

**ПРОБЛЕМЫ СОХРАННОСТИ И РЕСТАВРАЦИИ
КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ****канд. техн. наук Д. Ю. ЖЕЛДАКОВ***(Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,
Москва, Россия)***ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4629-5583>****В. Б. ДОРОХОВ***(Государственный научно-исследовательский институт реставрации,
Москва, Россия; Московская духовная академия
Русской Православной Церкви)***ORCID <https://orcid.org/0009-0000-2650-458X>**

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при реставрации кирпичных ограждающих конструкций методом оштукатуривания с последующей окраской. Метод применяется многими строительными организациями, несведущими в реставрационных технологиях, в связи с его низкой стоимостью. Однако применение данного метода приводит к потере подлинного вида ранее неоштукатуренных кирпичных стен, изменяет облик всего исторического ансамбля. Кроме того, на основании исследований химической деструкции материала кирпича показано, что данный метод реставрации при отсутствии технологического обоснования может приводить к ускоренному разрушению исторической кладки. Делается вывод о невозможности применения данного метода при реставрации фасадов с ранее неоштукатуренным кирпичом. При реставрации исторически оштукатуренных фасадов необходим подбор штукатурных составов.

Ключевые слова: *кирпичная кладка, реставрация, деструкция, архитектурный стиль.*

**PROBLEMS OF PRESERVATION AND RESTORATION
OF BRICKWORK OF BUILDINGS AND STRUCTURES****D. ZHELDAKOV***(Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture
and Construction Sciences, Moscow, Russia)***V. DOROKHOV***(State Research Institute of Restoration, Moscow, Russia;
Moscow Theological Academy)*

The article discusses the problems that arise during the restoration of brick enclosing structures by plastering and subsequent painting. The method is used by many construction organizations due to its low cost. However, the use of this method leads to the loss of the architectural style of brick walls, changes the appearance of the entire historical ensemble. In addition, based on studies of the chemical destruction of brick

material, it has been shown that this method of restoration leads to accelerated destruction of historical masonry. It is concluded that it is impossible to use this method in the restoration of brick walls.

Keywords: *brickwork, restoration, destruction, architectural style.*

Одним из методов реставрации памятников архитектуры с открытой кирпичной кладкой является обмазка кирпичной стены с последующей окраской. При этом можно достичь сохранение рисунка кладки. Метод нашел широкое применение благодаря своей дешевизне: во-первых, из-за низкой стоимости материалов, во-вторых простоты выполнения работ, а соответственно низких расценок и в-третьих, минимального времени выполнения работ. В связи с тем, что все подрядные работы разыгрываются на конкурсе, подрядчик, применяя метод обмазки, получает преимущества как по цене, так и по времени выполнения работ. Оштукатуривание фасадов, бытовавших изначально с открытой кладкой, недопустимо из-за нарушения облика здания. При реставрации здания с сохранением оштукатуренной кладки весьма важен подбор состава штукатурки, иначе происходит серьезное уменьшение долговечности материала кирпича. На это указывают проведенные нами исследования химического взаимодействия между материалами штукатурки и кирпича.

1 Изменение архитектурного облика фасада

История кирпича насчитывает тысячелетия. Однако только в середине XVIII века, а точнее в 1737–1740 годах великими русскими архитекторами П. М. Еропкиным, М. Г. Земцовым и И. К. Коробовым, работавшими в Комиссии о Санкт-Петербургском строении, был составлен трактат-кодекс «О видах кирпича», где определялся, в числе прочего, вид кирпича после обжига в печи [1; 2]. Кирпич предлагалось разделять на шесть видов, пять из которых (сырец исключался) – по степени обжига: железный, полужелезный, красный, алый и белый. Регламентировалось также, что выход красного кирпича, который «паче прочих в работах удобен», должен быть не менее 30%. Железный и полужелезный кирпичи являлись сортами, получившимися в результате пережога. Полужелезный кирпич можно сравнить с современным клинкерным кирпичом. Белый и алый сорта получались в результате недожога. При этом белый кирпич являлся браком, а алый рекомендовался для использования при возведении внутренних стен и простенков. Выход данного трактата-кодекса был обусловлен резким снижением качества производимого на заводах кирпича. Отмечалось, что некоторые кирпичи рассыпались еще при их транспортировке на стройку, другие не выдерживали даже малейшей нагрузки [2].

На какое-то время выход трактата-кодекса улучшил положение с качеством кирпича, однако уже к концу XVIII века многие заводы разорились, а оставшиеся были «в самом упадшем и безобразном положении» [3]. А. И. Ананьев в [4] отмечает, что в этот период долговечность построек при плохом качестве кирпича обеспечивалась архитекторами за счет увеличения толщины стен. Так, например, толщина наружных стен Зимнего дворца (1754–1764 гг.) не менее семи кирпичей (1,86 м), тогда как двухэтажный дворец Петра I (1710–1714 гг.) и Меншиковский дворец на Васильевском острове (1710–1716 гг.) имеют толщину наружных стен верхнего этажа полтора кирпича, нижнего – два кирпича, а внутренних стен – один кирпич [5].

