывание солей, определение катионов). Требуется обязательно проведение защитных мероприятий.

¹ При проведении мероприятий, связанных с несущей способностью конструкции, например, при установке стальных анкеров при содержании хлоридов более 0,1% по массе следует обращать внимание на выбор качества стали или рецептуру заполняющего раствора

² Оцениваются легкорастворимые сульфаты: отдельно нужно оценивать содержание сульфатов в строительных материалах

³ Для решения о требуемых мероприятиях решающую роль играют не только одни результаты исследования содержания солей

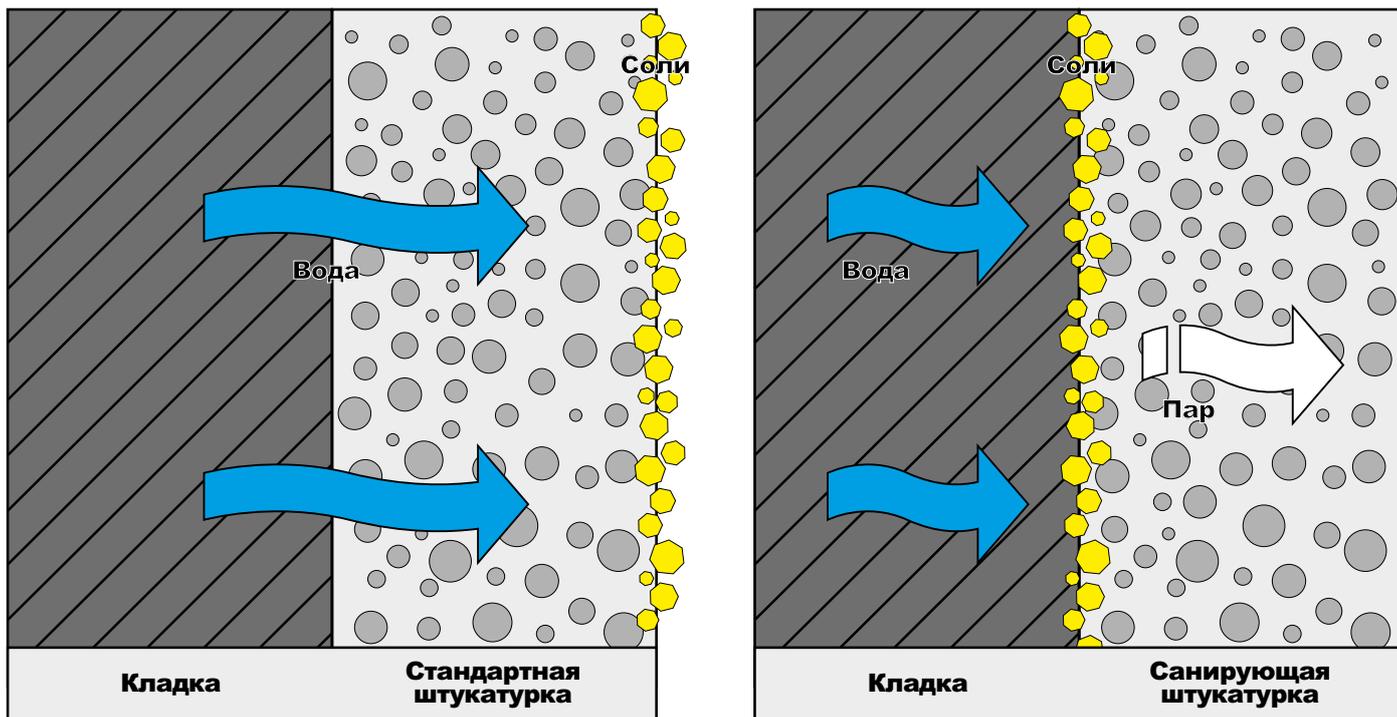
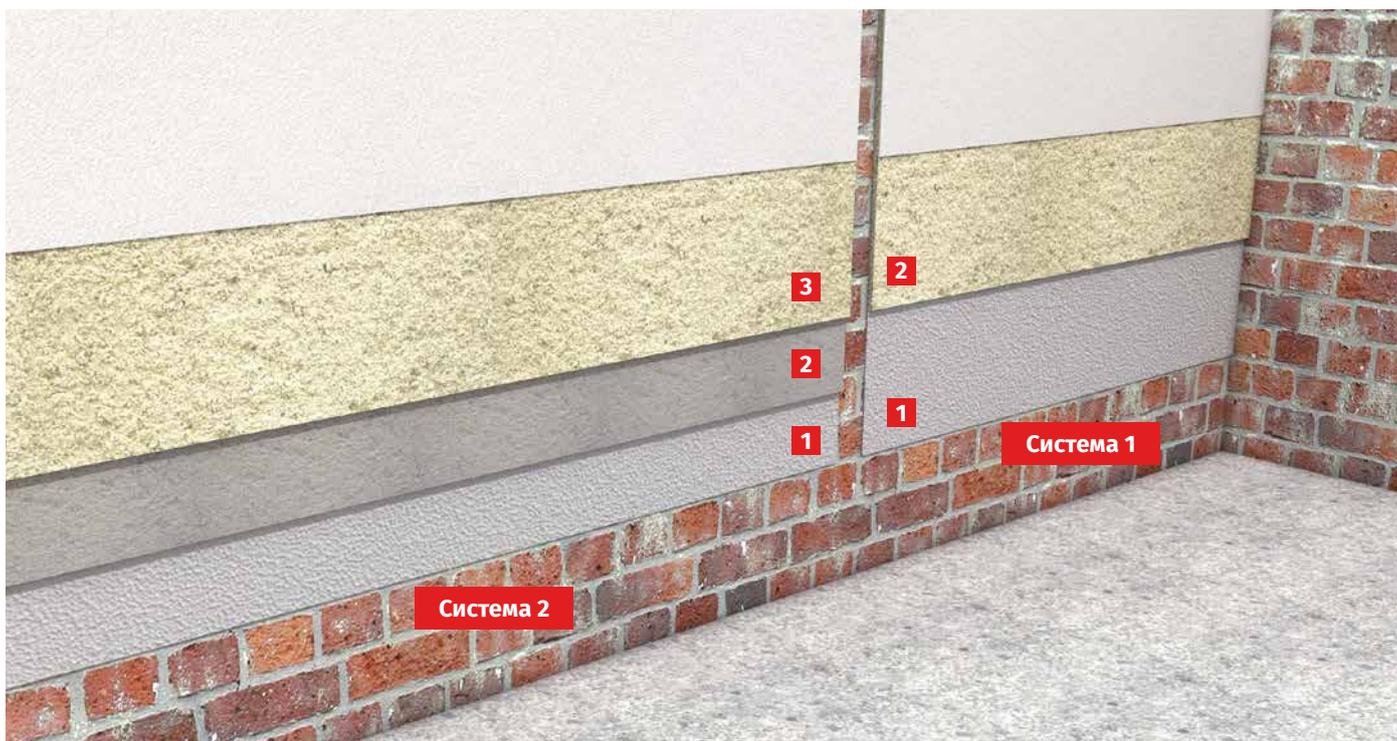


