

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА / CONSTRUCTION ENGINEERING

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.1.32.004>

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ
В КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Научная статья

Баженов Д.В.¹ *, Полянских И.С.²

^{1, 2} Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (mainawir[at]mail.ru)

Аннотация

Сохранение долговечности каменных зданий напрямую зависит от состояния несущих кирпичных стен, однако возникающие дефекты вследствие нарушения гидроизоляции приводят к сокращению данного параметра. В настоящее время существуют эффективные способы восстановления гидроизоляции, применяемые при реконструкции и реставрации зданий. В статье проанализированы основные методы борьбы с капиллярным подсосом влаги в ограждающие конструкции. Изложены преимущества и недостатки традиционных и современных методов восстановления гидроизоляции. Проведено сравнение инъекционного и механического способов, а также метода, основанного на электрокинетическом явлении, представлены обоснованные параметры для сравнения методов восстановления гидроизоляции.

Ключевые слова: восстановление гидроизоляции, каменные здания, инъектирование, электрофорез.

**A COMPARATIVE ANALYSIS OF RESTORATION METHODS OF HORIZONTAL WATERPROOFING
IN STONE STRUCTURES**

Research article

Bazhenov D.V.¹ *, Polyanskikh I.S.²

^{1, 2} Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

* Corresponding author (mainawir[at]mail.ru)

Abstract

Preservation of the durability of stone buildings directly depends on the condition of the load-bearing brick walls, however, waterproofing defects lead to a reduction in this parameter. Currently, there are effective ways to restore waterproofing used in reconstruction and restoration of buildings. The article analyses the main methods of tackling capillary inflow of moisture into enclosing structures. The advantages and disadvantages of traditional and modern methods of waterproofing restoration are described. A comparison of injection and mechanical methods, as well as a method based on an electrokinetic phenomenon, is made, justified parameters for comparing methods of waterproofing restoration are presented.

Keywords: restoration of waterproofing, stone buildings, injection, electrophoresis.

Введение

Долговечность является одной из основных характеристик надежности каменных конструкций. Каменные (кирпичные) здания имеют продолжительный срок эксплуатации в среднем более 50 лет, в некоторых случаях этот срок составляет 100-150 лет [1] и зависит от характеристик основных несущих конструкций.

Долговечность кирпичных зданий со стеновой конструктивной схемой в целом определяется сроком службы несущих кирпичных стен, который может значительно сократиться при возникновении дефектов кладки [2], возникающих вследствие низкого качества технической эксплуатации объекта в сочетании с воздействием окружающей среды.

По статистическим оценкам, от 15 до 75% конструкций зданий и сооружений различного назначения подвергаются воздействию агрессивных сред [2].

Наиболее трудно устранимым дефектом несущих кирпичных стен, который ведет к сокращению долговечности и появлению значительных дефектов, является их увлажнение в связи с отсутствием или частичным нарушением гидроизоляции. Согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», гидроизоляция каменной кладки должна быть предусмотрена и выполнена со стороны фундаментов, примыкающих тротуаров и отмосток, а также ниже уровня пола подвала [3].

Влажность – основной разрушающий фактор, способный за несколько десятков циклов замораживания и оттаивания конструкций превратить их в пыль [4].

Кладка кирпичных стеновых конструкций зачастую выполняется из керамического кирпича, пористость которого достаточно высока, обеспечивает меньшую массу и оптимальную теплопроводность. Поры в кирпиче могут иметь разный размер, от долей микрона до нескольких мм. Наиболее часто встречаются поры с размером 1 мкм. Объем пор в качественном кирпиче составляет 6-14%. Наличие пор обуславливает впитывание влаги (капиллярный подсос) при контакте материала с водой. Скорость и высота подъема влаги зависит от размеров сечения пор – чем меньше сечение, тем выше и быстрее поднимается влага.

Согласно исследованиям М.К. Гальпериной [5] поры с диаметром 0,1-0,3 – 10-20 мкм наиболее опасны, так как при капиллярном всасывании они полностью заполняются водой, которая при замерзании приводит к разрушению материала.

В настоящее время в жилищном фонде часто встречается проблема нарушения гидроизоляции стен в уровне цокольного этажа. Зачастую в результате несоблюдения норм проектирования зданий и сооружений, отсутствует гидроизоляционный слой, выполняемый по обрезу фундаментов и в уровне нескольких кирпичей над обрезаем фундамента. Присутствие подобных нарушений в кирпичной кладке недопустимо по причине пористой структуры материала.

