



Менейлюк И.А.

Менейлюк И.А., инженер,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры (КНУСА), г. Киев

ЭМИССИЯ ВОЛОКОН МИНЕРАЛОВАТНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМАХ

В статье приведены исследования по эмиссии волокон минераловатных утеплителей в процессе испытаний навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным слоем. Установлена зависимость процента выветривания волокон от плотности минераловатного утеплителя и времени выветривания. Показано, что наименьшим процентом выветриваемых волокон с течением времени характеризуются минераловатные утеплители с большей плотностью.

Рост стоимости энергоносителей обуславливает экономическую составляющую проблемы энергосбережения. Это, в первую очередь, относится к строительной отрасли, а именно к объектам жилищно-коммунального хозяйства. Известно, что жилой фонд является наибольшим пользователем энергоносителей в стране. На Украине его общая площадь составляет более одного млрд. кв.м [1]. Следует отметить, что в значительном количестве существующий фонд проектировался и строился по принципам, когда энергосбережение только декларировалось, а фактически использовались на практике энергоемкие технологии и конструктивные решения. Таким образом, значительная часть существующих зданий требует больших затрат на их энергообеспечение. Уменьшение их возможно за счет эффективной теплоизоляции фасадов зданий, которые подлежат термомодернизации и строящихся.

Из двух основных систем теплоизоляции, использующихся в современной строительной практике, можно выделить конструкции наружных стен с фасадной теплоизоляцией и отделкой индустриальными элементами с вентилируемым воздушным слоем, которые чаще называют «вентилируемый» фасад. Они, кроме уменьшения массы и толщины наружных ограждающих конструкций (при условии соблюдения соответствия требуемого сопротивления теплопередаче) с точки зрения теплофизики, по мнению многих ученых, считаются лучшим теплосберегающим технологическим решением [2, 3]. Однако при всей кажущейся технологической совершенности данных систем теплоизоляции, существуют еще решения, требующие скрупулёзного научного подхода. Это, в первую очередь, относится к изучению основного конструктивного элемента системы, которым является минераловатный утеплитель. Именно благодаря ему данная система характеризуется теплоэффективностью, но при этом возможна эмиссия волокон в результате аэродинамических воздействий в вентилируемом слое, что может привести к уменьшению теплосберегающего эффекта или же к отказу системы [4].

В связи с этим представлял интерес изучить влияние технологических и климатических факторов на эмиссию волокон минераловатного утеплителя в конструкции фасадной системы с вентилируемым воздушным слоем, установленной в лабораторных условиях.

Научной гипотезой является то, что нами предполагается, что эмиссия волокон с поверхности минераловатного утеплителя в процессе эксплуатации приведет к уменьшению его толщины. Это, в свою очередь, существенно скажется на сопротивлении теплопередаче всей системы в целом.

Для выполнения цели исследований использовались следующие параметры. Скорость воздушного потока в вентилируемом пространстве была смоделирована, и для проведения не продолжительных лабораторных исследований (156 часов) она составляла 16 м/с. Также в лабораторных условиях было имитировано влияние влажности окружающего наружного воздуха на процесс выветривания волокон. Это позволяло получить достоверные результаты. Поскольку в некоторых источниках предполагается [5], что незначительная концентрация влаги в материале может приводить к разрушению связей минеральных волокон в самом утеплителе, т.е. нарушается их геозонное сцепление, что увеличивает эмиссию волокон и, тем самым, разрушает материал.

В исследованиях в качестве варьируемых факторов приняты: x_1 – минераловатные утеплители трех плотностей ((-1) – 40, (0) – 80 и (+1) – 150 кг/м³); x_2 – время аэродинамического воздействия (90±66) часов.

