

Снижение негативного влияния капиллярной конденсации в ограждающих конструкциях

Ю.Э. Ромашкина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: Определена необходимость учета внешних воздействий со стороны природно-климатических факторов - дождя, снега, солевых растворов, знакопеременных температур, а также внутренних воздействий со стороны изменяющихся параметров микроклимата помещений, в процессе эксплуатации зданий. Показано, что капиллярно-пористая структура материалов ограждающих конструкций (ОК) способствует развитию ряда негативных процессов в результате капиллярной конденсации, снижающих теплозащитные и эксплуатационные свойства материалов ОК. Обобщены негативные изменения в материалах ОК при капиллярной конденсации под действием внешних и внутренних факторов. Выявлены возможности для снижения негативного влияния капиллярной конденсации за счет регулирования параметров микроклимата помещений. Установлены направления гидрофобизации материалов ОК для защиты от капиллярной конденсации при внешних воздействиях.

Ключевые слова: ограждающая конструкция, энергоэффективность, теплозащита, капиллярно-пористая структура, капиллярная конденсация, природно-климатические факторы, микроклимат, тепло-влажностный режим, трещинообразование, гидрофобизация.

Современное строительство характеризуется необходимостью возведения энергоэффективных зданий и минимизации теплопотерь через ограждающие конструкции (ОК). В процессе проектирования энергоэффективных зданий руководствуются законом об энергосбережении № 261-ФЗ, нормами сводов правил и стандартов организации, отражающих характеристики и неоднородность ОК (СП 230.1325800.2015), требования к тепловой защите (СП 50.13330.2012), влияние климатологических факторов (СП 131.13330.2012), теплотехнические требования к эффективным ОК (СТО 17532043-001-2005) и пр.

Однако в процессе эксплуатации зданий и сооружений ОК испытывают внешнее воздействие со стороны природно-климатических факторов - дождя, снега, солевых растворов, грунтовых вод, знакопеременных температур, а также внутренние воздействия со стороны изменяющихся параметров

микроклимата помещений. В результате капиллярно-пористая структура материалов ОК способствует развитию ряда негативных процессов, снижающих теплозащитные свойства материалов, что делает актуальными исследования по регулированию процессов капиллярной конденсации в ОК. В этой связи, целью исследования являлось изучение подходов к снижению негативного влияния капиллярной конденсации. Для достижения цели решались задачи:

- обобщения негативных изменений в материалах ОК под действием внешних и внутренних факторов;
- выявления возможностей для снижения негативного влияния капиллярной конденсации за счет регулирования параметров микроклимата помещений;
- установления направлений гидрофобизации материалов ОК для защиты от капиллярной конденсации при внешних воздействиях.

Известно, что при попадании воды в объем капиллярно-пористого материала ОК, например, на основе цемента, бетона, кирпича и каменных материалов, происходит постепенное растворение извести и вынос ее на поверхность изделия при испарении влаги. Такие изменения приводят к последующему взаимодействию углекислого газа воздуха с вынесенной на поверхность известью и формированию карбоната кальция. Первичный результат данных превращений наглядно регистрируется в виде высолов на поверхности ОК, снижая ее эстетичность.

Далее вода, находясь внутри материала в результате капиллярной конденсации, поглощает газовые примеси городской среды, в частности водорастворимые соединения азота и серы, трансформирующиеся в объеме материалов в агрессивные кислоты, что снижает долговечность ОК и приводит к трещинообразованию и разрушению. В зимний период, дополнительно следует учитывать замерзание влаги в системе капилляров и

пор материала, давление льда при отрицательных температурах и возникающие при этом напряжения в объеме гидрофильного материала ОК, что приводит к развитию микротрещин, а в дальнейшем к формированию видимых дефектов в виде сколов, трещин, морозного пучения, шелушений и других изменений, приводящих к ухудшению теплофизических свойств материала и преждевременному разрушению ОК [1].