Во множестве зданий и сооружений со стеновой конструктивной системой (объекты промышленного, общественного и жилого функциональных назначений) широко распространен данный вид дефекта, вследствие чего встает вопрос о восстановлении гидроизоляционных свойств конструкций. Однако в связи с разнообразием представленных на рынке методов по восстановлению гидроизоляции необходимо провести их сравнение по актуальным критериям.

Основные результаты

В настоящий момент наиболее востребованным способом восстановления гидроизоляции можно считать метод инъектирования, заключающийся во введении инъекционного состава в предварительно просверленные в изолируемой конструкции отверстия [6]. Подача гидроизолирующих материалов осуществляется под давлением или с помощью гравитационного потока, т. е. без давления.

При всем многообразии применяемых химических составов принцип их действия заключается в максимальном уменьшении радиуса капилляров, вплоть до полного уплотнения.

Распространенность метода обусловлена рядом преимуществ по сравнению с аналогами. Данный метод позволяет исключить из технологической цепочки производство земляных работ. При необходимости инъектирование позволяет объединить в одном технологическом приеме такие процессы, как восстановление гидроизоляции, усиление стен, фундаментов и грунтов.

Большинство гидроизоляционных материалов, применяемых в данной технологии, имеют долговечность сравнимую со сроком службы конструкции. При соблюдении технологии проведения работ срок службы может достигать 100 лет.

Однако метод имеет и свои недостатки. Например, происходит механическое повреждение ограждающих стен, иногда со значительным процентом физического износа, пробуриваемыми отверстиями, что может отрицательно отразиться на прочностных характеристиках. Также при работе с памятниками архитектуры сама кладка имеет историческую ценность и любые технологические отверстия могут привести к невозможным утратам [7].

Высокая стоимость расходных материалов, затраты на специальное оборудование (насосы) и необходимость в квалифицированном персонале обуславливают высокую стоимость проведения гидроизоляционных работ. Так средняя цена на рынке за устройство 1 п.м. отсечной гидроизоляции варьируется от 8500 до 15000 рублей (в зависимости от толщины стены и выбранного гидроизолирующего материала).

В ряде случаев инъекционные составы со временем подвергаются усадке, что приводит ко вторичному образованию капилляров. В большинстве случаев требуется предварительное локальное осушение стены в зоне инъектирования, что вызвано неоднородностью распределения влаги по толщине и высоте.

Наиболее распространенным и эффективным методом восстановления горизонтальной гидроизоляции, до изобретения инъектирования, являлся механический метод.

Общий принцип метода заключается в установке мембранной изоляции в нарезанные щели подземной части здания. Роль мембраны могут играть как рулонные гидроизоляционные материалы, так и листы защищенного от коррозии металла.

Отсутствует необходимость в высококвалифицированных кадрах, благодаря простоте технологии исполнения данного метода.

Для стен из глиняного кирпича, известняка или песчаника пропил осуществляется цепными пилами, применение которых позволяет осуществить сквозную подсечку участка стены при отсутствии доступа к наружной части стены (не требует осуществления земляных работ).

Недостаток такого метода - необходимость пропила. Локальная подсечка несущей конструкции перераспределяет нагрузку на соседние неподрезанные участки и создает местные напряжения. После восстановления гидроизоляции данный недостаток устраняется за счет заполнения щели расширяющимся раствором. Однако остается вероятность, что «подрезанное» здание будет хуже сопротивляться нагрузке на сдвиг в горизонтальной плоскости [8].

Помимо вышеуказанного недостатка, сам процесс является трудоемким, так как требует затрат времени и средств на оборудование.

Однако механический метод позволяет создать гидроизоляционный слой, срок службы которого ограничивается только видом и качеством материала. Таким образом, срок службы гидроизоляции может составлять до 140 лет в зависимости от выбранного материала.

Стоимость выполнения работ по восстановлению отсечной гидроизоляции механическим методом за 1 п.м. составляет от 4500 до 9000 рублей (в зависимости от толщины стены, выбранного гидроизоляционного материала и особенностей объекта).

Несмотря на ряд недостатков данного метода, постоянное совершенствование режущих инструментов делает способ все более доступным, не позволяя полностью отказываться от него.

В связи с тем, что предыдущие методы не способны охватить весь комплекс задач борьбы с влажностью конструкций в подземной части зданий, включающей не только восстановление гидроизоляции, но и работы по осушению стен, конкуренцию им может составить метод электрофореза.

