

УДК 69.022.32

А.И. Менейлюк, А.А. Гладыщук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА СТЫКОВ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

Приведены результаты исследований влияния наиболее значимых технологических факторов на водонепроницаемость стыков облицовочных панелей при устройстве вентилируемых фасадов из керамогранита (интенсивности дождя, угла отклонения дождя, толщины вентилируемого пространства, величины деформационного зазора, толщины элемента отделочного экрана и плотности минераловатного утеплителя). Выявлено оптимальное конструктивно-технологическое решение при устройстве такого фасада, при котором будет минимальное увлажнение утеплителя.

Ключевые слова: вентилируемый фасад, зазор между элементами облицовки, воздействие атмосферной влаги, интенсивность дождя, угол отклонения дождя, толщина вентилируемого пространства, величина деформационного зазора, толщина элемента отделочного экрана, плотность минераловатного утеплителя.

Проблема обеспечения водонепроницаемости при устройстве вентилируемых фасадов для их эффективной эксплуатации продолжает оставаться актуальной. Анализом состояния данной проблемы было установлено следующее. Действующие нормативные документы и рекомендации не регламентируют величину зазора между элементами облицовки, а он играет важную роль в обеспечении защиты минераловатного утеплителя от атмосферных осадков. Неверно выбранный зазор может привести к намоканию утеплителя. Это в свою очередь, вызывает существенное ухудшение сопротивления теплопередачи (увеличение теплопроводности), ухудшение его эксплуатационных свойств и увеличение затрат на отопление здания. Кроме этого, влага приводит к преждевременному выходу из строя элементов системы. Поэтому решение поставленной проблемы позволит экономить средства на отопление и ремонт фасадных систем. Поэтому исследования посвященные поиску технологии, обеспечивающей водонепроницаемость стыков, являются актуальным.

Целью работы является изучение влияния климатических и конструктивно-технологических факторов на количество влаги попавшей на утеплитель через технологические зазоры. В частности:

- интенсивности дождя, мм/мин (фактор x_1);
- угла отклонения дождя, град. (фактор x_2);
- толщины вентилируемого пространства, мм (фактор x_3);
- величины деформационного зазора, мм (фактор x_4);
- толщины элемента отделочного экрана, мм (фактор x_5);

- плотности минераловатного утеплителя, кг/м³ (фактор x_6).

Первый фактор x_1 величина интенсивности увлажнения, назначался из следующих условий: интенсивность дождя из слоистых и слоисто-кучевых облаков (минимальное значение) – 2 мм/мин, слоисто-дождевых и высоко-слоистых – 7,33 мм/мин, кучево-дождевых облаков (максимальное значение) – 10,66 мм/мин. В соответствии с этими значениями уровни изменения фактора x_1 приняты: 2; 6; 10 мм/мин.

Уровни фактора x_2 — угла отклонения капель дождя по отношению к плоскости облицовки фасада, принимались 30; 60; 90 град.

Уровни фактора x_3 — толщины вентилируемого пространства, принимались с учетом указаний нормативных документов [1,5,6] 40; 100; 160 мм.

Фактор x_4 — величина деформационного зазора (открытого стыка) между торцевыми гранями облицовочных панелей — назначался исходя из натурных обследований и требований технологии монтажа. Обследования готовых фасадов показали, что наиболее часто такие зазоры составляют от 4 до 10 мм. Зазор менее 4 мм является технически сложным при монтаже. Поэтому уровни варьирования фактора x_4 , размер стыка, принимался равным 4; 7; 10 мм.

Фактор x_5 — толщина облицовочных панелей, был введен в исследование на основании результатов предварительных экспериментов. Установлено, что данный параметр оказывает влияние на величину проникновения влаги за облицовочные панели. Толщина панелей назначалась исходя из размеров наиболее часто

используемой облицовки вентилируемых фасадов – керамогранита и принималась равной 6; 9; 12 мм.

Фактор x_6 — плотность минераловатных плит, используемых в вентилируемых фасадах в качестве теплоизоляционного материала, принимался исходя из результатов экспертного опроса и нормативных требований [1]. Они рекомендуют плотность не менее 75 кг/м^3 для однослойного утепления и не менее 35 кг/м^3 - нижнего и 75 кг/м^3 , соответственно, верхнего - для двухслойного утепления. Результаты экспертного опроса показывают, что в условиях Украины применяется вата с плотностью существенно ниже нормативной. В западных странах – выше. Поэтому приняты следующие уровни изменения этого фактора 30; 80; 130 кг/м^3 .