В условиях знакопеременных температур, например, в период резкого потепления в зимних условиях, также происходит конденсация влаги из воздуха внешней среды, на более холодной поверхности ОК, что дополнительно способствует развитию вышеперечисленных дефектов. Известны исследования для базовых материалов наружных ОК, направленные на изучение и математическое моделирование тепло-влажностных условий, характеризующих развитие процесса конденсации, для оценки длительности периода выпадения конденсата и прогнозирования изменения свойств материалов [2].

Внутренняя поверхность ОК испытывает влияние параметров микроклимата помещений, формирующихся в результате совокупных внешних тепло-влажностных изменений, а также функционирующих в зданиях и сооружениях отопительных, охлаждающих, вентиляционных и кондиционирующих систем. Проблемы капиллярной конденсации с внутренней стороны ОК усугубляются нарушением параметров микроклимата, так, что неудаляющаяся избыточная влага во внутренних ОК, приводит к росту коэффициента теплопроводности материалов и повышению теплопотерь, а также способствует развитию грибковых повреждений материала.

Для снижения негативного влияния капиллярной конденсации на внутренние ОК используют различные подходы к достижению комфортного микроклимата помещений. Оптимальные и допустимые параметры

микроклимата для жилых и общественных помещений, а также методы и устройства их контроля задаются ГОСТ 30494-2011. Требования к системам теплоснабжения, отопления, соответствующим приборам и арматуре, а также условия кондиционирования, вентиляции, воздушного отопления и др., с учетом их энергоэффективности, в том числе с возможностью применения автоматизированных систем, устанавливаются для зданий различного типа в своде правил СП 60.13330.2012.

В общем виде на тепловой режим микроклимата оказывает влияние наружная среда за счет тепло-, воздухо-, влагопередачи через ОК. Соответственно, теплозащита зданий и сооружений и их планировочное оформление рассматриваются как пассивные факторы формирования теплового режима. Для нейтрализации негативного влияния внешней среды, в частности процессов капиллярной конденсации, требуется создание искусственных систем отопления, охлаждения, вентиляции и пр., обеспечивающих и поддерживающих комфортный микроклимат.

При этом при выборе решений по теплозащитным параметрам ОК, необходимо исключить возможность формирования конденсата на внутренней поверхности ОК, что достигается за счет обеспечения температуры внутренней поверхности выше точки росы. Далее, следует ограничить передачу тепла посредством излучения с поверхности человеческого тела, которая, согласно уравнению теплового баланса, составляет 0,4 от общей теплоотдачи и также зависит от температуры внутренней стороны ОК. Кроме того, следует минимизировать асимметрию теплоотдачи (различие в теплоотдаче разнородных поверхностей в помещении), также влияющую на объем тепла, передаваемого излучением. Расчет параметров теплозащиты, в том числе в реальных условиях нестационарной теплопередачи, производят с учетом энергоэффективности, экономичности, строительных норм, гигиенических требований [3].

Необходимость снижения негативных последствий влияния капиллярной конденсации на внутренние ОК требует применения современных конструктивных решений. Так, Канев М.А., на примере офисного помещения по результатам численного моделирования тепло-, воздухообмена с применением модели турбулентности Спаларта-Аллмареса, а также натурного эксперимента, доказал несоответствие параметров микроклимата нормируемым показателям при применении традиционных систем отопления и вентиляции и предложил схему увлажнения и кондиционирования воздуха для достижения нормативных показателей [4].

В работе Аверьяновой О.В., на основе технико-экономических расчетов и анализа эксплуатационных затрат, показана перспективность применения тепловых насосов, объединенных в единый водяной контур. Схема имеет местный агрегат с теплообменником, где нагревается или охлаждается рециркулируемый воздух для последующего смешения в помещении с воздухом из центрального кондиционера, а микроклимат поддерживается системой автоматизированного управления механизмами [5].

