

**Роман Болеславович Орлович**✉

д-р техн. наук, научный консультант ООО «ПИ Геореконструкция». Россия, 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 4, оф. 414;  
e-mail: orlowicz@yandex.ru

**Александр Сергеевич Горшков**

д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Россия, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18;  
e-mail: alsgor@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-3251-3356

**Нина Николаевна Шангина**

д-р техн. наук, профессор, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I. Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9;  
e-mail: nina.shangina@gmail.com

**Алексей Михайлович Харитонов**

д-р техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4;  
e-mail: reepdv@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2738-5954

**ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ  
ШТУКАТУРНОГО ПОКРЫТИЯ ФАСАДОВ  
ИСТОРИЧЕСКИХ КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Архитектурный облик Санкт-Петербурга сформирован, в основном, зданиями, отделка фасадов которых выполнена с применением штукатурных растворов. Данный вид отделки требует повышенного внимания, так как зарождающиеся дефекты покрытия быстро развиваются и могут привести к серьезным повреждениям ограждающих конструкций и создать угрозу обрушения штукатурного слоя. В работе рассмотрены причины и показаны основные механизмы разрушения фасадной штукатурки исторических зданий, расположенных в центральных районах Санкт-Петербурга, приведены рекомендации, направленные на устранение случаев повреждения штукатурных фасадных покрытий каменных зданий, которые применимы и для других населенных пунктов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** исторические здания, фасадная отделка, штукатурные растворы.

**Для цитирования:** Орлович Р. Б., Горшков А. С., Шангина Н. Н., Харитонов А. М. Причины и механизмы повреждения штукатурного покрытия фасадов исторических каменных зданий // Социология города. 2023. № 2. С. 59—77. DOI: 10.35211/19943520\_2023\_2\_59

### **Введение**

Каменные здания с оштукатуренными фасадами занимают значительную долю в исторической застройке Санкт-Петербурга (Горшков, 2018). Штукатурное покрытие, а также оштукатуренные архитектурные элементы отделки (пилястры, козырьки, карнизы, кронштейны, лепнина, русты и пр.) позволяли разнообразить фасады и придать им индивидуальные черты. Кроме декоративных функций штукатурное покрытие фасадов помогает скрыть многие дефекты кладки, выполненной из камней неидеальной формы и размера, а также защитить кладку от агрессивных воздействий окружающей среды. Позже было доказано еще одно полезное свойство наружной штукатурки, которая уменьшает воздухопроницаемость стены и тем самым повышает ее защиту от инфильтрации наружного воздуха (Фокин, 1973; Горшков, 2014; Горшков, Рымкевич, 2015).

К недостаткам наружного оштукатуривания стен следует отнести в первую очередь дополнительные финансовые и временные затраты: увеличение стоимости строительно-монтажных работ, сроков их выполнения, а также необходимость их периодического ремонта и восстановления, т. е. увеличение эксплуатационных расходов на поддержание отделки наружных стен в исправном техническом состоянии.

В технической литературе отсутствует комплексный статистический анализ интенсивности повреждений наружной штукатурки на фасадах исторических зданий в зависимости от года их постройки, месторасположения, ориентации фасадов по сторонам света и других факторов.

### **Методы исследования**

В рамках настоящего исследования произведено натурное обследование более 150 оштукатуренных снаружи фасадов исторических каменных зданий, расположенных в Адмиралтейском, Центральном и Петроградском районах Санкт-Петербурга. Повреждения штукатурной отделки стен и архитектурных элементов фасадов обнаружены более чем у 60 % зданий. На ряде фасадов выявленные повреждения представляют угрозу для жизни и здоровья граждан. Опасные участки, как правило, огорожены или затянuty защитной сеткой, выполненной из текстильных материалов (Столяров, Горшков, 2009).

**Целью исследования** является выявление повреждений на штукатурных покрытиях фасадов каменных зданий, расположенных в историческом центре Санкт-Петербурга, оценка влияния различных факторов и воздействий на техническое состояние оштукатуренных фасадов, анализ причин появления выявленных при осмотрах фасадов повреждений и качественное описание механизмов их образования.

### **Результаты**

Согласно результатам авторского обследования каменных зданий, расположенных в исторических районах Санкт-Петербурга, наибольшее количество отслоений штукатурки выявлено на цокольных и карнизных участках, а также у выступающих элементов фасадов (балконов, ризалитов, эркеров и пр.), т. е. на тех участках, которые подвергаются наиболее интенсивному увлажнению.

Повреждение цокольной части стен (рис. 1) в значительной степени обусловлено отсутствием или ненадлежащим состоянием облицовки, выполняющей функцию гидроизоляции, а также нарушением отвода дождевой воды от стен.



**Рис. 1.** Повреждение цокольного участка наружной стены

Вблизи поврежденных участков цоколя часто отсутствует уклон тротуарного покрытия от здания в сторону проезжей части улиц, что затрудняет сток дождевой воды. Это приводит к образованию луж у стен и, как следствие, переувлажнению цоколя. Увлажнению цокольных участков стен способствует также небольшая ширина тротуаров на улицах с высокой интенсивностью дорожного движения, ввиду чего вода с проезжей части обильно попадает на стены и приводит к их чрезмерному увлажнению. В том случае, если цоколь выполнен из натурального камня (гранита или известняка), как правило, состояние цокольных участков наружных стен удовлетворительное. Распространенным случаем является расположение уровня тротуара над верхней отметкой каменной облицовки цоколя ввиду увеличения культурного слоя. Это открывает прямой доступ влаги к неводостойкой штукатурной отделке и высокопористой кирпичной кладке, для которых подобные условия обуславливают быстрое развитие деструкции.