Полномасштабная реформа в кирпичном производстве Российской империи, по мнению исследователей [2; 6], произошла во второй половине 1840-х годов, когда

созданной по приказу Николая I комиссией были разработаны «Правила для единообразной и прочной выделки кирпича, долженствующего употребляться как в С.-Петербурге, так и в других местах России, на казенных и частных заводах», утвержденные императором 24 января 1847 г. и вошедшие в указ «О мерах для прочной и правильной выделки кирпича» [7], а также в приложение к «Уставу о промышленности фабричной и заводской» издания 1857 г. [8]. Правилами предписывалось: «Выделанный в заводах в окрестностях С.-Петербурга кирпич должен иметь вообще цвет красный и бывать по степени его обжига четырех разборов, а именно: железняк, полужелезняк, красный и алый. Но как в разных местах России, в зависимости от свойств глины, кирпич может быть различных цветов: желтый, белый, бурый, серый и прочий, то признается удобным различные сорта кирпича каждого завода обозначать номерами, присвоив красному С.-Петербургских Заводов, как соединяющему в себе наиболее лучших для всех потребностей качеств, № 1, полужелезняку № 2, железняку № 3 и алому № 4. Примечание. Первые три из сих четырех родов кирпича добротны для возведения всяких проектов, четвертый же род, как недожженный (называемый в С.-Петербурге алым) вообще не прочен для возведения строений».

Важность документов [7; 8] в том, что они не только устанавливали требования к характеристикам кирпича, но и контролировали весь процесс его изготовления. Контроль осуществляли чиновники губернских строительных комиссий [9].

Красный кирпич № 1, производившийся в XVIII – XIX веках как в России, так и в Европе, стоил значительно дороже других видов кирпича. Возвести здания из такого кирпича могли только государственные и церковные организации и очень богатые горожане. Люди с меньшим достатком строили дома из более дешевого и менее долговечного сорта кирпича. Наверное, это является одним из объяснений, почему до наших дней дошли постройки только из дорогого сорта кирпича: дворцы, церкви, костелы, дома зажиточных граждан.

Хорошо прослеживается и тот факт, что чем богаче был заказчик строительства, тем больше красных кирпичей (в процентном отношении) было в кладке кирпичной стены здания. Тем не менее полностью выложить стену здания кирпичами одного оттенка невозможно. Поэтому ограждающие стены зданий всегда имели включения из более светлых и более темных, иногда даже черных (железняк) кирпичей. Похожая ситуация сохраняется и при современных реставрационных работах, так как подбор кирпича для вычинок в старой кладке весьма непросто. Примеры зданий показаны на рисунках 1 и 2.

Как видно из представленных рисунков, каким бы не был основной оттенок ограждающей стены, кладка имеет некоторую пестроту. Кроме художественного своеобразия цвет кирпича определяет его прочность. Таблица 1 составлена на основании исследований автора и определяет соответствие между цветом кирпича и его прочностью.

В свою очередь можно установить корреляцию между цветом кирпича и его долговечностью. На рисунке 2 б) можно легко увидеть разницу в степени деформации кирпичей, которая изменяется от минимальной для черных кирпичей и максимальной – для алых. Однако такая корреляция наблюдается только для одного объекта, кирпичи которого произведены в одной печи по одной технологии сушки и обжига из одной глины.



а)

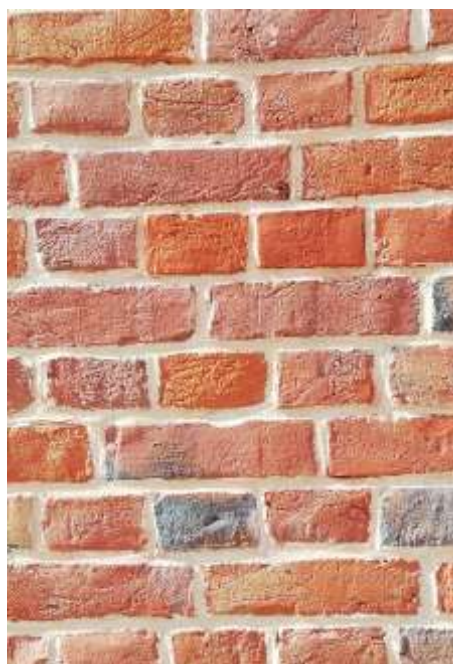


б)

Рисунок 1. – Кирпичная стена Китай-города, г. Москва



а)