Рис. 1. Принципы функционирования «стандартных» и санитрующих штукатурок



Солевая нагрузка	Система	Толщина слоя, мм
Незначительная (система 1)	1. Набрызг 2. Санитрующая штукатурка	макс. 5 мин. 20
Средняя и высокая (система 2)	1. Набрызг 2. Базовая штукатурка 3. Санитрующая штукатурка	макс. 5 мин. 10 мин. 15

Рис. 2. Построение санитрующих систем

Санирующие штукатурки в системе – это специальный вид штукатурок заводского изготовления с обеспечением высокого содержания воздушных пор (свыше 40%) и высокой паропроницаемостью в сочетании со значительно сниженной капиллярной проводимостью. Комбинация этих свойств не дает возможность растворам солей проникать из кладки в структуру санирующей штукатурки на глубину более 5 мм. В зоне проникновения солевых растворов происходит последующее испарение воды и кристаллизация солей. Процесс роста кристаллов

солей при наличии большого объема крупных пор гарантирует отсутствие давления кристаллизации в структуре и, соответственно, отсутствие повреждений на поверхности. Требования к параметрам санирующих штукатурок представлены в Таблице 2.

Компания Remmers имеет широкий ассортимент материалов для санирующих систем, разработанных под различные задачи и области применения. В санирующих штукатурках Remmers в качестве вяжущего используется специальный белый цемент, при этом высокопористая структура обеспечивает

Таблица 2. Требования к санирующим штукатуркам

Параметр	Требование
Содержание воздушных пор в свежем растворе	> 25%
Коэффициент диффузии водяного пара (μ)	< 12
Глубина проникновения воды	< 5 мм
Капиллярное водопоглощение в течение 24 ч	> 0,3 кг/м ²
Пористость штукатурки	> 40%
Плотность штукатурки	< 1,4
Прочность на сжатие через 28 суток β_d	от 1,5 до 5,0 МПа
Соотношение прочностей на сжатие/растяжение при изгибе β_d/β_{bz}	< 3

