

Контроль влажности при обследовании каменных конструкций

*К.т.н., доцент А.В. Улыбин,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»;
генеральный директор С.А. Старцев,
ООО «БиоспейсСтрой»;
инженер С.В. Зубков,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»*

Ключевые слова: влажность кирпича; солевая коррозия; обследование зданий; дефекты каменной кладки

При детальном обследовании несущих конструкций определяется широкий спектр характеристик и параметров. В составе работ по исследованию каменных конструкций весомую роль, наряду с другими свойствами, играет определение влажности материалов, в частности, кирпича.

Помимо различных повреждений, напрямую связанных с увлажнением конструкций, повышение влажности вызывает изменение прочности кирпича. Масштаб данного эффекта недостаточно полно отражен в технической литературе и требует экспериментального исследования. Результаты такого исследования представлены в настоящей статье.

Основными проблемами, связанными с инструментальным контролем влажности, являются выбор методов измерения и оценка достоверности получаемых результатов. В статье описаны результаты экспериментальных исследований по сопоставлению основных применяемых методов контроля.

Источники увлажнения

Рассмотрим основные причины увлажнения каменной кладки. Во-первых, это замачивание атмосферными осадками («атмосферная влага»), которое происходит при косом дожде и таянии снега, скопившегося на не защищенных от увлажнения участках ограждающих конструкций, а также вследствие протечек, некачественного устройства кровли, дефектов и повреждений отливов и других причин (рис. 1).

Во-вторых, это увлажнение цокольной зоны из-за проникновения в кладку грунтовой воды («грунтовая влага»), дефектов гидроизоляции, повышения культурного слоя, повреждения отмостки и облицовки цоколя [1] (рис. 2). Сюда же можно отнести замачивание водой, брызгающей на стены при дефектах системы наружного водоотвода либо неорганизованном водоотводе.

Следующей причиной является увлажнение водяными парами, проникающими в кладку из внутренних помещений («эксплуатационная влага») любого типа (производственных, жилых, общественных). Увлажнение происходит за счет конденсации влаги внутри кладки, что может быть вызвано наличием паронепроницаемой преграды (слоя с меньшей паропрооницаемостью) или теплопроводного, например, металлического, включения в наружных стенах (рис. 3). Конденсат внутри и на поверхности стен может образовываться и в результате резкого потепления воздуха при высокой влажности, например, весной.

Еще одним источником увлажнения является гигроскопическая влага («сорбционная влага»), т.е. влага, находящаяся в ограждении вследствие гигроскопичности его материалов. Гигроскопичностью в разной степени обладают все строительные материалы. Наиболее гигроскопичны хлористые соли (хлористый магний, хлористый кальций, поваренная соль и др.). Содержание хлористых солей в материалах ограждения (штукатурке, растворе, кирпиче) делает эти материалы также очень гигроскопичными, что часто служит единственной причиной появления в них влаги. Добавление к раствору кладки поваренной соли (хлористого натрия) или нитрата натрия, что иногда практикуется при кладке стен в зимний период, увеличивает гигроскопичность кладки. Повышенной гигроскопичностью обладает также магнезиальный фибролит, изготовленный с неправильной дозировкой хлористого магния.

Последней из основных причин увлажнения являются утечки систем инженерного обеспечения (рис. 4).



Рисунок 1. Размораживание участка парапета вследствие дефектов покрытия



Рисунок 2. Биоповреждение цокольной зоны



Рисунок 3. Разрушение облицовочного кирпича из-за конденсации влаги на стальных уголках внутри кладки



Рисунок 4. Увлажнение стены вследствие протечек системы канализации

Если рассматривать конструкции в период их возведения, то к указанному выше перечню необходимо добавить увлажнение кирпичей при строительстве вследствие ненадлежащего хранения материалов на стройплощадке, отсутствия защитных конструкций и прочее («построечная влага»).

Возможны и другие причины увлажнения кладки, например, замачивание при тушении пожара.

Рассмотрим, на что влияет изменение влажности кирпичной кладки, каковы нормируемые пределы ее значений и какие методы наиболее достоверно и производительно позволяют измерить ее фактическое значение.

Последствия увлажнения

Повышение влажности каменной кладки приводит к большому количеству различного рода повреждений и негативных последствий, основные из которых указаны на рисунке 5.