б)

Рисунок 2. – Здание за ратушей, г. Минск

Таблица 1. – Соответствие между цветом кирпича и его прочностью

Марка	Номер разбора (по Правилам 1847 г)	Внешний вид	Прочность на сжатие, кгс/см ²
Красный	№ 1		250 – 350
Оранжевый (добавлен автором)			170 – 250
Полужелезняк	№ 2		350 – 400
Железняк	№ 3		400 – 500 (625)
Алый	№ 4		100 – 110 (87)

Пример недопустимого подхода к реставрации кирпичной стены приведен на рисунке 3. Снимок сделан в Волоколамском кремле. Видно, что реставрационные работы проводились в четыре этапа, однако ни в одном не были учтены требования к оттенку кирпичей, применяемых для реставрационных работ. Кроме того, на одном из этапов был применен раствор, который при схватывании выделил значительное количество гидроксида кальция, что привело к отложению солей на кладке здания.

Сложность подбора кирпича для реставрации и сложность самих работ приводят к применению реставрационными организациями обмазки кирпичных стен. На рисунке 4 хорошо видны две технологии реставрации кирпичных стен Зарайского кремля. Фотофиксация выполнена в мае 2024 года. Видно насколько сильно технология обмазки и последующей окраски фасада меняет его внешний вид. Такие ситуации должны являться предметом работы органов охраны памятников.

Как было упомянуто выше, кроме изменения внешнего вида, оштукатуривание кирпичного фасада зачастую приводит к резкому уменьшению долговечности кирпича и быстрой его деградации.



Рисунок 3. – Фрагмент реставрации Волоколамского кремля



Рисунок 4. – Фрагмент реставрации Зарайского кремля

2 Химическое разрушение кирпичной кладки

Автором были проведены исследования, результатом которых стала разработка метода определения химической стойкости материала кирпича основываясь на физико-химических законах процессов химической коррозии при работе материала стеновой керамики в несущих конструкциях зданий и сооружений. Химическая деструкция кирпича и кирпичной кладки описывается многостадийным процессом [10; 11]. На первой стадии процесса в материале кирпича происходит образование щелочей из оксидов щелочных и щелочноземельных металлов. Щелочь может также поступать в кирпич из цементно-песчаного раствора. В основном это гидроксид кальция, образующийся в цементно-песчаном растворе при протекании процесса выщелачивания [12; 13]. На второй стадии процесса происходит взаимодействие образовавшихся в материале кирпича или/и поступивших в него из цементно-песчаного раствора, щелочей с оксидами кремния и алюминия аморфной фазы материала кирпича. При этом происходит полное разрушение материала кирпича до размеров частиц порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ м, так как аморфная составляющая является связующей фазой материала. Важную роль в процессе деструкции играет также нехимическая стадия – стадия увлажнения материала.

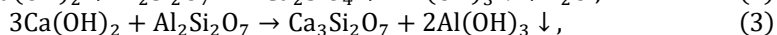
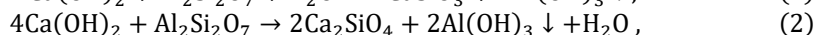
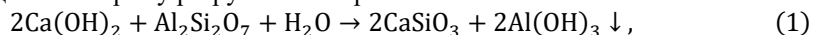
Для исследования кинетики процесса были разработаны две методики. Первая – методика исследования скорости реакций образования щелочей в материале кирпича (определение коррозионной активности влаги). Данная методика позволяет получить численные значения скорости образования щелочей при взаимодействии оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, присутствующих в материале кирпича, при его увлажнении. Вторая методика позволяет определить скорость деструкции материала кирпича под действием щелочей. Вводится новый показатель работы строительной керамики: коэффициент химической деструкции [Chemical destruction coefficient] C_d – доля пробы, определенная в процентах или в долях, которая разрушается в процессе химического воздействия за время, определенное в часах. Вводимый в результате исследований показатель имеет размерность $[\%/час, ч^{-1}]$, что делает возможным его использование в расчете долговечности материала.

Следует помнить, что, кроме защиты от осадков, цементная или цементно-известковая штукатурка имеет пониженную паропроницаемость, что приводит к накоплению влаги между кирпичом и штукатуркой. Повышенная влажность с одной стороны способствует активному протеканию процесса химической деструкции материала кирпича, с другой – выделению гидроксида кальция из материала штукатурки в результате реакций выщелачивания [14]. При этом выделившийся гидроксид кальция вступает в реакцию со стекловидной фазой материала кирпича и также ускоряет протекание химических реакций деструкции материала кирпича.