При выборе плана эксперимента учитывалась необходимость получения адекватного математического описания исследуемого процесса и максимально возможного сокращения числа опытов. Полнофакторный эксперимент, состоящий из шести факторов на трех уровнях, составил бы 196 опытов (6^3). Использование теорий планирования экспериментов и экспериментально-статистического математического моделирования позволило сократить количество опытов до 40. В частности, использован композиционный шестиуровневый симметричный план, имеющий достаточно высокую адекватность по критерию Фишера [2].

Математическая обработка результатов эксперимента, включающая анализ и оценку однородности дисперсий, регрессионный анализ, оценку значимости коэффициентов модели и проверку адекватности полученной модели, выполнялась в программе «Comrex 2009» [2,3]. После выполнения указанных процедур получена регрессионная зависимость изменения увлажнения минераловатного утеплителя (Увл. гр.) от исследуемых факторов, которая адекватно описывается моделью при ошибке эксперимента $(Ts) \varepsilon = 0.515$ (1):

$$\begin{aligned}
 \text{Увл. (гр.)} = & 8.70 & +3.9x_1 & +1.3x_1^2 & + \\
 +0.1x_1x_2 & +0.4x_1x_3 & -0.74x_1x_4 & -0.4x_1x_5 & - \\
 -0.1x_1x_6 & +5.2x_2 & +1.1x_2^2 & +0.8x_2x_3 & + \\
 +0.14x_2x_4 & +0.2x_2x_5 & -0.5x_2x_6 & +1.0x_3 & + \\
 +0.3x_3^2 & +0.34x_3x_4 & -0.4x_3x_5 & -0.4x_3x_6 & + \\
 +3.5x_4 & +0.4x_4^2 & -0.2x_4x_5 & -0.7x_4x_6 & - \\
 -1.2x_5 & +0.3x_5^2 & -0.5x_5x_6 & -1.0x_6 & + \\
 +1.0x_6^2 & & & & (1)
 \end{aligned}$$

На основании полученной математической модели построены графики экстремальных значений функции (рис. 1). Графический анализ модели приведен в виде однофакторных зависимостей. Они отражают влияние каждого из факторов на увлажнение минераловатного утеплителя в зоне максимальных и минимальных значений показателя.

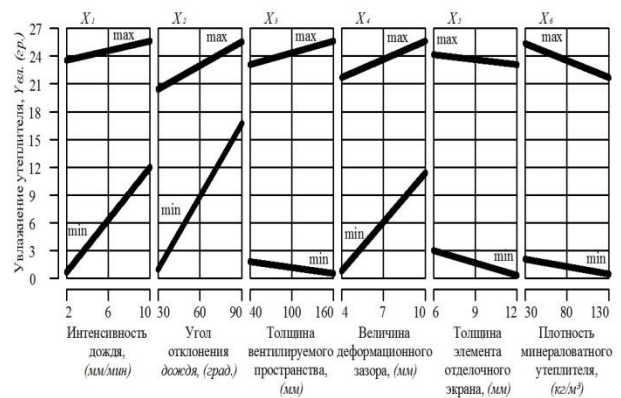


Рис. 1. Влияние факторов на увлажнение минераловатного утеплителя в зоне максимальных и минимальных значений функции, Увл. (гр.).

Из рис. 1 видно, что характер влияния всех шести факторов на исследуемый показатель различный. Об этом говорит угол наклона кривой на каждом из графиков.

В зоне максимума (верхние линии на графиках) интенсивность дождя (x_1), угол отклонения дождя (x_2), толщина вентилируемого пространства (x_3) и величина деформационного зазора (x_4) оказывают прямо пропорциональное влияние на степень увлажнения утеплителя. В свою очередь, толщина элементов отделочного экрана (x_5) и плотность минераловатного утеплителя (x_6) оказывает обратно пропорциональное влияние на исследуемый показатель. Интенсивность влияния факторов на исследуемый показатель незначительна, в районе максимальных значений увлажнения каждый из факторов может изменить его значение на 5 - 10%.

Иная картина в области минимальных значений показателя (нижние линии на графике). Факторы интенсивность дождя (x_1), угол отклонения дождя (x_2) и величина деформационного зазора (x_4) изменяют минимальные значения показателя в 12 - 17 раз. Причем, факторы интенсивность дождя (x_1), угол отклонения дождя (x_2) и величина деформационного зазора (x_4) оказывают прямо пропорциональное воздействие на величину увлажнения минераловатного утеплителя, а факторы толщина вентилируемого пространства (x_3), толщина элемента отделочного экрана (x_5) и плотность минераловатного утеплителя (x_6) обратно пропорциональное влияние на исследуемый показатель.