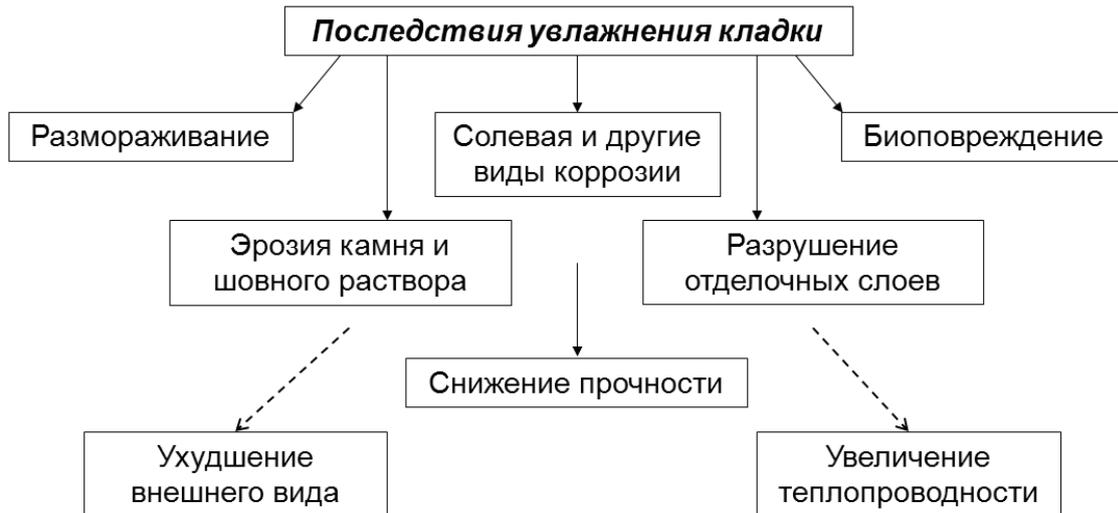


Рисунок 5. Последствия увлажнения кирпичной кладки

Указанные последствия в разной степени влияют на несущую способность кладки, однако все они имеют негативный характер и сокращают долговечность конструкций. С точки зрения разрушительной силы на первое место можно поставить размораживание, или морозную деструкцию [2–4] (рис. 6, 7).



Рисунок 6. Выпучивание наружной версты кладки вследствие размораживания и потери прочности



Рисунок 7. Обрушение плит покрытия из-за потери несущей способности размороженной кладки внутренних стен недостроенного здания



Рисунок 8. Домовой гриб на кирпичной кладке

Учитывая, что вода, несущая разрушение конструкциям, является источником жизни для всех биологических форм, повышение влажности конструкций сопровождается развитием различных форм биоповреждения. Существенные разрушения происходят при проникновении в каменную кладку корневой системы самосеянных растений (кустарников и деревьев) [5]. Домовые грибы, специфичные для деревянных конструкций, при попадании органики в кладку (например, при утечке из фановых труб) способны развиваться на кладке и повреждать ее (рис. 8). Микробиодеструкторы (микросцисты и бактерии), поселившиеся на поверхности или внутри кирпичной кладки, выделяют агрессивные по отношению к кладочному раствору метаболиты, которые преобразуют труднорастворимые соли в легко растворимые. Таким образом, они способствуют разрушению (выветриванию и вымыванию) кладочного раствора [6].

Солевая коррозия кирпича [7] заключается в кристаллообразовании различных солей в порах материала с образованием внутренних напряжений, снижением прочности, разрушением материала и уменьшением несущей способности конструкции в целом [8–11]. Обязательным условием коррозии является влага, растворяющая соли и позволяющая им мигрировать вместе с ней в теле конструкции. По данным В.В. Инчика [12], за срок эксплуатации различных сооружений при агрессивном воздействии на кладку солей ее прочность может снижаться на 20% и более. Однако чаще встречаются высолы, которые отлагаются не внутри кирпича, а на поверхности раздела сред, под отделочными слоями (краской, штукатуркой, плиткой). В данном случае в большей степени ухудшается внешний вид конструкций и возрастает скорость износа отделочных слоев.

По сравнению с солевой коррозией реже встречаются случаи химической коррозии каменной кладки, которая происходит, в том числе, при попадании на материал растворов кислот и щелочей. В ряде исследований предложены зависимости, позволяющие определить снижение прочности кладки при химической коррозии [13].