В ходе двухфакторного эксперимента был исследован такой важный показатель для вентилируемых фасадов как уменьшение толщины минераловатного утеплителя вследствие выветривания его волокон в результате аэродинамического воздействия в вентилируемом пространстве. Для построения зависимостей относительной потери толщины в качестве результата эксперимента использовался показатель абсолютного уменьшения толщины утеплителя ΔS , мм (уменьшение толщины утеплителя определялось исходя из уменьшения его массы). В дальнейшем, исходя из абсолютного уменьшения толщины, рассчитан процент уменьшения толщины минераловатного утеплителя (ΔP). Результаты определены в 9-ти экспериментальных точках согласно с планом эксперимента.

В результате экспериментально-статистического моделирования в области факторного пространства (24-156 часов) по данным натурного эксперимента получена модель (1) с ошибкой эксперимента $(Ts)_\Delta = 0.002$, описывающая влияние плотности утеплителя (x_1) и времени аэродинамического воздействия (x_2) на процент потери толщины утеплителя:

$$\Delta P = 0,635 - 0,0212 x_1 + 0,320 x_2 + 0,044 x_1^2 - 0,039 x_2^2 + 0,026 x_1 x_2^2 \quad (1)$$

Графическое отображение модели ΔP представлено на рис.1.

Поле данного критерия имеет максимум (% потери массы утеплителя), который равен 1.146% в точке с координатами $x_1 = -1$, $x_2 = +1$ и минимум, который равен 0,134 в точке $x_1 = +1$, $x_2 = -1$. Это означает, что в течение 156 часов выветривания

наибольшей эмиссией волокон характеризуется минераловатный утеплитель с плотностью 40 кг/м³, что говорит о том, что даже за такой непродолжительный срок материал подвергается разрушению.

Для удобства интерпретации результатов представляло интерес проанализировать влияние каждого из факторов на исследуемый показатель – процент потери массы минераловатного утеплителя в зонах минимума и максимума. Это удобно выполнить по однофакторным зависимостям, которые приведены на рисунке 2.

По ним можно сделать вывод о том, что увеличение плотности утеплителя с 40 до 150 кг/м³ снижает процент потери массы. Так, при использовании в системе утеплителя плотностью 40 кг/м³, процент потери массы минераловатного утеплителя, в области максимальных значений, равняется 1,18 %. При увеличении плотности утеплителя до 150 кг/м³, потеря массы волокон образца значительно снижается и составляет уже 0,79 %, что в 1.5 раза меньше, чем для утеплителя с плотностью 40 кг/м³.

Из диаграмм видно, что на процент потери массы, как и предполагалось, существенно влияет плотность минеральной ваты, причем между значениями плотности 150 кг/м³ и 80 кг/м³ прирост исследуемого показателя ниже, чем при дальнейшем снижении плотности утеплителя (от 80 кг/м³ и менее). Это еще раз подтверждает тот факт, что более плотный утеплитель, в частности минеральная вата, менее подвержен влиянию внешних климатических факторов, в том числе воздействий ветра, знакопеременных температур, которые могут вызвать его разрушение.

Причем, процент потери массы утеплителя в поле минимальных значений уменьшается при увеличении плотности с 40 кг/м³ до 80 кг/м³ в 1,9 раза. Дальнейшее изменение плотности материала с 80 кг/м³ до 150 кг/м³ уменьшает эмиссию волокон на 50%. В свою очередь в поле максимальных значений наблюдается несколько иное влияние. Увеличение процента потери массы утеплителя в процессе выветривания уменьшается при увеличении плотности с 40 кг/м³ до 80 кг/м³ в 1,28 раза. Дальнейшее изменение плотности материала с 80 кг/м³ до 150 кг/м³ уменьшает выветривание уже на 15 %.