Метод электрофореза основан на процессе, называемом электроосмос, который характеризуется тем, что под действием электрического поля влага в материале с пористой структурой мигрирует из зоны с положительным зарядом в зону с отрицательным электрическим зарядом. То есть, для осушения стены, необходимо обеспечить положительный заряд стены и отрицательный заряд фундамента [9].

Стоит учитывать, что технология электрофореза способна справиться только с капиллярной влагой и не решит проблем с гидростатическим давлением воды.

За счет применения электрофореза можно избавиться не только от электроосмотической составляющей увлажнения, но и осушить конструкцию, «отжав» влагу обратно в грунт. Одновременно с этим возникает дополнительный эффект, так как в процессе высвобождается атомарный кислород, который препятствует образованию плесневых процессов.

В ходе осуществления данного метода в стене посредством сверления отверстий устанавливаются стержни-электроды, соединенные в группу изолированным медным проводом. В фундамент устанавливаются стержни-электроды, соединенные в одну параллельную группу медным проводом. Следующим этапом, в зависимости от варианта выполнения метода (активный, пассивный), соединенные группы электродов подключают к источнику питания или замыкают между собой. В стене и фундаменте создается необходимая полярность электрических зарядов: «плюс» на стене, «минус» на фундаменте.

При производстве работ отсутствуют трудоемкие и разрушающие общестроительные процессы, что позволяет использовать данный метод на объектах культурного наследия.

Для выполнения работ по устройству осушения стен требуется квалифицированный персонал для обеспечения необходимого качества процесса, в связи со сложностью технологического исполнения. Исходя из этого формируется стоимость производства работ, которая составляет 12500-17500 рублей на 1 п.м. (в зависимости от толщины стены и особенностей объекта).

Срок эксплуатации такой системы осушения может длиться на протяжении всего срока службы здания при своевременном обслуживании системы, однако данная система не может быть применена при уровне грунтовых вод выше уровня пола подвала или фундамента, тогда должны применяться дополнительные меры по их понижению.

Исходя из всего вышеизложенного, можно составить таблицу основных характеристик, по которым следует сравнивать данные методы восстановления отсечной гидроизоляции (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Основные характеристики методов восстановления гидроизоляции

Характеристики	Инъекцирование	Механический метод	Электрофорез
Срок службы	до 100 лет	до 140 лет	на весь срок эксплуатации здания
Квалификация кадров	необходима специализированная бригада для производства работ	работы могут производиться комплексной бригадой рабочих	необходима специализированная бригада для производства работ
Возникновение неблагоприятных процессов при устройстве гидроизоляции	механические повреждения в ограждающих конструкциях при производстве работ	снижение сопротивления нагрузки на сдвиг здания и возникновение местных напряжений при производстве работ	отсутствуют разрушительные процессы
Возможность проведения работ на объектах культурного наследия	необходимо предварительное обследование перед применением данного метода	не применяется	применяется
Применение специализированного оборудования	нагнетающие насосы для введения гидроизоляционного состава	пилы различного типа работы для подсечки здания	отсутствует необходимость в применении специализированного оборудования
Стоимость устройства 1 п.м. гидроизоляции, руб.	8500-15000	4500-9000	12500-17500

Заключение

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод о том, что электрофорез является оптимальным методом восстановления гидроизоляции стен, который не требует дополнительных работ. Традиционные методы гидроизоляции трудо- и экономически затратны и не всегда могут быть применены на объектах культурного наследия, вследствие

свойств исторических материалов и возможностью нарушения исторического вида объекта [10]. При выборе метода восстановления гидроизоляции необходимо тщательно оценить возможность и рациональность его применения на объекте.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. Сикумбаев М. Н. Обеспечение технологической надежности каменной кладки / М. Н. Сикумбаев, А. Г. Гольцев // Молодой ученый. — 2020. — 21 (311). — С. 580-582
2. Агафонкина Н. В. Эффективная гидроизоляция – залог долговечности зданий и сооружений / Н. В. Агафонкина, А. В. Вечкасов, В. А. Валякин // Молодой ученый. — 2015. — № 23 (103). — С. 81-84
3. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. — Введ. 2013-07-01. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510> (дата обращения: 21.12.2022)
4. Гагарин В. Г. Определение расчетной влажности строительных материалов / В. Г. Гагарин, П. П. Пастушков // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — С. 28-33
5. Гальперина М. К. Взаимосвязь пористой пористо-капиллярной структуры и морозостойкости фасадных керамических плиток / М. К. Гальперина, В. М. Егеров // Тр. НИИСтройкерамики. — 1985. — Вып. 55. — С. 5-15
6. Пронозин Я. А. Исследование эффективности отсечной инъекционной гидроизоляции кирпичной кладки / Я. А. Пронозин, Е. А. Турнаева, М. А. Самохвалов // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — № 2. — С. 46-50
7. Серов А. Д. Традиционные и современные методы восстановления гидроизоляции подземной части зданий при реконструкции / А. Д. Серов, И. В. Аксенова // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 5. — С. 62-67
8. Сокова С. Д. Применение инновационных технологий при ремонте зданий / С. Д. Сокова // МГСУ. — 2011. — С. 364
9. Комарова Ю. А. Осушение стен с помощью электроосмоса / Ю. А. Комарова, Ю. И. Рахимова // Наука молодых – будущее России. — 2018. — С. 179-182
10. Серов А. Д. Применение явления электроосмоса для предохранения от увлажнения конструкций исторических зданий при реконструкции и реставрации / А. Д. Серов, И. В. Аксенова // Промышленное и гражданское строительство. — 2014. — № 6. — С. 54-57