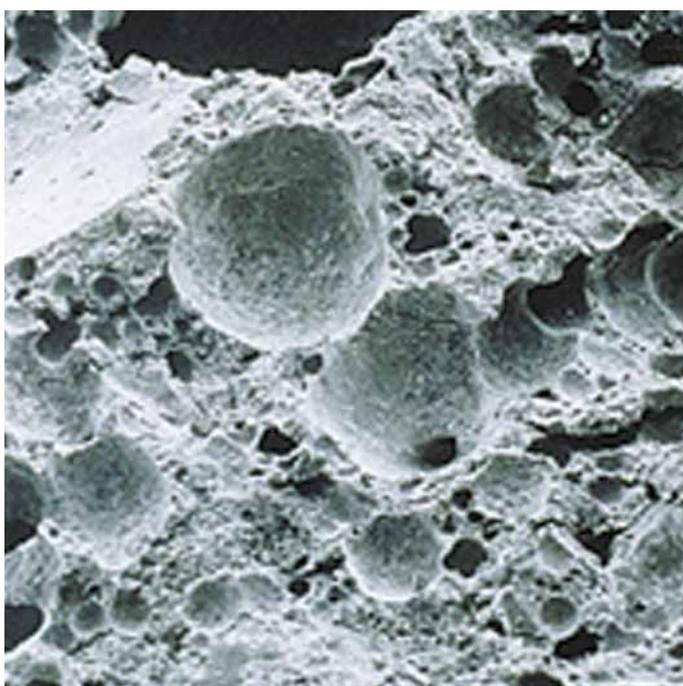


Фото 1. Структура пор санирующей штукатурки

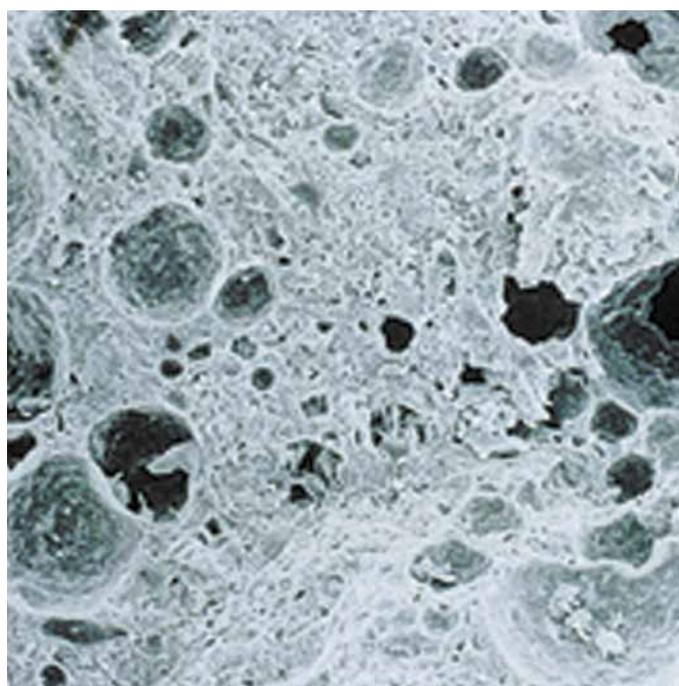


Фото 2. Структура пор санирующей штукатурки

пониженные прочностные параметры (не выше 5 МПа), что особо важно на слабых исторических кладках. Воздушные поры в штукатурке имеют шарообразную форму размером от 30 до 500 мкм, которые достаточно плотно и равномерно заполняют структуру штукатурки. При этом стенки воздушных пор достаточно тонкие, что дает возможность кристаллам солей проникать в них и более полно заполнять объем порового пространства. В качестве заполнителя в составе штукатурок используются пески и легкие заполнители. Заполнители увеличивают поровое пространство штукатурки, в котором происходит кристаллизация солей, снижают плотность штукатурки и повышают ее теплоизолирующие параметры. Поровая структура санирующей штукатурки Remmers SP Top White с использованием растрового электронного микроскопа показана на фото 1 и 2. Такая структура данной штукатурки обеспечивает повышенную стойкость к воздействию всех видов водорастворимых солей, а также циклам замораживания/оттаивания. Поэтому, как правило, достаточно одного слоя штукатурки толщиной 20 мм даже при средней степени солености кладки.

Базовые, пористые штукатурки в системе служат накопительным слоем для солей. Они используются в случае средней и высокой солевой нагрузки, когда соленакпливающего потенциала только одной санирующей штукатурки недостаточно. При таком построении санирующей системы раствор солей проникает из кладки через базовую штукатурку до зоны испарения где и «оставляет» соли, вода же без проблем испаряется через слой санирующей штукатурки. Базовая штукатурка не обладает внутренней гидрофобностью, а структура пор

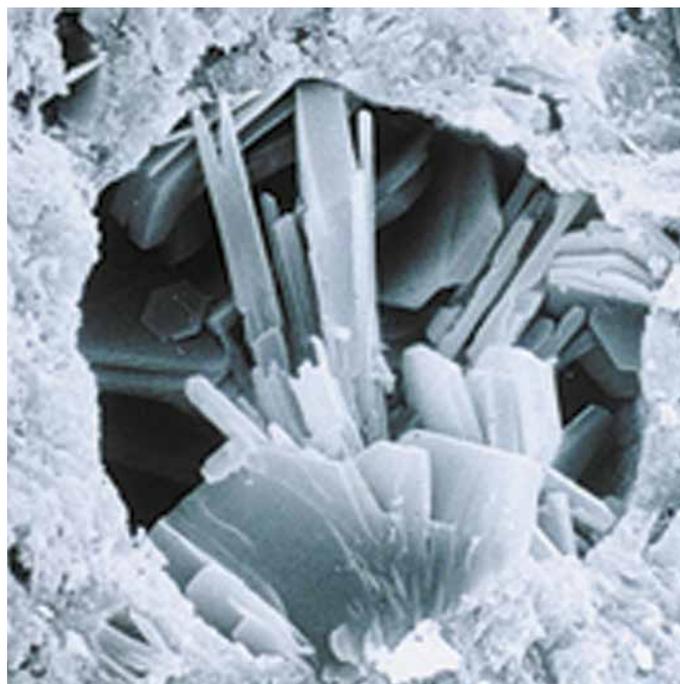


Фото 3. Кристаллизация солей в поровом пространстве санирующей штукатурки

отличается от структуры пор санирующей штукатурки. Требования к базовым штукатуркам указаны в Таблице 3.