Исследования микроклимата жилых помещений и научные подходы обеспечения его комфортности имеют противоречивый характер. С одной стороны, существует ряд математических моделей на основе уравнений теплового баланса различной сложности, учитывающих влияние внешних и внутренних условий на микроклимат зданий. Соответственно, имеются разработки автоматического регулирования мощности отопительных приборов, согласно показателям внешних (температуры, радиации и скорости ветра) и внутренних датчиков с последующей авторегуляцией возмущающих воздействий согласно заложенным в систему автоматизации модельным значениям. Однако такие системы являются дорогостоящими и сложными в установке и управлении и больше применимы для индивидуальной жилой застройки [6].

Так, система поддержания комфортного микроклимата с утилизацией тепла вытяжного воздуха, согласно разработанному алгоритму рекуперации теплоты, привела к снижению тепловой мощности отопительного оборудования до 2 раз и сокращению потребления теплоэнергии до 80%. При этом задаваемые параметры микроклимата автоматически поддерживаются в летнее и зимнее время и распределяются равномерно по всей площади помещения, что позволяет регулировать тепло-влажностный режим и избегать развития процессов капиллярной конденсации в ОК. Кроме того, в таком решении сокращено число приточных механизмов посредством реверсирования вытяжной системы и использовании рекуператора для притока воздуха внешней среды [7].

Согласно проведенному анализу возможностей для снижения негативного влияния капиллярной конденсации за счет регулирования параметров микроклимата помещений можно отметить наличие значительного числа технических решений, способствующих улучшению микроклимата и ограничению процессов поглощения и накопления избыточной влаги во внутренних ОК. С другой стороны, в связи со сложностью прогнозирования и ограничения внешних природно-климатических воздействий на наружную поверхность ОК интерес представляет возможность снижения негативного влияния капиллярной конденсации за счет гидрофобизации материалов ОК.

Известны работы по влиянию гидрофобизирующих наполнителей на свойства цементного камня. Выявлена проблема снижения прочности при введении гидрофобизаторов в объем материала, за счет дополнительного воздухововлечения, а также показана необходимость усложнения технологии получения материала [8]. Соответственно, более перспективным является поверхностное нанесение гидрофобизаторов, которое сокращает развитую капиллярно-пористую структуру материалов ОК. На примере бетона

установлены гидрофобизаторы, максимально понижающие водонасыщение и водопоглощение, одновременно приводящие к росту стойкости к УФ-излучению, знакопеременным и повышенным температурам [9].

Barnat-Hunek D. с коллегами проведены подробные исследования влияния воды на развитие коррозионных процессов в строительных конструкциях, а также приведен анализ влияния различных гидрофобизаторов на особенности капиллярного поглощения и конденсации в ОК за счет воздействия снега, града и тумана [10]. Дополнительно оценена эффективность нанесения полимерных и нанополимерных гидрофобизаторов на пористые ОК [11].

В качестве поверхностных гидрофобизаторов наиболее распространены кремнийорганические составы на основе алкилсиликонатов, которые, вступая во взаимодействие с углекислым газом воздуха, образуют полисилоксанола. Последние, взаимодействуя с гидрокси-группами, формируют водоотталкивающую пленку на поверхности ОК. Перспективным для наружной обработки ОК является применение гидрофобизаторов на основе соединений серы. В связи с использованием отходов серы от очистки природного газа и нефти для производства полисульфидных жидкостей, стоимость таких гидрофобизаторов ниже кремний- и фторорганических. Полисульфидные гидрофобизаторы образуют покрытие с высокой адгезией к основе, снижая водопоглощение, повышая устойчивость к отрицательным температурам и долговечность ОК [1].

Современные российские гидрофобизирующие препараты (например, серия гидрофобизаторов Типром, ПК «САЗИ», Россия) имеют многокомпонентный состав и, кроме основной функции – формирования защитной пленки, могут включать антисептические, антистатические, обезжиривающие, а также функциональные добавки, например, для достижения эффекта влажного покрытия [12].