Часто повреждения цокольных участков наружных стен фиксируются в местах расположения выпусков водосточных труб (рис. 2).

Повреждение карнизных участков наружных стен (рис. 3) обусловлено нарушением герметичности карнизных свесов крыш во время механической уборки наледи в холодный период года. Зачастую дефекты в зоне карнизов вызваны нарушениями, допущенными при выполнении кровельных работ, например при неправильной установке защитного фартука на парапете (рис. 4), который должен устанавливаться с уклоном в сторону кровли и иметь вынос за боковую грань парапета на расстояние не менее 60 мм (см. п. 7.7. СП 17.13330). Осмотр зданий показывает, что данное предписание нормативной документации выполняется далеко не во всех случаях.



**Рис. 2.** Повреждение участков стен, расположенных вблизи выпусков водосточных труб



**Рис. 3.** Повреждение карнизного участка фасада здания со скатной крышей



**Рис. 4.** Повреждение парапета в результате неправильной установки защитного фартука

Основной причиной возникновения наледи на крышах зданий со скатной крышей является нарушение температурно-влажностного режима неотапливаемых чердачных помещений, подробно описанное в работах (Горшков и др., 2012; Горшков, Войлоков, 2022; Горшков, 2014). Низкий уровень теплоизоляции чердачных перекрытий и иных ограждающих конструкций, отделяющих холодный чердак от отапливаемых помещений, а также недостаточный воздухообмен чердачных помещений из-за отсутствия или частичной заделки приточных и вытяжных отверстий ведут тому, что при отрицательных температурах наружного воздуха на чердаке устанавливается положительная температура. Это приводит к подтаиванию нижних слоев снега, лежащего на металлической кровле, стеканию растаявшей воды к холодному участку карнизного свеса, где влага замерзает и постепенно превращается в наледь. Последующая механическая уборка наледей с крыши часто влечет за собой повреждение карнизного участка крыши, ввиду чего влага попадает на карнизный, выступающий из плоскости фасада участок наружной стены. Это вызывает его намокание и разрушение при последующих циклах замораживания-оттаивания влаги в порах как кирпичной кладки, так и штукатурного покрытия. Описанный выше механизм, по мнению авторов, является основной причиной возникновения большинства повреждений штукатурного покрытия на карнизных участках наружных стен зданий со скатной крышей и холодным чердаком.

Повреждение участков наружных стен, расположенных вблизи балконов (рис. 5), обусловлено разрушением гидроизоляционного слоя. Особенно часто данное повреждение наблюдается в местах примыкания балконов к на-

ружным стенам. Подробный анализ повреждений несущих и ограждающих элементов балконов (кронштейнов, балконных плит и ограждений) представлен в работах (Орлович, Горшков, 2020; Орлович, Горшков, 2021).



**Рис. 5.** Повреждение участков фасадной отделки, расположенных вблизи балконов

Из представленного выше обзора следует, что в большинстве случаев повреждения штукатурных покрытий наблюдаются на участках наружных стен, подверженных более интенсивному увлажнению. К таковым, в первую очередь, относятся цоколь (см. рис. 1, 2), карниз (см. рис. 3, 4) и участки, примыкающие к иным выступающим элементам фасадов, например балконы (рис. 5), эркеры (рис. 6) и ризалиты (рис. 7).

При этом, в отличие от участков наружных стен, отделяющих отапливаемые помещения от наружной среды, цокольные и карнизные участки, отделяющие неотапливаемые помещения (подвал, техподполье, холодный чердак), высыхают значительно медленнее, так как в подобных зонах, как правило, отсутствует тепловой поток изнутри наружу, способствующий миграции влаги в направлении теплового потока (Vatin et al, 2014; Рымкевич, Горшков, 2015).

Однако совместное воздействие влаги и знакопеременных температур наружного воздуха является не единственным фактором, влияющим на долговечность наружной штукатурки. Обзор выявленных при осмотре повреждений показывает, что вне рассмотренных выше наиболее опасных участков фасадов также выявляются отслоения штукатурных покрытий от стен, которые не могут быть объяснены исключительно накоплением влаги и последующим ее замораживанием в поровом пространстве материала штукатурного слоя.



**Рис. 6.** Повреждение штукатурного покрытия на эркере



**Рис. 7.** Повреждение участков наружных стен, расположенных по периметру ризалита

Самая высокая концентрация повреждений выявлена в исторической части города с плотной застройкой, что может быть связано с повышенным тепловым загрязнением городской среды (Gorshkov, et al., 2020) и циркуляцией горячих масс воздуха, исходящих, в том числе, от автомобильного транспорта. Осмотр зданий с поврежденным штукатурным слоем показывает, что при прочих равных условиях наиболее подвержены разрушению нижние этажи фасадов (рис. 8), выходящих на улицы с интенсивным дорожным движением, что, вероятно, обусловлено более интенсивным накоплением на них загрязнений от выхлопных газов автомобильного транспорта.