Важно отметить, что в материале кирпича памятников архитектурного наследия, в отличие от современного кирпича, может содержаться значительное количество метакАОлина. МетакАОлин (или метакАОлинит) ($Al_2Si_2O_7$) может присутствовать в материале стеновой керамики если в процессе обжига температура не превышала 920–940 °С. Со щелочами метакАОлин ведет себя как химическое соединение, а с кислотами – как смесь двух оксидов: Al_2O_3 и SiO_2 . При взаимодействии со щелочными растворами оксид кремния практически полностью переходит в раствор. С кислотами метакАОлин почти не реагирует. В кислотный раствор переходит только оксид алюминия. Реакционная активность метакАОлина по отношению к кислотам зависит от степени дефектности, разрушенности и неупорядоченности кристалличе-

ской решетки метакеолинита. Об этом свидетельствует зависимость степени перехода кремния в сернокислотный раствор от величины измельченности материала [15].

Так как раньше обжиг проводился отдельными артелями на своем оборудовании и индивидуальными технологическими методами, температуры обжига для отдельных партий кирпича могли быть ниже температур образования метакеолина и неравномерными по объему печи. Метакеолин, в свою очередь, активно вступает в реакцию с гидроксидом кальция, поступающего в материал кирпича из штукатурного раствора при протекании реакций выщелачивания, например, по реакциям (1) – (3), что приводит к быстрому разрушению кирпича:



Термодинамически возможны и другие реакции с гидроксидом кальция и другими щелочами. Результаты активного протекания процессов химической деструкции на примере Тульского кремля показаны на рисунке 5.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5. – Состояние стен Тульского кремля после реставрации методом обмазки стен и покраски

Фотофиксация была выполнена в 2023 году, реставрационные работы были закончены в 2022 г. На рисунке 5 з) хорошо виден плотный слой краски по обмазке.

Результаты анализа ограждающих конструкций, выполненных из кирпичной кладки и отреставрированных методом оштукатуривания или обмазки поверхности с последующей окраской показал, что данный метод реставрации может приводить и приводит к потере аутентичности памятника архитектуры за счет резкого изменения цветового решения ограждающих конструкций. Кроме того, применение технологии оштукатуривания при многих ситуациях резко снижает долговечность памятника архитектуры, приводит к быстрому разрушению стен, выполненных из исторического кирпича.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архитектурный архив, 1946. – С. 52.
2. Смирнов, В. Н. Кирпичные клейма Санкт-Петербургской губернии середины XIX – начала XX в. Каталог и исследование / В. Н. Смирнов, Д. Д. Ёлшин // Бюлл. Ин-та истории материальной культуры РАН. – № 7. Материальная культура Санкт-Петербурга. – Вып. 1. – СПб.: Изд-во ООО «Периферия», 2017. – 214 с.
3. Российский государственный исторический архив. – Ф. 797. Оп. 5. Д. 19400.
4. Ананьев, А. И. Долговечность и теплозащитные свойства наружных кирпичных стен старинных зданий / А. И. Ананьев // АВОК. – 2018. – № 2. – С. 52–55.
5. Караулов, Е. В. Каменные конструкции их развитие и сохранение / Е. В. Караулов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966.
6. Юсупов, Э. С. Словарь терминов архитектуры / Э. С. Юсупов. – 1994.
7. Полное собрание законов Российской империи. – 2-е изд. – СПб.: 1830–1884. – Т. 22. – № 20848. – С. 86–92.
8. Свод законов Российской империи. – СПб., 1857. – Т. XI, ч. II, тетр. 3. – С. 74–79.
9. «О принятии мер к правильной выделке кирпича» Российский государственный исторический архив. – Ф. 1287. Оп. 6. Д. 656–659. 1846–1865 гг. Ч. II. Л. 145–165, 245.
10. Durability Control of Brickwork's Material Including Operation Parameters of the Building Enclosure / D. Zheldakov, R. Mustafin, V. Kozlov1, A. Gaysin, D. Sinitsin, B. Bulatov // Mathematical Modelling of Engineering Problems. – 2021. – Vol. 8, No.6. – P. 871–880.
11. Желдаков, Д. Ю. Определение долговечности строительной керамики / Д. Ю. Желдаков, В. Т. Ерофеев // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, вып. 3. – С. 394–402. DOI: <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2024.3.394-402>.
12. Litvan, G. The mechanism of frost action in concrete – Theory and practical implications / G. Litvan // Proceedings of Workshop on Low Temperature Effects on Concrete. – 1988. – P. 116–127.
13. Fagerlund, G. The critical degree of saturation method of assessing the freeze/thaw resistance of concrete / G. Fagerlund // Mat. and Str. – 1977. – Vol. 58(10) – P. 217–30.
14. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин и др. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
15. Иванова, О. А. Минералогический анализ как основа керамического кирпича / О. А. Иванова, В. А. Клевакин // Строительные материалы. – 2010. – № 12. – С. 13–15.