Для силикатного кирпича агрессивным также является сочетание увлажнения с углекислым газом, так как при долговременном увлажнении материала происходит реакция гидрокарбонизации кальцита: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Образующийся гидрокарбонат кальция имеет повышенную водорастворимость, таким образом, происходит вымывание материала с дополнительными образованиями трещин, пор, раковин и т. д. Кирпич теряет прочность и разрушается [14].

За счет увеличения объема материала при его увлажнении и обратном процессе при снижении влажности возникают знакопеременные напряжения в теле конструкций, которые со временем разрушают структуру материала, приводят к снижению прочности и разрушению. Данный процесс относят к эрозии. Более характерно эрозионное повреждение для менее однородных по структуре растворных швов, чем для кирпичей.

Увеличение теплопроводности ограждающей конструкции вследствие ее увлажнения [15] приводит к нарушению нормальных условий микроклимата внутренних помещений и снижает энергоэффективность конструкций. Данное последствие является хорошим диагностическим признаком, который используется при обследовании с помощью тепловизионной съемки.

Влияние влажности на прочность

Влияние влажности на прочность кирпича недостаточно освещено в научно-технической литературе. Коэффициент размягчения, определяющий соотношение прочностей материала в водонасыщенном и сухом состояниях, нормируется только для природных камней по ГОСТ 4001-84 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия». В нормативных документах на изготовление силикатного и керамического кирпича и камней аналогичный коэффициент отсутствует. Для учета снижения несущей способности кладки при увлажнении в рекомендациях [16] приводится коэффициент $K_{тс}=0,85$. Однако в действительности степень снижения зависит от разных факторов, среди которых фактическая влажность, вид камня и раствора, их изначальная прочность и другие.

По требованиям ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе» для определения прочности материалов каменной кладки образцы перед испытанием должны быть естественным или искусственным образом высушены. Как следствие, при обследовании конструкций прочность материалов определяется в условиях, не соответствующих фактическим.

Для оценки степени влияния влажности на прочность кирпича при сжатии авторами проведен эксперимент. Исследование выполнено на двух партиях современного кирпича (силикатном и керамическом) марки М200. В ходе исследований из каждого кирпича выбурено по три керны, из которых изготовлены образцы-цилиндры одинаковых размеров с высотой, равной диаметру, составляющему 57 мм [17]. Путем такого отбора полностью сохранена идентичность исследуемого материала внутри каждой партии образцов. Образцы испытаны на сжатие в трех влажностных состояниях: полностью высушенном, водонасыщенном и при промежуточной влажности. Результаты исследований представлены на рисунках 9, 10, по которым видно, что изменение влажности приводит к изменению прочности материала, а зависимость близка к линейной.

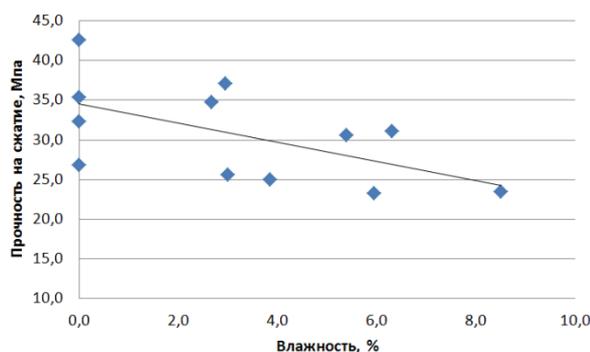


Рисунок 9. Влияние влажности на прочность при сжатии керамического кирпича

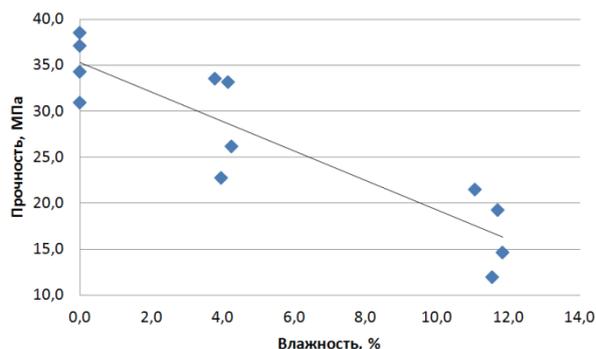


Рисунок 10. Влияние влажности на прочность при сжатии силикатного кирпича

По результатам эксперимента выявлено, что для исследуемых партий материала коэффициент размягчения K_p достиг величин 30 и 50% для керамического и силикатного кирпичей соответственно. Таким образом, при исследовании прочности кирпичей пренебрежение их фактической влажностью в кладке приводит к ошибочным результатам и, как правило, к завышению прочности.