**Рис. 8.** Характерное распределение загрязнений на фасадах по высоте здания

Загрязнение фасадов нижних этажей, по всей видимости, обусловлено более высокой концентрацией в данной зоне взвешенных сажепылевых загрязнений, их осаждением на поверхности отделки и последующим интенсивным проникновением внутрь штукатурного покрытия в условиях высокой влажности. С одной стороны, дождевая влага способствует смыванию загрязнений с фасадов, с другой — миграции растворенных в воде кислотных газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.) внутрь штукатурки. В результате проникновения кислотных газов из воздуха в пористую структуру щелочной штукатурки происходит постепенная ее нейтрализация. Описанный процесс может продолжаться длительное время и зависит от скорости изменения рН поровой жидкости в структуре штукатурки, а также от концентрации и свойств агрессивного газа (например,  $\text{CO}_2$ ). При нейтрализации штукатурного слоя он теряет свою пассивирующую способность по отношению к закладным металлическим элементам (например, армирующей сетке и штукатурным гвоздям), которые начинают ускоренно корродировать.



Интенсивность процесса коррозии металлических деталей внутри штукатурного покрытия зависит также от его влажности, оказывающей влияние на электропроводность поровой жидкости, которая стимулирует действие коррозионных процессов и диффузию из атмосферы кислорода  $O_2$ , необходимого для протекания электрохимических реакций. Продукты коррозии, увеличиваясь в объеме, вызывают внутренние напряжения в штукатурном слое, что способствует образованию и последующему раскрытию трещин.

Отрывающие напряжения могут быть также результатом давления на штукатурку продуктов коррозии оштукатуренных металлических элементов балконов, например арматуры и обрамлений балконных плит.

Более интенсивное повреждение наружной штукатурки выявлено также на фасадах, ориентированных в юго-западном направлении, что может свидетельствовать о влиянии косых дождей, солнечной радиации и их совместного действия. Частота повреждений штукатурки коррелирует с ориентацией фасадов относительно преимущественного направления ветров, которое для Санкт-Петербурга является юго-западным. Этим объясняется наиболее интенсивное увлажнение юго-западных фасадов дождями в ветреную погоду.

Часто отслоение штукатурного покрытия происходит не в периоды установления наиболее низких температур, а весной, когда резко возрастает интенсивность солнечной радиации. В этот период стены и штукатурка сохраняют еще достаточно большое количество влаги, накопленной за поздний осенний, весь зимний и ранний весенний периоды. Солнечная радиация способствует более интенсивному высыханию стен, что предопределяет значительные температурно-влажностные деформации штукатурного покрытия, неравномерно развивающиеся по его толщине и обуславливающие отслоение отделки от основания.

### Обсуждение

Возведение каменных зданий всегда было связано со значительными трудозатрами и стоимостью основных строительных материалов — кирпичей и строительного раствора. До появления машинного изготовления камней их прочностные характеристики и эксплуатационные свойства, равно как и слабых известковых растворов, были относительно низкими. Это предопределило не только относительно низкую несущую способность каменной кладки исторических зданий, но и ее долговечность под воздействием климатических факторов. В связи с этим для защиты фасадных стен применялась штукатурка, которая одновременно выполняла декоративную функцию. Адгезионное сцепление отделки с лицевой поверхностью камней обусловлено проникновением вяжущего в развитое пространство открытой пористости строительной керамики.

Утолщенные участки штукатурки в виде архитектурных элементов фасадного декора (карнизы, сандрики, кронштейны, русты и пр.) обычно дополнительно крепились к стенам путем анкеровки с помощью специальных штукатурных гвоздей с широкими шляпками и устройством армирования в виде «путанки» из проволоки. В процессе длительной эксплуатации штукатурка подвергается физическому износу в виде деградации материала, растрескивания и отслоения от основания. Последнее является наиболее опасным, поскольку при падении вызывает угрозу здоровью и жизни прохожих,

что в последнее время становится проблемой для многих оштукатуренных каменных зданий. Нарушение сцепления штукатурки с каменной кладкой является длительным процессом и связано с влиянием множества факторов, причины которых рассматриваются в настоящей работе. В качестве критерия отслоения может быть принято следующее условие нарушения сцепления штукатурного слоя с основанием:

$$\sigma \leq R_t, \quad (1)$$

$$\tau \leq R_{sq}, \quad (2)$$

где  $\sigma$ ,  $\tau$  — соответственно нормальные и касательные напряжения, действующие в контактном слое между штукатуркой и основанием;  $R_t$ ,  $R_{sq}$  — соответственно нормальное и касательное сцепления между штукатуркой и каменной кладкой.

Следует отметить, что в нормативной и технической литературе отсутствуют систематизированные данные о численном значении  $R_t$  и  $R_{sq}$  применительно к штукатурным покрытиям исторических зданий. Согласно (Грунау, 1980; Росс, Шталь, 2006) значения  $R_t$  могут изменяться от 0,5 до 2 МПа. При этом касательное сцепление  $R_{sq}$  может превышать нормальное  $R_t$  в 2 раза.