Таким образом, обобщены негативные изменения в материалах ОК за счет капиллярной конденсации, под действием внешних и внутренних факторов. Выявлены возможности для снижения негативного влияния капиллярной конденсации посредством регулирования параметров микроклимата помещений. Установлены направления гидрофобизации материалов ОК для защиты от капиллярной конденсации при внешних воздействиях. Показана перспективность поверхностной гидрофобизации материалов наружных ОК.

Литература

1. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н. Пособие по гидрофобизации строительных конструкций и изделий. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. 45 с.
2. Василенко А.И., Фурсова И.Н. Исследование конденсации влаги на наружной поверхности ограждающей конструкции в зимний период в условиях резкого потепления // Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4625.
3. Толстова Ю.И., Шумилов Р.Н. Основы строительной теплофизики. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 104 с.
4. Канев М.А. Создание влажностного режима в административных помещениях для северной климатической зоны : дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.03. Санкт-Петербург, 2016. 169 с.
5. Аверьянова О.В. Энергосберегающие технические решения для местно-центральных систем обеспечения микроклимата при использовании тепловых насосов в качестве местных агрегатов, объединенных в единый водяной контур // Инженерно-строительный журнал. 2011. №1. С. 37-45.
6. Щегольков А.В., Мишин М.А. Проблемы потребления и экономии тепловой энергии в жилом фонде // Ползуновский вестник. 2011. №1. С. 257-265.



7. Кирсанов В.В., Игнаткин И.Ю. Энергоэффективная автоматизированная система микроклимата // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». 2016. №6. С. 48 – 52.

8. Несветаев Г.В., Козлов А.В., Филонов И.А. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709.

9. Айрапетян Г.С., Васильев Ю.Э. Влияние гидрофобизирующих составов на свойства тротуарной плитки // Инженерный вестник Дона, 2018, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4833.

10. Szymura T., Barnat-Hunek D. Protection of stone building structures against corrosion caused by moisture // Barometr regionalny. 2013. Vol. 11. №. 2. pp. 66-76.

11. Fic S., Barnat-Hunek D. The Effectiveness of Hydrophobisation of Porous Building Materials by Using the Polymers and Nanopolymers Solutions // International Journal of Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 2. № 2. pp. 93-98.

12. Гидрофобизация строительных конструкций. Технические рекомендации. М.: ПК «САЗИ», 2017. 27 с.

References

1. Voytovich V.A., Khryapchenkova I.N. Posobie po gidrofobizatsii stroitel'nykh konstruktsiy i izdeliy [Manual for the hydrophobization of building structures and products]. N. Novgorod: NNGASU, 2016. 45 p.

2. Vasilenko A.I., Fursova I.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4625.

3. Tolstova YU.I., Shumilov R.N. Osnovy stroitel'noy teplofiziki [Fundamentals of building thermophysics]. Yekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2014. 104 p.



4. Kanev M.A. Sozdaniye vlazhnostnogo rezhima v administrativnykh pomeshcheniyakh dlya severnoy klimaticheskoy zony [Creation of a moisture regime in administrative premises for the northern climatic zone]. PhD thesis: 05.23.03. Sankt-Peterburg, 2016. 169 p.
5. Aver'yanova O.V. Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2011. №1. pp. 37-45.
6. Shchegol'kov A.V., Mishin M.A. Polzunovskiy vestnik. 2011. №1. pp. 257-265.
7. Kirsanov V.V., Ignatkin I.Yu. Vestnik FGOU VPO «MGAU im. V.P. Goryachkina». 2016. №6. pp. 48 – 52.
8. Nesvetayev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709.
9. Ayrapetyan G.S., Vasil'yev Yu.E. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №1ë. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4833.
10. Szymura T., Barnat-Hunek D. Barometr regionalny. 2013. Vol. 11. №. 2. pp. 66-76.
11. Fic S., Barnat-Hunek D. International Journal of Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 2. № 2. pp. 93-98.
12. Gidrofobizatsiya stroitel'nykh konstruktsiy. Tekhnicheskiye rekomendatsii [Hydrophobization of building structures. Technical recommendations]. Moscow: PK «SAZI», 2017. 27 p.