Изложенное выше показывает, насколько важным является измерение влажности материалов кладки при техническом обследовании зданий и сооружений.

Методы контроля влажности

До рассмотрения возможных методов контроля уместно вспомнить о предельном значении влажности кирпича. В отечественной научно-технической литературе однозначного мнения по этому вопросу нет. Например, в пособии по обследованию [18] в качестве нормальной влажности керамического кирпича указано значение 1,5%, а для силикатного – 2,5%. В то же время, в «Правилах и нормах технической эксплуатации жилищного фонда» в качестве нормальной для кирпичных стен указывается влажность 4%. В издании [19] нормальной для керамического кирпича считается влажность до 0,5%. В.В. Инчиком в диссертационном исследовании [20] выявлено, что критическое значение влажности кирпича, при превышении которого возможна миграция солей, составляет 2–5%. До недавнего времени в основных стандартах четких указаний по этому поводу не было. Ситуация изменилась с введением с января 2013 г. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии», где в приложении Ч указано предельное значение влажности кирпича 2%.

В качестве экспресс-метода контроля влажности можно использовать тепловизионную съемку. Основными преимуществами данного метода являются возможность применения без контакта с материалом (на удаленном расстоянии) и возможность выявления зон увлажнения (контроль не точечный). К безусловным недостаткам следует отнести невозможность определения величины влажности и применимость метода только при наличии перепада температур, что резко снижает диапазон применения как по времени года, так и по обследуемым конструкциям.

Основным методом измерения влажности строительных материалов является определение потери массы образца после его искусственного высушивания по ГОСТ 24816-81 «Материалы стеновые. Метод определения сорбционной влажности». Метод является наиболее точным и достоверным, однако для его применения необходим отбор проб материала, а выполнение измерений производится в лабораторных условиях.

В практике обследования широко применяются методы неразрушающего контроля (НК) влажности. Основными из них являются диэлькометрический, основанный на изменении параметров электромагнитного поля, возбуждаемого датчиком прибора, и кондуктометрический, измеряющий электрическое сопротивление материала в поверхностном слое. Данные методы применяются для исследования древесины и искусственных каменных материалов (бетона, раствора, кирпича). Однако государственных стандартов, регламентирующих их применение для кирпича в России, нет. Основными достоинствами методов являются высокая производительность контроля и отсутствие необходимости выполнения подготовительных мероприятий при наличии непосредственного доступа к кирпичу. Основным недостатком электрических методов НК является резкое увеличение погрешности измерений при засоленности кладки. Присутствие соли в исследуемом материале сильно искажает отклик регистрируемого параметра, что приводит к завышению результата измерения.

Помимо этого, необходимо отметить, что указанные электрические методы контроля измеряют поверхностную или приповерхностную влажность. В действительности влажность кирпичной кладки (отдельного камня) распределена по высоте, глубине и длине конструкции (отдельного камня), причем это распределение весьма резкое. Поэтому электронные влагомеры в разных точках одного кирпича могут показывать разные значения влажности.

Относительно недавно на отечественном рынке появилось оборудование для измерения влажности методом карбида кальция (CaC_2), который применим и для кирпича. Набор инструментов для применения метода предполагает следующую последовательность действий. Отбирается проба исследуемого материала. Проба измельчается до песчано-пылевой фракции. Часть пробы известной массы помещается в емкость вместе с ампулой карбида кальция и стальными шариками. Емкость герметично закрывается крышкой с манометром. После встряхивания и разбивания ампулы карбид кальция вступает в реакцию с имеющейся в навеске влагой, что сопровождается выделением определенного объема газа. По изменению давления в емкости, пропорционального массе влаги и известной массе материала, определяется относительная влажность. Основными преимуществами метода являются:

- 1) контроль в полевых условиях (отсутствует операция высушивания);
- 2) высокая точность измерения при меньшем времени контроля по сравнению с лабораторным;
- 3) отсутствие влияния на результат измерений наличия засоленности кладки.

Для сравнения трех вышеуказанных методов контроля (метод взвешивания, диэлькометрический и карбида кальция) и выявления погрешности измерения авторами проведен эксперимент. Суть исследования заключалась в измерении влажности керамического и силикатного кирпичей косвенными методами при известной фактической влажности, определенной по стандартной методике. Часть исследуемых образцов была искусственно засолена в растворе NaCl . Результаты эксперимента представлены на рисунках 11, 12.