Величины  $R_t$  и  $R_{sq}$  могут снижаться в процессе эксплуатации зданий, что связано с влиянием следующих факторов и воздействий:

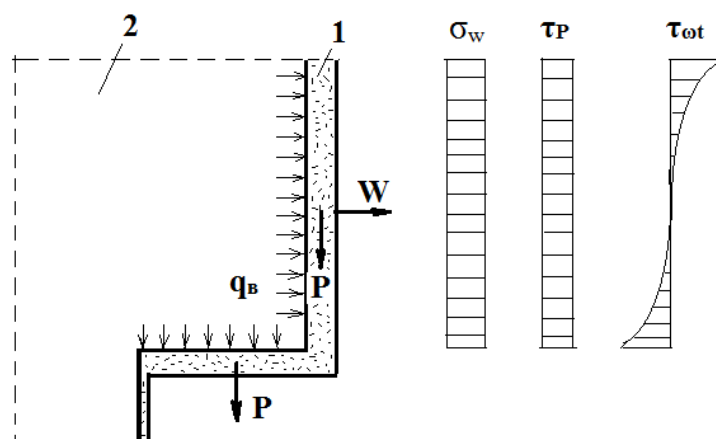
- повышенным увлажнением и загрязнением штукатурного покрытия;
- наличием под штукатурным слоем высолов на лицевой поверхности каменной кладки;
- усталостными явлениями, связанными с многоцикловыми температурно-влажностными деформациями штукатурки, а также вибрационными воздействиями от различных внешних источников;
- деградацией основания, т. е. каменной кладки, например в результате ее размораживания в зонах интенсивного увлажнения.

Величины нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  напряжений на контактной зоне штукатурки с каменной кладкой зависят от постоянных и переменных эксплуатационных воздействий, к которым в первую очередь относятся (рис. 9):

- собственный вес штукатурки  $P$  и его динамическая составляющая при наличии вибрационных воздействий (например, при движении вдоль зданий трамваев);
- отрицательное ветровое давление  $W$ ;
- давление  $q_v$  замерзающей воды и конденсата в зоне контакта штукатурки с каменной кладкой;
- давление продуктов коррозии в зоне контакта штукатурки с металлическими элементами, например несущими балками, арматурой и обрамлением балконных плит;
- температурно-влажностные деформации штукатурки.

На основании численного анализа напряженного состояния контактного слоя между основанием и штукатурным покрытием установлено, что действующие в нем напряжения  $\sigma$  и  $\tau$  от собственного веса  $P$  штукатурки незначительны и, в зависимости от ее толщины, составляют 0,03—0,10 МПа. Еще более низкими являются нормальные напряжения, вызванные ветровыми нагрузками  $W$ , которые в условиях Санкт-Петербурга составляют 0,03—0,05 МПа.

Следует отметить, что критическими могут оказаться также напряжения  $\sigma$  и  $\tau$ , обусловленные дополнительной гравитационной нагрузкой, возникшей в результате скопления под защитной сеткой фрагментов отслоившейся штукатурки. На практике это может иметь место в случае крепления защитных сеток металлическими дюбелями, анкеровка которых нередко осуществляется не в каменной кладке, а в самой штукатурке.



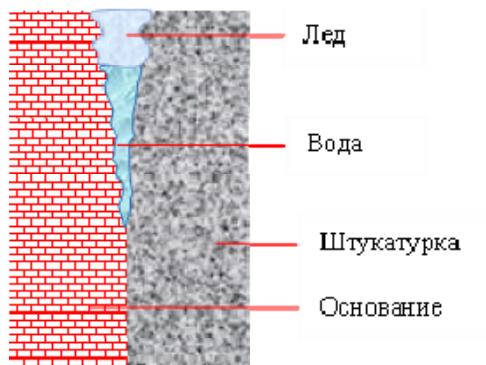
**Рис. 9.** Эпюры напряжений  $\sigma_w$ ,  $\tau_p$  и  $\tau_{tot}$  в контактном слое между штукатурным слоем 1 и основанием 2 наружной стены у карниза

Кроме собственного веса штукатурки касательные напряжения могут быть также вызваны ее линейными температурно-влажностными деформациями. Причем наиболее опасными являются деформации усадки штукатурки, которые по данным исследований (Шангина, Харитонов, 2012; Пухаренко и др., 2011; Шангина, Сафонова, 2021) в 2 раза превышают деформации набухания при ее увлажнении. Деформации усадки вызывают касательные напряжения  $\tau_{от}$  (см. рис. 9), максимальные значения которых могут превысить величину касательного сцепления  $R_{sq}$ . Именно этим объясняется наиболее интенсивное отслоение штукатурки в весенний период, когда ее влажность  $\omega$  начинает резко уменьшаться в результате интенсивной инсоляции. Усугубляет данный процесс неоднородность развития деформаций по толщине штукатурного слоя.

Наиболее неблагоприятным образом на величину отрывающих напряжений  $\sigma$  влияет давление замерзающей воды, скапливающейся между штукатуркой и каменной кладкой, в том числе вследствие конденсации. При толщине зазора 0,5 мм между ними оно может достигать 2 МПа.

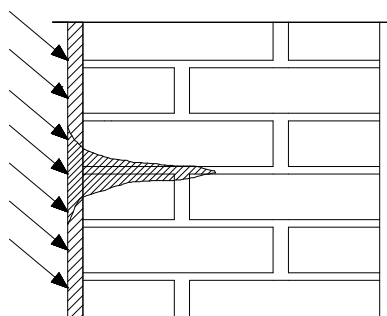
Как известно, при фазовом переходе из жидкого состояния в твердое вода увеличивается в объеме. При этом сначала замерзает ее верхний слой (рис. 10). В этих условиях нижние слои воды оказываются запертыми, так как у них не остается резерва для расширения. Таким образом, вода, защемленная льдом, оказывается под давлением. Следует отметить, что «защемленная» вода замерзает при более низких температурах. Дальнейшее понижение температуры приводит к замерзанию и увеличению в объеме «запертых» слоев

воды. Это сопровождается возникновением значительных внутренних напряжений и появлением трещин в отделочных слоях. Циклы последующих замораживаний-оттаиваний в конечном итоге способствуют увеличению раскрытия трещин. Лед оказывает расклинивающее воздействие на штукатурку и приводит к постепенному ее разрушению (см. рис. 10).