В свою очередь, исследуя влияние времени воздействия на процент потери массы, были получены следующие результаты. В среднем в полях минимальных и максимальных значений процент потери массы минераловатных волокон составил при начальных 66 часах выветривания, т.е. при 90 часах – 2,3 %, а при последующих 66 часах – 1,46 %. Таким образом, исследованиями установлено, что более интенсивное выветривание происходит в начальные 66 часов начала процесса выветривания. Это свидетельствует о том, что в начальный период выветривания происходит эмиссия не связанных волокон, которые образовались в процессе производства. Причем этот момент характерен как для минераловатного утеплителя с меньшей плотностью (40 кг/м³), так и у материалов с большей плотностью 80 и 150 кг/м³. Характер изменения значений эмиссии волокон не столь динамичного, как в первые 66 часов выветривания волокон явно указывает на то, что материал с течением времени, по-прежнему, будет подвержен незатухающему разрушению (эмиссии), что в конечном итоге приведет к отказу системы. Этот момент должен в первую очередь учитываться при выборе материала теплоизоляции, его плотности, а также при расчете сопротивления теплопередаче системы, в который необходимо внести поправочный коэффициент для каждой плотности материала минераловатного утеплителя.

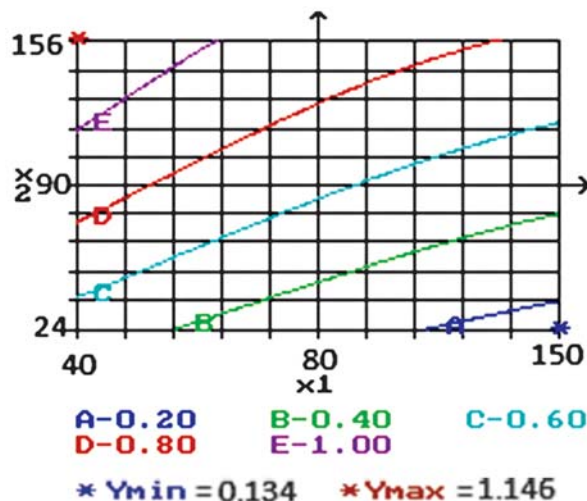


Рис. 1. Влияние варьируемых факторов на потерю толщины утеплителя

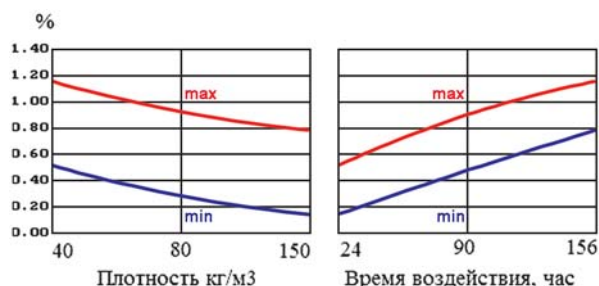


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на уменьшение толщины образцов утеплителя (в зонах экстремумов)

Выводы

Исследованиями установлено, что независимо от плотности минераловатного утеплителя в вентилируемом слое в процессе аэродинамического воздействия происходит эмиссия волокон.

Наименьшим показателем эмиссии волокон за исследуемый период времени характеризуются минераловатный утеплитель с плотностью 150 кг/м³, что и должно послужить определяющим для его выбора при устройстве навесных фасадных систем.

Литература:

1. Україна на шляху до енергетичної ефективності: методологія розробки, основні напрями і механізми реалізації. Комплексні державні програми енергозбереження України до 2010 р. / [В.Ф. Беседін, М.В. Трегуб, Є.В. Гачурін та ін.] ; Під ред. Ковалко М.П. – К. : НАН України; Держкоменергозбереження України, 1997. – 228 с.
2. Гагарин В.Г. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях. Метод оценки теплозащиты стены здания с вентилируемым фасадом с учетом продольной фильтрации воздуха / Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В. // Журнал «АВОК». – 2005. – №8. – С.60-70.
3. Dagnall M., Window A., Leung A., Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed façade system // Proceedings of Building Simulation: 12th Conference of international Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011, 14-16 November. PP. 808-815.
4. Фаренюк Г.Г. Учет неоднородности конструкций вентилируемых фасадов при определении приведенного сопротивления / Фаренюк Г.Г., Венжего Г.С. // Реконструкція житла – 2007. – вип.8. – С.306 – 314.
5. Карапузов Є.К. Утеплення фасадів / Є.К. Карапузов, В.Г. Соха. – К.: Вища освіта, 2007. – 318 с.