В базовой штукатурке создаются, главным образом, капиллярно-активные поры за счет применения специальных легких заполнителей. Поскольку соли накапливаются почти исключительно в капиллярно-активных порах, то они имеют решающее значение для функциональности и долговечности базовой штукатурки (см. фото 4 и 5).

Специалисты компании Remmers в течение нескольких последних лет ведут чрезвычайно интересные и важные разработки и исследования

Таблица 3. Требования к базовым, соленакпливающим штукатуркам

Параметр	Требование
Коэффициент диффузии водяного пара (μ)	< 18
Глубина проникновения воды W_{24}	> 5 мм
Капиллярное водопоглощение в течение 24 ч	> 1,0 кг/м ²
Содержание воздушных пор	> 20 об. %
Пористость	> 45 об. %
Прочность на сжатие	≥ прочности санирующей штукатурки

для формирования более эффективной структуры за счет оптимизации их размеров и форм. Все это обеспечивает большую надежность системы, позволяет, говоря простыми словами, максимально долго и компактно «складировать» соль, а также участвовать в создании комфортных температурно-влажностных условий в помещениях. Результатом этих исследований стал выпуск систем, имеющих существенно более длительный срок эксплуатации.

Для успеха мероприятий по санации влажных и засоленных исторических кладок их необходимо тщательно спланировать и адаптировать к конкретному объекту. Для этого требуется провести комплекс исследований на объекте. Эти исследования включают:

1. Выявление причин увлажнения и, при необходимости, последующее проведение специальных мероприятий (гидроизоляционных, гидрофобизирующих или окрасочных) перед нанесением saniрующих штукатурок.
2. Определение структурных параметров кладки для их учета при проведении мероприятий по санации.
3. Количественный и качественный анализ водорастворимых солей. Общее количество солей и их вид оказывает непосредственное влияние на выбор толщин слоев saniрующей штукатурной системы.
4. Оценка типа и состояния штукатурного основания для планирования подготовительных работ.

Системы saniрующих штукатурок также чрезвычайно чувствительны к соблюдению технологии нанесения на всех стадиях выполнения работ, от подготовки основания до финишной окраски.

В процессе подготовки основания удаляются существующие штукатурные слои, поврежденные под воздействием влаги и солей. Область очистки захватывает минимум 80-100 см над видимой зоной дефектов. Также необходимо очистить швы кладки на глубину не менее 2 см. Это связано, в первую очередь, с тем, что кладочные растворы более пористые, чем натуральный камень или кирпич. Поэтому диффузия растворов солей на поверхность происходит, в большей степени, через швы кладки с последующей их кристаллизацией в приповерхностной зоне