**Рис. 10.** Схема заполнения трещины водой и образования ледяной пробки

Скопление влаги между каменной кладкой и штукатуркой может являться следствием снижения паропроницаемости последней, что вызвано закупоркой ее пор солями, образующимися в процессе кристаллизации водорастворимых минералов, мигрирующих из засоленной и увлажненной кладки в сторону плоскости испарения (поверхности фасада) или из внешней среды в штукатурную отделку. Снижению паропроницаемости также способствует использование для окраски фасадов плотных лакокрасочных составов (Корниенко, 2006; Корниенко, 2007; Korniyenko, 2016; Перехоженцев, Груздо, 2014; Перехоженцев, Груздо, 2016; Ватин и др., 2011; Vatin et al., 2014; Корниенко и др., 2016). И, наконец, наличие влаги между каменной кладкой и штукатуркой может быть связано с ее проникновением через трещины в штукатурном покрытии или в самой каменной кладке (рис. 11), возникшие, например, в результате неравномерной осадки здания.



**Рис. 11.** Проникновение дождевой воды через штукатурку в местах расположения трещин и иных ее повреждений

Одним из факторов образования повреждений на восстановленных участках штукатурки может оказаться также несовместимость механических характеристик новой (восстановленной) и старой (существующей) штукатурок. Примером тому могут служить различия в их деформационных характеристиках при температурных и влажностных воздействиях (Орлович и др., 2022; Горшков, Райцева, Войлоков, 2022). Не всегда соблюдаются требования п. 9 ГОСТ Р 59437 по обеспечению адгезии между каменной кладкой и новой штукатуркой. В совокупности эти факторы могут оказывать негативное влияние на долговечность как отделочного слоя, так и его основания (Горшков, 2009), вызывая их ускоренный физический износ (Горшков, 2014).

Для уменьшения количества повреждений штукатурных покрытий на цокольных участках наружных стен рекомендуется следить за техническим состоянием и герметичностью водосточных труб, желобов и выпусков, а также обеспечивать уклон покрытия тротуара от здания к проезжей части улицы. Цокольные участки наружных стен, особенно на дорогах с узкими тротуарами, целесообразно выполнять из более морозостойких материалов, например отделять каменную кладку цоколей натуральным камнем (гранитом, известняком и др.), показавшим хорошую эксплуатационную стойкость в условиях климата Санкт-Петербурга.

Для устранения или значительного уменьшения количества повреждений на карнизных участках наружных стен зданий со скатной крышей в первую очередь необходимо выполнить комплекс мероприятий, направленных на нормализацию температурно-влажностного режима неотапливаемых чердачных помещений. Это позволит значительно уменьшить риск образования наледи на карнизных свесах и последующее их повреждение при механической уборке наледей с крыш. Также следует регулярно осматривать и ремонтировать участки кровельного покрытия, где расположены желоба водосточной системы.

Для уменьшения загрязнения фасадов исторических зданий в центральных районах города следует ограничить передвижение личного транспорта. Для этого необходимо более активно развивать экологически чистые виды общественного транспорта (например, на водородных топливных элементах или на газообразных видах топлива), а въезд личного транспорта в исторические районы, возможно, следует сделать платным.

Во избежание аварийных ситуаций оценка надежности сцепления штукатурки с каменной кладкой стен, как правило, осуществляется путем ее простукивания, в результате чего выявляются ослабленные участки штукатурного покрытия. К сожалению, метод не позволяет объективно оценить прочность сцепления штукатурки с каменной кладкой. Более достоверным является прямой метод, предусматривающий испытание штукатурки на отрыв. Следует отметить большую длительность испытаний и их чувствительность к внешним условиям проведения измерений. Поэтому наиболее предпочтительным представляется метод диагностики с применением радаров, который позволяет установить полную картину дефектных участков штукатурки и степени их сцепления с каменными стенами по всей их площади (Patitz, 2013).

Целью обследования штукатурного покрытия является выявление на нем участков, требующих ремонта. При этом использование для ремонта и рес-

таврации фасадной штукатурной отделки традиционных известковых растворов, адаптированных к современным условиям применения, обеспечивает наилучшую сохранность кирпичных ограждающих конструкций. Кроме этого известковые составы оказывают пассивирующее воздействие на металлические закладные детали и обуславливают большую безопасность фасадов. Модификация известковых растворов на основе технологии сухих строительных смесей позволяет преодолеть свойственные подобным штукатуркам технологические недостатки (медленное схватывание и твердение, недостаточная удобоукладываемость), сохранив при этом неоспоримые преимущества (высокие величины паропроницаемости, деформативности, совместимость с историческим керамическим кирпичом и кладочным раствором).