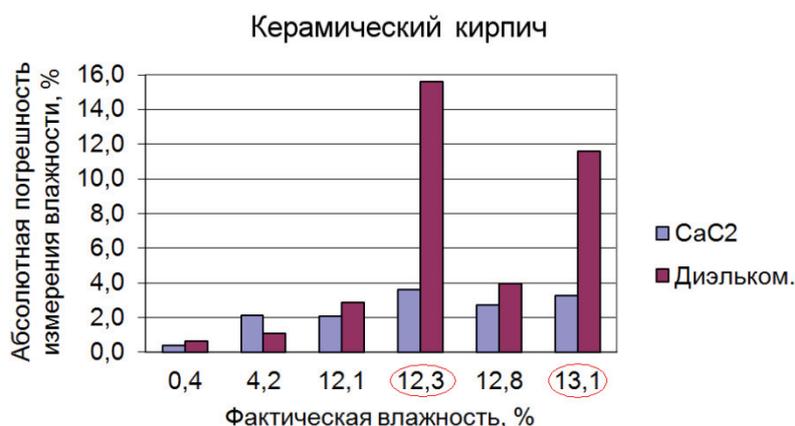


Рисунок 11. Погрешность определения влажности керамического кирпича (красным выделены засоленные образцы)

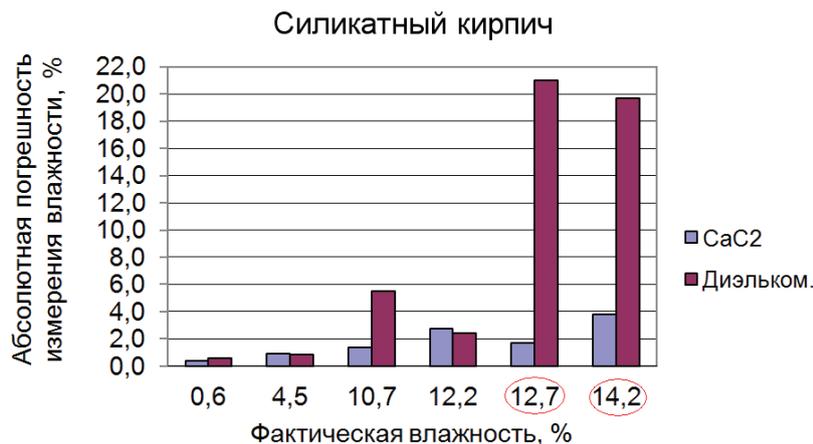


Рисунок 12. Погрешность определения влажности силикатного кирпича (красным выделены засоленные образцы)

Как видно по представленным на рисунках результатам эксперимента, погрешность измерения влажности методами карбида кальция и диэлькометрическим методом увеличивается при повышении влажности. При малых значениях влажности (до 5%) ошибка не превышает 2%, при увеличении влажности до 14% ошибка возрастает до 4–6% (без солей). При этом в случае засоленности кирпича ошибка измерений диэлькометрическим методом резко увеличивается, а при использовании карбида кальция остается на прежнем уровне.

Выводы

1. Увлажнение кирпичной кладки приводит к большинству из возможных для данного строительного материала повреждений (см. рис. 5).
2. Получена зависимость между прочностью на сжатие керамического и силикатного кирпича. Показано, что увеличение влажности приводит к существенному снижению прочности кирпича, что необходимо учитывать при поверочном расчете конструкций.
3. Предлагается производить испытание образцов при влажности, соответствующей эксплуатационной. Другой возможный вариант заключается в учете повышенной влажности путем введения в расчет коэффициента, полученного опытным путем для кирпича, примененного в кладке.
4. Показано наличие недопустимо высокой погрешности, которая сопровождает применение электрических методов НК влажности при наличии в кирпиче солей. Однако, с учетом высокой производительности контроля, применение данных методов целесообразно для качественного анализа, выявления зон увлажнения (засоленности) и составления карт влажности.
5. Экспериментально выявлено, что результаты измерения влажности методом карбида кальция характеризуются приемлемой погрешностью измерений, не зависящей от засоленности материала.
6. Для определения величины влажности рекомендуется комплексное применение методов «карбид кальция + электрический метод» или «карбид кальция + тепловизионная съемка». При этом первым методом определяется величина влажности, а вторым – размеры зоны увлажнения.