На рис.2 (а) показано ранжирование факторов по степени влияние в зонах максимума и минимума на увлажнение минераловатного утеплителя. Причем, максимальная степень влияния фактора принята за 100% и в зоне максимума и в зоне минимума это значение угла отклонения дождя (x_2). В зоне максимальных значений на втором месте по степени влияния величина деформационного зазора

(x_4) 76% на третьем месте плотность минераловатного утеплителя (x_6) 70%. С практической точки зрения нас больше интересует зона минимальных значений показателя (рис.2б), здесь на втором месте интенсивность дождя (x_1) 75%, на третьем месте величина деформационного зазора (x_4) 70%, на четвертом месте толщина элемента отделочного экрана (x_5) 24% и на пятом месте фактор плотность минераловатного утеплителя (x_6). Толщина вентилируемого пространства (x_3) не оказывает существенного влияния в зоне минимальных значений увлажнения, его степень влияния 18% по сравнению с углом отклонения дождя (x_2) 100%.

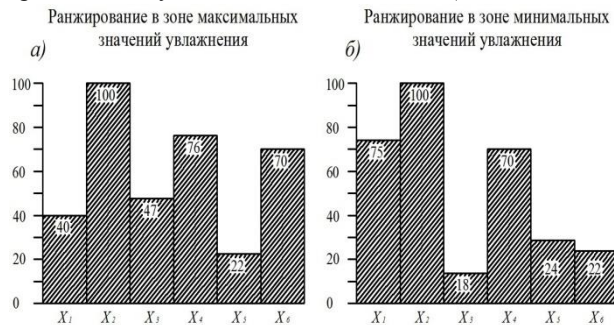


Рис. 2. Ранжирование факторов по степени влияние в зонах максимума и минимума увлажнения минераловатного утеплителя, Увл. (гр.).

Ранжирование факторов по степени влияния на показатель в зоне минимальных значений показанное на рис. 2 (б) позволило нам исключить фактор x_3 (толщина вентилируемого пространства), оказывающий наименьшее влияние. Дальнейший анализ выполнен только для пяти факторов (рис. 3).

Такой анализ удобнее представить, в виде так называемых графиков, «кубы на квадрате» (рис. 3) здесь большие оси показывают изменение факторов интенсивности дождя (x_1) и угла отклонения дождя (x_2). На каждом из кубов показаны изолинии одинаковых значений увлажнения утеплителя при различных сочетаниях указанных оставшихся трех факторов (величины деформационного зазора (x_4), толщины элемента отделочного экрана (x_5) и плотности минераловатного утеплителя (x_6)).

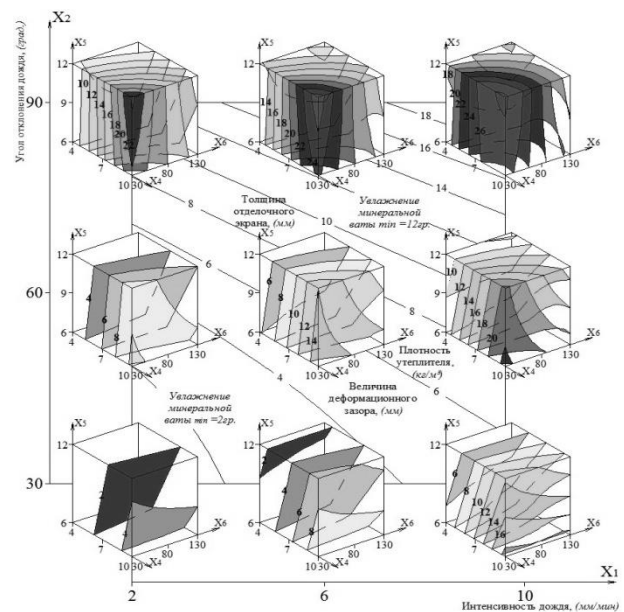


Рис. 3. Влияние пяти наиболее значимых факторов на увлажнение минераловатного утеплителя в вентилируемом фасаде. Большие оси (квадрата) x_1 интенсивность дождя, x_2 угол отклонения дождя. Оси кубов x_4 величина деформационного зазора, x_5 толщина элемента отделочного экрана, x_6 плотность минераловатного утеплителя.