Как показывает практика, после окончания восстановительных работ штукатурка нередко требует повторного ремонта. Последнее обычно связано с нарушением регламента ремонтных работ или ввиду чрезмерного увлажнения. Наиболее распространенной причиной увлажнения штукатурного слоя являются ненадлежащим образом выполненные металлические окрытия карнизов и тяг: даже незначительное по размерам отверстие в металле или шве служит источником активного поступления влаги в отделочные слои. Ввиду этого для повышения надежности данного узла целесообразным видится нанесение гидроизоляционного материала обмазочного типа перед установкой металлического окрытия.

#### **Выводы**

В работе рассмотрены причины и показаны основные механизмы разрушения наружной штукатурки на фасадах исторических зданий, расположенных в центральных районах Санкт-Петербурга. Повреждения штукатурных покрытий выявляются более чем у 60 % осмотренных авторами зданий, при этом у 28 % зданий повреждения свидетельствуют о высоком риске для пешеходов.

Наибольшее количество повреждений выявляется на цокольных и карнизных участках наружных стен, а также вблизи балконов и иных выступающих элементов фасадов (эркеров, ризалитов и пр.). При прочих равных условиях более выраженные повреждения наблюдаются на следующих участках наружных стен:

- отделяющих неотапливаемые помещения от наружной среды;
- ориентированных на юго-запад, т. е. совпадающих с преобладающими направлениями розы ветров в Санкт-Петербурге;
- выходящих на улицы с интенсивным дорожным движением (загрязнение фасадов) и трамвайными путями (дополнительные вибрационные воздействия).

Приведены рекомендации, направленные на устранение или, по крайней мере, значительное сокращение случаев повреждения наружных штукатурных покрытий каменных зданий в историческом центре Санкт-Петербурга, которые в то же время применимы и для иных населенных пунктов Российской Федерации.

С целью количественного и более детального описания предложенных в работе критериев и механизмов образования повреждений на штукатурных

покрытиях исторических фасадов требуется проведение дополнительных исследований, направленных на сбор исходных данных для моделирования и уточнения параметров модели.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

*Ватин Н. И., Горшков А. С., Глузов А. В.* Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 1(19). С. 28—33. DOI: 10.18720/MSE.19.7

*Горшков А. С.* Градостроительные эксперименты Петербурга // *AlfaBuild*. 2018. № 4 (6). С. 23—48. DOI: 10.34910/ALF.6.4.

*Горшков А. С.* Модель физического износа строительных конструкций // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2014. № 12 (191). С. 34—37.

*Горшков А. С.* Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний // *Строительные материалы*. 2009. № 8. С. 12—17.

*Горшков А. С.* Принципы энергосбережения в зданиях // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2014. № 7 (186). С. 26—35.

*Горшков А. С.* Причины образования ледяных дамб на крышах зданий // *Кровельные и изоляционные материалы*. 2014. № 6. С. 34—37.

*Горшков А. С., Ватин Н. И., Урустимов А. И., Рымкевич П. П.* Расчетный метод обоснования технологических мероприятий по предотвращению образования ледяных дамб на крышах зданий со скатной кровлей // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 3 (29). С. 69—73. DOI: 10.5862/MSE.29.9.

*Горшков А. С., Рымкевич П. П.* Диаграммный метод описания процесса нестационарной теплопередачи // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. № 8 (60). С. 68—82. DOI: 10.5862/MSE.60.8.

*Горшков Р. А., Войлоков И. А.* Условия образования наледей на скатных крышах зданий с холодным чердаком // *Вестник МГСУ*. 2022. Т. 17. № 1. С. 60—71. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.60-71.

*Горшков Р. А., Райцева А. Р., Войлоков И. А.* Системный анализ причин повреждения лицевого керамического кирпича // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии*. 2022. № 2. С. 106—114. DOI: 10.46418/2619-0729\_2022\_2\_19.

*Грунау Э. Б.* Предупреждение дефектов в строительных конструкциях: Пер. с нем. М.: Стройиздат, 1980. 215 с.

*Корниенко С. В.* Потенциал влажности для определения влажностного состояния материалов наружных ограждений в неизотермических условиях // *Строительные материалы*. 2006. № 4. С. 88—89.

*Корниенко С. В.* Характеристики состояния влаги в материалах ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2007. № 4. С. 74—78.

*Корниенко С. В., Ватин Н. И., Горшков А. С.* Оценка влажностного режима стен с фасадными теплоизоляционными композиционными системами // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2016. № 6 (45). С. 34—54. DOI: 10.18720/CUBS.45.2.

*Орлович Р. Б., Горшков А. С.* Балконные конструкции в современном городе // *Социология города*. 2021. № 1. С. 51—62.

*Орлович Р. Б., Горшков А. С.* Санкт-Петербург. Аварийное состояние балконных конструкций // *Светопрозрачные конструкции*. 2020. № 3—4 (131—132). С. 37—42.

*Орлович Р. Б., Горшков А. С., Деркач В. Н., Зимин С. С., Гравит М. В.* Причины повреждений каменной кладки после реставрации // *Строительство и реконструкция*. 2022. № 1 (99). С. 48—58. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-99-1-48-58.

*Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю.* Исследование диффузии влаги в пористых строительных материалах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 35(54). С. 116—120.

*Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю.* Температурно-влажностное состояние поверхностных слоев наружных ограждающих конструкций зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2016. № 6 (982). С. 70—71.

*Пухаренко Ю. В., Харитонов А. М., Шангина Н. Н., Сафонова Т. Ю.* Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1 (26). С. 98—103.