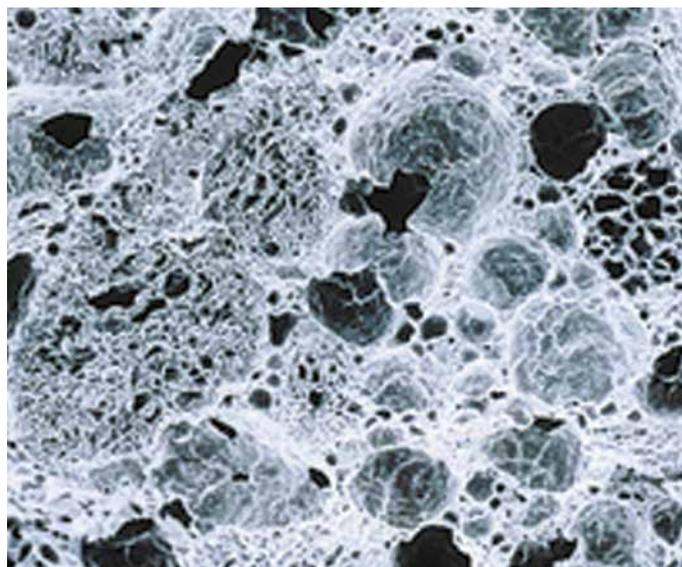


Фото 4. Структура пор базовой штукатурки

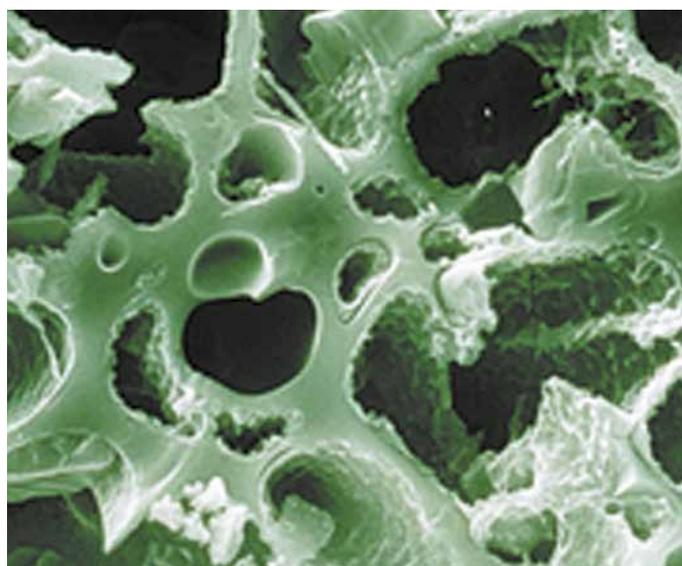


Фото 5. Структура пор базовой штукатурки

швов. За счет удаления этой зоны, насыщенной солями, повышается надежность и длительность функционирования saniрующей системы. Важно также сразу утилизировать полученные при подготовке основания отходы, чтобы исключить повторное попадание солей обратно в кладку.

Последующая очистка основания осуществляется сухим способом вручную щетками или струйной щадящей обработкой без использования воды для исключения повторного растворения и миграции солей. Трещины в основании необходимо также предварительно санировать, выбирая методику в зависимости от причин их образования и текущего состояния.

На подготовленное и очищенное основание

наносится адгезионный слой (набрызг), который является основой для дальнейшего нанесения компонентов системы. Последующие работы выполняются, как минимум, примерно через 2 суток (при нормальных климатических условиях).

В случае больших неровностей основания или при высокой солевой нагрузке в системе используется промежуточный слой базовой соленакпливающей штукатурки.

После достаточного времени твердения базовой штукатурки наносится санирующая штукатурка требуемой толщины (в один или два слоя). Важно соблюдать рекомендации производителя, так как нанесение слишком тонкого слоя при высокой пористости штукатурки ускоряет испарение воды, и гидратация минерального вяжущего не произойдет в полной мере. Как результат, штукатурный слой не наберет требуемой прочности. Кроме соблюдения минимальной толщины нанесения, в жаркую или ветренную погоду следует защищать свежий штукатурный слой от быстрого испарения воды. При нанесении санирующей штукатурки в два слоя, первому слою необходимо придать шероховатость, обработав поверхность металлической теркой или штукатурным гребнем. Второй слой наносится после достаточного высыхания первого.

Для санирующих систем обязательным условием длительного функционирования является соблюдение предписанного порядка слоев и их

толщин, а также сроков ухода и сушки. Как правило, срок сушки рассчитывается как 1 день на каждый мм толщины слоя, но не менее 28 суток. С другой стороны, нельзя допускать, чтобы штукатурки в системе высохли медленно, так как это снизит гидрофобные свойства санирующей штукатурки. Если санирующая штукатурка слишком долго остается влажной (например, в подвальных помещениях), существует риск того, что соли мигрируют на поверхность во время фазы высыхания и сделают ее неэффективной. Поэтому при работе в помещениях следует обеспечить необходимые условия в период высыхания за счет снижения влажности воздуха в помещении, умеренной вентиляции или отопления.