По этим графикам можно определить количество влаги, попавшей в утеплитель, при любом сочетании факторов в исследуемых пределах. Так например, абсолютное минимальное значение увлажнения достигается при следующем сочетании факторов: интенсивности дождя $x_1=2$ мм/мин, угла отклонения дождя $x_2 = 30$ град., величины деформационного зазора $x_4 = 4$ мм, толщины элемента отделочного экрана $x_5 = 12$ мм, плотности минераловатного утеплителя $x_6 = 130$ кг/м³.

Кроме этого в поле несущего квадрата показанные изолинии минимальных значений увлажнения утеплителя при зафиксированных значениях факторов интенсивности дождя (x_1) и угла отклонения дождя (x_2).

Анализируя результаты, приведенные на рис. 3 можно проследить и характер влияния каждого из факторов технологии крепления защитного экрана на количество влаги, попавшее на минераловатный утеплитель. К улучшению водонепроницаемости защитного экрана ведет увеличение толщины элементов отделочного экрана, уменьшение величины деформационного зазора, интенсивности дождя и угла отклонения дождя.

Выводы

Наибольшее влияние на увлажнение в зоне минимальных его значений оказывает угол отклонения дождя от плоскости фасада ($x_2 = 100\%$) интенсивность дождя ($x_1 = 75\%$), величина зазора между элементами облицовки ($x_4 = 70\%$).

Минимальное увлажнение минераловатного утеплителя достигается при величине деформационного зазора 4 мм, максимальной толщине отделочного экрана 12 мм и плотности минераловатного утеплителя 130 кг/м³. При указанном конструктивно – технологическом решении величина увлажнения в зависимости от интенсивности и угла отклонения дождя может составить от 2 гр. до 18 гр.

Литература

1. Государственный стандарт Украины (Б В.2.6-35:2008) «Конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией и снаряжением промышленными элементами с вентилируемой воздушной прослойкой» Общие технические условия. Киев, - 2009. - 25с.
2. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно - технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков - К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
3. Вознесенский В.А. Принятие решений по статистическим моделям / Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. - М.: Статистика, 1978. – 196 с.
4. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006.- [Чинний від 01.04.2007].- К.: Мінбуд України, 2006. - 64 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Fassadendämmung: Geld für Energiesparer Dienstag, 17. März 2009 von GP Dienstnummer: 22545-12-2009.
6. Bernard Abraham. Insulating building facades Building Research & Information, Volume 11.

References

1. The State Standard of Ukraine (B.V.2.6-35: 2008) "Construction of the external walls with thermal insulation and facade elements of industrial equipment with a ventilated air gap" General specifications. Kiev - 2009 - 25с.
2. Voznesensky V.A. Numerical methods for the construction - technological problems on a computer / V.A. Voznesensky, T.V. Lyashenko, B.L. Ogarcov - K. : high school, 1989. - 328 p.
3. V. A. Voznesensky Decisions on the statistical model / V.A. Voznesensky, A.F. Kovalchuk - M. : Statistics, 1978. - 196 p.
4. Construction of buildings and structures. Insulation of buildings. DBN V.2.6-31: 2006.- [Effective as of 01.04.2007] .- K. : Ministry of Construction of Ukraine, 2006. - 64 p. - (State building codes Ukraine).
5. Fassadendämmung: Geld für Energiesparer Dienstag, 17. März 2009 von GP Dienstnummer: 22545-12-2009.
6. Bernard Abraham. Insulating building facades Building Research & Information, Volume 11.

Автор: МЕНЕЙЛЮК Александр Иванович
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса, доктор технических наук, профессор.
E-mail – pr.mai@mail.ru

Автор: ГЛАДЫЦУК Артем Александрович
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса, аспирант.
E-mail – artsy@bigmir.net

OPTIMIZATION TECHNOLOGY UNIT CASING JOINTS WHEN THE DEVICE OF VENTILATED FACADES

A.I. Menelylyuk, A.A. Gladyschuk

Results on the effect of the most significant technological factors on the joints watertight cladding panels at the device of ventilated facades of granite (the intensity of the rain, the deflection angle of the rain, the thickness of the ventilated space, the magnitude of the deformation of the gap, the thickness of the screen and a finishing element density mineral wool insulation). Optimal design and technological solution for the facade of the device, which will be at a minimum moisture insulation.

Key words: ventilated facade, the gap between the elements facing the impact of atmospheric moisture, rain intensity, the angle of deflection of rain, the thickness of the ventilated space, the amount of deformation of the gap, the thickness of the finishing element of the screen, the density of the mineral wool insulation.