*Росс Х., Шталь Ф.* Штукатурка: материалы, техника производства работ, предотвращение дефектов. Практическое руководство: Пер. с нем. СПб.: Квинтет, 2006. 273 с.

*Рымкевич П. П., Горшков А. С.* Теория переноса. СПб.: Изд-во СПб политехн. ун-та, 2015. 122 с.

*Столяров О. Н., Горшков А. С.* Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 4 (6). С. 21—25. DOI: 10.18720/МСЕ.6.3.

*Фокин К. Ф.* Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.

*Шангина Н. Н., Сафонова Т. Ю.* Влияние минеральных добавок на усадочные деформации камня из известкового раствора // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 142—149. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-2-142-149.

*Шангина Н. Н., Харитонов А. М.* Особенности производств и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры // Сухие строительные смеси. 2012. №3. С. 35—38.

*Gorshkov A. S., Vatin N. I., Rymkevich P. P.* Climate change and the thermal island effect in the million-plus city // Construction of Unique Buildings and Structures. 2020. № 4(89). С. 8902. DOI: 10.18720/CUBS.89.2.

*Korniyenko S.* Advanced hygrothermal performance of building component at reconstruction of S. Radonezhskiy temple in Volgograd // MATEC Web of Conferences. 2016. P. 01003. DOI: 10.1051/mateconf/20165301003.

*Patitz G.* Inventory recording with construction radar - a non-destructive procedure for practice // Mauerwerk. 2013. № 4. Pp. 196—201. DOI: 10.1002/DAMA.201300579.

*Vatin N., Gorshkov A., Nemova D., Gamayunova O., Tarasova D.* Humidity conditions of homogeneous wall from gas-concrete blocks with finishing plaster compounds // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 670—671. Pp. 349—354. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.349.

*Vatin N., Gorshkov A., Rymkevich P., Nemova D., Tarasova D.* Nonstationary thermal conduction through the building envelope // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 670—671. Pp. 365—369. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.365

**Roman B. Orlovich**✉

Doctor of Engineering Sciences, Scientific consultant of LLC “PI Georeconstruction”.  
4, Izmailovsky Ave., Saint Petersburg, 190005, Russia;  
e-mail: orlowicz@yandex.ru



**Alexander S. Gorshkov**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. 18, Bolshaya Morskaya st., Saint Petersburg, 191186, Russia;  
e-mail: [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru); ORCID: 0000-0003-3251-3356

**Nina N. Shangina**

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I Saint Petersburg State Transport University. 9, Moskovsky Ave., Saint Petersburg, 190031, Russia;  
e-mail: [nina.shangina@gmail.com](mailto:nina.shangina@gmail.com)

**Alexey M. Kharitonov**

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 4, 2nd Krasnoarmeyskaya st., Saint Petersburg, 190005, Russia;  
e-mail: [peepdv@mail.ru](mailto:peepdv@mail.ru); ORCID: 0000-0002-2738-5954

**CAUSES AND MECHANISMS OF DAMAGE  
TO FACADES PLASTER FACING  
OF THE HISTORICAL STONE BUILDINGS**

**Abstract.** The architectural appearance of Saint Petersburg is formed mainly by buildings whose facades are decorated with plaster solutions. This type of finishing requires increased attention, since incipient coating defects develop rapidly and can lead to serious damage to the enclosing structures and create a threat of collapse of the plaster layer. The paper considers the causes and shows the main mechanisms of destruction of facade plaster of historical buildings located in the central districts of St. Petersburg, provides recommendations aimed at eliminating cases of damage to plaster facade coverings of stone buildings, which are applicable to other settlements of the Russian Federation.

**Key words:** historical buildings, facade decoration, plaster solutions.

**For citation:** Orlovich R. B., Gorshkov A. S., Shangina N. N., Kharitonov A. M. (2023) Causes and mechanisms of damage to facades plaster facing of the historical stone buildings. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 2, pp. 59—77 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520\_2023\_2\_59

**REFERENCES**

- Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastei zdanii. Izd. 4-e* [Stroitel'naya teplotekhnika enclosing parts of buildings. Ed. 4th]. Moscow: Stroyizdat, 1973. 287 p. (in Russian).
- Gorshkov A. S. (2009) Assessment of Operating Life of Wall Structure on the Basis of Laboratory and Full-Scale Tests. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials], no. 8, pp. 12—17 (in Russian).
- Gorshkov A. S. (2014) Physical deterioration model of building structures. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies of the XXI century], no. 12, pp. 34—37 (in Russian).
- Gorshkov A. S. (2014) Principles of energy saving in buildings. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies of the XXI century], no. 7, pp. 26—35 (in Russian).
- Gorshkov A. S. (2014) Reasons for the formation of ice dams on the roofs of buildings. *Krovell'nye i izolyatsionnye materialy* [Roofing and insulating materials], no. 6, pp. 34—37 (in Russian).