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sikumbaev M. N. Obespechenie tekhnologicheskoy nadezhnosti kamennoy kladki [Ensuring Technological Reliability of Masonry] / M. N. Sikumbaev, A. G. Goltsev // Molodoy uchenyj [Young scientist]. — 2020. — 21 (311). — P. 580-582 [in Russian]
2. Agafonkina N. V. Effektivnaya gidroizolyaciya – zalog dolgovechnosti zdaniy i sooruzhenij [Effective Waterproofing is the Key to Durability of Buildings and Structures] / N. V. Agafonkina, A. V. Vechkasov, V. A. Valyakin // Molodoy uchenyj [Young Scientist]. — 2015. — № 23 (103). — P. 81-84 [in Russian]
3. SP 70.13330.2012. Nesushchie i ograzhdayushchie konstrukcii [Load-bearing and enclosing structures]. Updated version of SNiP 3.03.01-87. — Introduction. 2013-07-01. — URL: <https://clck.ru/33Nim5> (accessed: 12/21/2022) [in Russian]
4. Gagarin V. G. Opredelenie raschetnoj vlazhnosti stroitel'nyh materialov [Determination of the Calculated Humidity of Building Materials] / V. G. Gagarin, P. P. Pastushkov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Construction]. — 2015. — P. 28-33 [in Russian]
5. Galperina M. K. Vzaimosvyaz' poristoj poristo-kapillyarnoj struktury i morozostojkosti fasadnyh keramicheskikh plitok [Interrelation of Porous Capillary Structure and Frost Resistance of Facade Ceramic Tiles] / M. K. Galperina, V. M. Egerev // Proceedings of NIISTroikeramika. — 1985. — Issue 55. — P. 5-15 [in Russian]
6. Pronozin Ya. A. Issledovanie effektivnosti otsechnoj in"ekcionnoj gidroizolyacii kirpichnoj kladki [A Study of the Effectiveness of Cut-off Injection Waterproofing of Brickwork] / Ya. A. Pronozin, E. A. Turnaeva, M. A. Samokhvalov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Construction]. — 2015. — No. 2. — P. 46-50 [in Russian]
7. Serov A. D. Tradicionnye i sovremennye metody vosstanovleniya gidroizolyacii podzemnoj chasti zdaniy pri rekonstrukcii [Traditional and Modern Methods of Restoration of Waterproofing of the Underground part of Buildings During Reconstruction] / A. D. Serov, I. V. Aksenova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Construction]. — 2016. — No. 5. — P. 62-67 [in Russian]
8. Sokova S. D. Primenenie innovacionnyh tekhnologij pri remonte zdaniy [Application of Innovative Technologies in the Repair of Buildings] / S. D. Sokova // MSSU. — 2011. — P. 364 [in Russian]
9. Komarova Yu. A. Osushenie sten s pomoshch'yu elektroosmosa [Dehumidification of Walls Using Electroosmosis] / Yu. A. Komarova, Yu. I. Rakhimova // Nauka molodyh – budushchee Rossii [Science of the Youth – the Future of Russia]. — 2018. — P. 179-182 [in Russian]
10. Serov A. D. Primenenie yavleniya elektroosmosa dlya predohraneniya ot uvlazhneniya konstrukcij istoricheskikh zdaniy pri rekonstrukcii [Application of the Phenomenon of Electroosmosis for Protection from Moisture of Structures of Historical Buildings During Reconstruction and Restoration] / A. D. Serov, I. V. Aksenova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Construction]. — 2014. — No. 6. — P. 54-57 [in Russian]