Санирующая штукатурка является финишной и не требует обязательной последующей отделки. При необходимости придания поверхности декоративных свойств допускается использование системных (то есть разработанных специально для работы в санирующих системах) шпаклевочных или тонкослойных составов с последующей окраской силикатными или силиконовыми красками. При этом важно использовать рекомендуемые лакокрасочные покрытия с проверенными параметрами по паропроницаемости (см. Таблицу 4). В качестве финишного покрытия не допускается использование плотных строительных и отделочных материалов (керамической плитки, обоев, водно-дисперсионных красок, эмалей и т.п.).

Таблица 4. Требования к финишным лакокрасочным покрытиям

Параметр	Требование
Сопротивление диффузии водяного пара s_d	< 0,2 м
Коэффициент водопоглощения	< 0,2 кг/м ² ·ч ^{0,5}

Вопрос о сроках службы санирующих систем является достаточно распространенным. Как правило, невозможно точно указать конкретный срок, так как это требует тщательного обследования состояния объекта, анализа данных и разработки системного решения. В первую очередь, на сроки влияет устранение условий для растворения и переноса солей в конструкции. Если конструкция находится в условиях высыхания (а толстые каменные или кирпичные кладки в подвалах могут

высыхать до равновесной влажности в течение нескольких лет) и процесс высыхания ограничен во времени, то срок службы санирующей штукатурки может быть неограниченным. Если же причина увлажнения кладки не устранена, то штукатурка превращается в «жертвенную» и срок службы будет зависеть от солевой нагрузки, выбранной системы и может составить 15-20 лет. Основным критерием окончания срока службы санирующей штукатурки будет видимый выход солей на поверхность. Если на

этот момент условия функционирования штукатурки не изменятся, то существующая штукатурная система удаляется и наносится новая на следующий период. При этом сама историческая кладка будет сохраняться без повреждений.

Также на срок службы влияет и толщина штукатурных слоев в системе. Чем толще слой штукатурки, тем больше пространства для накопления солей она имеет и тем дольше срок службы такой системы. Использование соленакрывающих промежуточных слоев повышенной толщины существенно увеличивает срок службы системы. Поэтому при разработке методик реставрационных работ на объекте следует закладывать толщину слоев с учетом желаемых (проектных) сроков обновления штукатурки.

Неправильно выбранная концепция санации, наоборот, может существенно сократить срок службы или сделать систему нефункциональной. Например, в случае использования системы санирующей штукатурки в качестве гидроизоляционной объемная гидрофобизация санирующей штукатурки предотвращает капиллярное движение влаги. Но если на систему происходит воздействие воды под давлением, то санирующая штукатурка такую нагрузку не выдержит. В данном случае при проектировании необходимо закладывать гидроизолирующие

мероприятия, например, устройство вертикальной или горизонтальной гидроизоляции.

При проектировании необходимо понимать, что применение систем санирующих штукатурок в мероприятиях по консервации и сохранению исторических кладок из натурального камня или кирпича является оправданным методом и имеет четкие пределы применения. Правильно спроектированная система с компонентами, разработанными специально для длительного функционирования в условиях воздействия солей и влаги обеспечит сохранность исторической кладки в течение многих десятилетий.

Также является важным то, что мы принимаем в расчет системный подход, так как мы не говорим об одном продукте, который решает все вопросы, или о наборе разнородных продуктов, даже если каждый из них в отдельности по описанию вроде бы и соответствует требуемым свойствам.

Компания Remmers располагает полноценной системой санирующих штукатурок и большим опытом применения. Именно системное решение при условии ответственного проектирования и применения является залогом долговечности выполненной санации и длительного сохранения объекта культурного наследия.



ООО «PEMMEPC»
www.remmers.ru

ArtNo.:3933103326 SerialNo.:1111111111 V2023.2