Литература

1. Старцев С.А. Анализ причин неблагоприятного состояния подвалов в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал. 2009. №2(4). С. 31–42.
2. Бабков В.В., Самофеев Н.С., Чуйкин А.Е. Силикатный кирпич в наружных стенах зданий: анализ состояния, прогноз долговечности и способы ее повышения // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 35–40.
3. Bajare D, Svinka V. Restoration of the historical brick masonry. // Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. 2000. Pp. 3–11.

4. Огородник В.М., Огородник Ю.В. Некоторые проблемы обследования зданий с отделкой лицевым кирпичом в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7(17). С. 10–13.
5. Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7(17). С. 41–46.
6. Qi-Wang, Guang-You Ma, Lin-Yan He. Characterization of bacterial community inhabiting the surfaces of weathered bricks of Nanjing Ming city walls // Science of The Total Environment. 2011. Vol. 409. No.4. Pp. 756–762.
7. Мироненко Е.В. Физико-механические процессы высолообразования в кирпичной кладке и методы их устранения: дисс... канд. техн. наук. Самара, 2006. 160 с.
8. Jonaitis B., Marčiukaitis G., Valivonis J. Analysis of the mechanics of carbamide induced destruction of concrete and ceramic bricks // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 48. Pp. 917–924.
9. Koniorczyk M., Gawin D. Modelling of salt crystallization in building materials with microstructure – Poromechanical approach // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 36. Pp. 860–873.
10. Gentilini C., Franzoni E., Bandini S. Effect of salt crystallisation on the shear behaviour of masonry walls: An experimental study // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 37. Pp.181–189.
11. Lubelli B., Van Hees R.P.J., Brocken H.J.P. Experimental research on hygroscopic behaviour of porous specimens contaminated with salts // Construction and Building Materials. 2004. Vol. 18. No.5. Pp. 339–348.
12. Инчик В.В. Опыт обследования состояния кирпичных стен зданий, сооружений и памятников архитектуры, подвергшихся солевой коррозии // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2001. №1(4). С. 64–71.
13. Попеско А.И., Макаренко С.В. Экспериментально-теоретические исследования элементов кирпичной кладки при воздействии химически агрессивных сред // Вестник ВСГУ. 2012. №1(36). С. 184–188.
14. Фасеева Г.Р., Салахов А.М., Хацринов А.И. Структура пор и сравнительные характеристики кирпича // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №8. С. 220–223.
15. Ананьев А.И., Абарыков В.П. Обоснование теплотехнических требований в межгосударственном стандарте ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» // Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий», 10 ноября – 12 декабря 2009 г. Санкт-Петербург, 2009. С. 7–18.
16. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. М.: ЦНИИСК им В.А. Кучеренко, 1988. 36 с.
17. Улыбин А.В., Зубков С.В. О методах контроля прочности керамического кирпича при обследовании зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3(29). С. 29–34.
18. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М.: ОА «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 1997. 179 с.
19. Калинин В.М., Сокова С.Д. Оценка технического состояния зданий: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2006. 268 с.
20. В.В.Инчик. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен: Дис... докт. техн. наук. Санкт-Петербург, 2000. 47 с.

*Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербург, Россия
+7(921)777-45-16; эл. почта: ulybin@mail.ru*

*Сергей Александрович Старцев, Санкт-Петербург, Россия
+7(911)134-60-39; эл. почта: StartsevSA@biospacestroy.ru*

*Сергей Владимирович Зубков, Санкт-Петербург, Россия
+7(812)535-57-82; эл. почта: svzubkov@mail.ru*

© Улыбин А.В., Старцев С.А., Зубков С.В., 2013

doi: 10.5862/MCE.42.5

Humidity control in the inspection of masonry structures

A.V. Ulybin*Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia*
+7(921)777-45-16; e-mail: ulybin@mail.ru**S.A. Startsev***LLC "BiospeysStroy", Saint-Petersburg, Russia*
+7(911)134-60-39; e-mail: StartsevSA@biospacestroy.ru**S.V. Zubkov***Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia*
+7(812)535-57-82; e-mail: svzubkov@mail.ru

Key words

brick moisture; salt corrosion; inspection of buildings; defects of masonry

Abstract

The problems of wetting of masonry structures were considered: its causes, consequences and methods of humidity control. The classification of destructions that occur in the masonry as a result of its moistening was given. Destruction processes under wetting of different origin were briefly described.