- Gorshkov A. S. (2018) Urban planning experiments in St. Petersburg. *AlfaBuild*, no. 4, pp. 23—48 (in Russian). DOI: 10.34910/ALF.6.4.
- Gorshkov A. S., Orlovich R. B. (2021) Balcony structures in a modern city. *Sotsiologiya goroda* [Sociology of City], no. 1, pp. 51—62 (in Russian).
- Gorshkov A. S., Vatin N. I., Rymkevich P. P. (2020) Climate change and the thermal island effect in the million-plus city. *Construction of Unique Buildings and Structures*, no. 4, pp. 8902. DOI: 10.18720/CUBS.89.2.
- Gorshkov A., Rymkevich P. (2015) A diagram method of describing the process of non-stationary heat transfer. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], no. 8, pp. 68—82 (in Russian). DOI: 10.5862/MCE.60.8.
- Gorshkov A., Vatin N., Urustimov A., Rymkevich P. (2012) Computational justification for engineering measures preventing the ice dams formation on the pitched roofs. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], no. 3, pp. 69—73 (in Russian). DOI: 10.5862/MCE.29.9.
- Gorshkov R. A., Raitseva A. R., Voilokov I. A. (2022) System analysis of the causes of damage to facing ceramic bricks. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizaina. Seriya 4: Promyshlennye tekhnologii* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial technologies], no. 2, pp. 106—114 (in Russian). DOI: 10.46418/2619-0729\_2022\_2\_19.
- Gorshkov R. A., Voilokov I. A. (2022) Conditions for the formation of ice dams on pitched roofs of buildings with cold attics. *Vestnik MGSSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture], vol. 17, iss. 1, pp. 60—71 (in Russian). DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.60-71.
- Grunau E. B. (1973) Verhinderung von Bauschäden. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Köln.
- Kornienko S. V. (2006) Humidity potential for determining the moisture state of materials of external fences in non-isothermal conditions. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], no. 4, pp. 88—89 (in Russian).
- Kornienko S. V. (2007) Characteristics of the state of moisture in the building envelope materials. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], 2007, no. 4, pp. 74—78 (in Russian).
- Korniyenko S. (2016) Advanced hygrothermal performance of building component at reconstruction of S. Radonezhskiy temple in Volgograd. *MATEC Web of Conferences*. P. 01003. DOI: 10.1051/mateconf/20165301003.
- Korniyenko S. V., Vatin N. I., Gorshkov A. S. Assessment of moisture conditions of walls with façade's thermoinsulation composite systems with external mortar layers. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2016, no. 6 (45), pp. 34—54 (in Russian). DOI: 10.18720/CUBS.45.2.
- Orlovich R. B., Gorshkov A. S. (2020) Saint Petersburg. Emergency state of balcony structures. *Svetoprozrachnye konstruktsii* [Translucent structures], no. 3-4 (131-132), pp. 37—42 (in Russian).
- Orlovich R. B., Gorshkov A. S., Derkach V. N., Zimin S. S., Grawit M. V. (2022) Causes of damage to masonry after restoration. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and Reconstruction], iss. 1, pp. 48—58 (in Russian). DOI: 10.33979/2073-7416-2022-99-1-48-58.
- Patitz G. (2013) Inventory recording with construction radar — a non-destructive procedure for practice. *Mauerwerk*, no. 4, pp. 196—201. DOI: 10.1002/DAMA.201300579.
- Perekhozhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. (2014) The study of moisture diffusion in porous construction materials. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], no. 35, pp. 116—120 (in Russian).
- Perekhozhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. (2016) Temperature and humidity state of the surface layers of the outer building envelope. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki* [BST: Bulletin of construction equipment], no. 6, pp. 70—71 (in Russian).

Pukhareno Yu. V., Kharitonov A. M., Shangina N. N., Safonova T. A. (2011) Historical objects' restoration with the application of dry building mixtures. *Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], no. 1, pp. 98—103 (in Russian).

Ross H., Stahl F. (2006) Shtukaturka: materialy, tekhnika proizvodstva rabot, predotvrashchenie defektov. Prakticheskoe rukovodstvo [Plastering: materials, work technique, defect prevention. Practical guide]. Saint Petersburg. 273 p. (in Russian).

Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. (2015) *Teoriya perenosa* [Transfer theory]. Saint Petersburg. 122 p. (in Russian).

Shangina N. N., Kharitonov A. M. (2012) Features of the production and use of dry building mixtures for the restoration of architectural monuments. *Sukhie stroitel'nye smesi* [Dry building mixtures], no. 3, pp. 35—38 (in Russian).

Shangina N. N., Safonova T. Yu. (2021) Influence of mineral admixtures on shrinkage deformation of stone from lime solution. *Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], no. 2, pp. 142—149 (in Russian). DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-2-142-149.

Stolyarov O., Gorshkov A. (2009) Application of extra-strong textile materials in construction. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], no. 4, pp. 21—25. DOI: 10.18720/MCE.6.3.

Vatin N. I., Gorshkov A. S., Glumov A. V. (2011) Influence of the physicochemical and geometrical characteristics of plastering covering on moisture conditions of AAC-blocks homogeneous walls. *Magazine of Civil Engineering*, no. 1, pp. 28—33 (in Russian). DOI: 10.18720/MCE.19.7.

Vatin N., Gorshkov A., Nemova D., Gamayunova O., Tarasova D. (2014) Humidity conditions of homogeneous wall from gas-concrete blocks with finishing plaster compounds. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 670—671, pp. 349—354. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.349.

Vatin N., Gorshkov A., Rymkevich P., Nemova D., Tarasova D. (2014) Nonstationary thermal conduction through the building envelope. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 670—671, pp. 365—369. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.670-671.365.

Поступила в редакцию 11.06.2023

Received 11.06.2023

Принята в печать 27.06.2023

Accepted for publication 27.06.2023