The experimentally ascertained impact of humidity on the strength of different kinds of brick was presented. The influence of this factor is often missed in the material testing and analysis of structures. The comparison between different methods of moisture control was given. A technique for measuring the moisture using the calcium carbide method was pictured; this method is little known in Russia. The advantages and disadvantages of non-destructive methods were discussed. Special attention was paid to the definition of errors in electrical control methods, occurring due to existence of salts in the masonry.

The recommendations for combined use of different methods of humidity control were given.

References

1. Startsev S.A. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No.2(4). Pp. 31–42. (rus)
2. Babkov V.V., Samofeev N.S., Chuykin A.E. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No.8(26). Pp. 35–40. (rus)
3. Bajare D., Svinka V. Restoration of the historical brick masonry. *Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*. 2000. Pp. 3–11.
4. Ogorodnik V.M., Ogorodnik Yu.V. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No.7(17). Pp. 10–13. (rus)
5. Startsev S.A. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No.7(17). Pp. 41–46. (rus)
6. Qi-Wang, Guang-You Ma, Lin-Yan He. Characterization of bacterial community inhabiting the surfaces of weathered bricks of Nanjing Ming city walls. *Science of the Total Environment*. 2011. Vol. 409. No.4. Pp. 756–762.
7. Mironenko E.V. *Fiziko-mekhanicheskiye protsessy vysoloobrazovaniya v kirpichnoy kladke i metody ikh ustraneniya* [Physical and mechanical processes of efflorescence in brick masonry and methods of their elimination]. PhD dissertation. Samara, 2006. 160 p. (rus)
8. Jonaitis B., Marčiukaitis G., Valivonis J. Analysis of the mechanics of carbamide induced destruction of concrete and ceramic bricks. *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 48. Pp. 917–924.
9. Koniorczyk M., Gawin D. Modelling of salt crystallization in building materials with microstructure – Poromechanical approach. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 36. Pp. 860–873.
10. Gentilini C., Franzoni E., Bandini S. Effect of salt crystallisation on the shear behaviour of masonry walls: An experimental study. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 37. Pp.181–189.
11. Lubelli B., Van Hees R.P.J., Brocken H.J.P. Experimental research on hygroscopic behaviour of porous specimens contaminated with salts. *Construction and Building Materials*. 2004. Vol. 18. No.5. Pp. 339–348.
12. Inchik V.V. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoye stroitelstvo*. 2001. No.1(4). Pp. 64–71. (rus)
13. Popesko A.I., Makarenko S.V. *Vestnik VSGTU*. 2012. No.1(36). Pp. 184–188. (rus)

14. Faseeva G.R., Salakhov A.M., Khatsrinov A.I. *Vestnik of Kazan State Technological University*. 2010. No.8. Pp. 220–223. (rus)
15. Ananyev A.I., Abarykov V.P. *Sbornik trudov II Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Stroitel'naya teplofizika i energoeffektivnoye proektirovaniye ograzhdaiushchikh konstruksiy zdaniy» 10 November –11 December 2009* [Proceedings of II All-Russian scientific and technical conference "Construction thermal physics and power efficient building envelope design"]. Saint-Petersburg, 2009. Pp. 7–18. (rus)
16. *Rekomendatsii po obsledovaniyu i otsenke tekhnicheskogo sostoianiya krupnopanelnykh i kamennykh zdaniy* [Guidelines on survey and technical state assessment of large-panel and stone buildings]. Moscow: TsNIISK im V.A. Kucherenko, 1988. 36 p. (rus)
17. Ulybin A.V., Zubkov S.V. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No.3(29). Pp. 29–34. (rus)
18. *Posobiye po obsledovaniyu stroitelnykh konstruksiy zdaniy* [Manual on survey of building structures]. Moscow: OA «TsNIIPROMZDANI», 1997. 179 p. (rus)
19. Kalinin V.M., Sokova S.D. *Otsenka tekhnicheskogo sostoianiya zdaniy* [Assessment of building technical state]. Moscow: INFRA-M, 2006. 268 p. (rus)
20. Inchik V.V. *Vysoly i solevaya korroziya kirpichnykh sten* [Efflorescence and salt corrosion of brick walls]. PhD dissertation. Saint-Petersburg, 2000. 247 p. (rus)

Full text of this article in English: pp. 32–39