

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ОШИБКИ, допускаемые при проектировании вентилируемых фасадов

Одной из основных предпосылок использования в современном строительстве стеновых ограждающих конструкций с вентиляруемым фасадом является уверенность в их высоких теплозащитных свойствах, которые позволяют достигнуть современных повышенных требований по теплозащите зданий. При этом предполагается, что никаких серьезных теплофизических проблем при применении этих конструкций не возникает. Накопленный опыт использования вентиляруемых фасадов показывает, что проблемы остаются. Снижение теплофизического качества рассматриваемых конструкций объясняется дефектами, которые вызваны ошибками проектирования и монтажа фасадов. Анализу некоторых ошибок, допускаемых при проектировании, посвящена настоящая статья



Автор статьи: Гагарин В.Г., доктор технических наук, профессор (НИИ строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук)



Фасадная система с облицовочными элементами из композитного материала с отсутствующими зазорами между облицовочными элементами и с отсутствующим входом в воздушный зазор

## Несоответствие стен с вентиляруемыми фасадами требованиям СНиП по энергосбережению

Добиться того, чтобы расчетное значение сопротивления теплопередаче соответствовало требуемому по второму этапу энергосбережения [2], не всегда удается. Это объясняется тем, что применяемые в рассматриваемых конструкциях металлические кронштейны являются «мостиками холода» и существенно снижают коэффициент теплофизической однородности. Так, при использовании кронштейнов из алюминия расчетный коэффициент теплофизической однородности конструкции практически не превышает значения  $\gamma=0,7$  [3]. И это без учета влияния оконных откосов, которые еще более снизят этот коэффициент. В результате для достижения значения, требуемого для климатических условий г. Москвы, сопротивления теплопередаче стен жилых зданий  $r_{\text{норм}} = 3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , необходим слой минераловатного утеплителя толщиной около 0,20 м. С учетом толщины воздушного зазора 40 – 60 мм вылет кронштейна должен составлять не менее 0,25 м, что влечет необходимость его усиления и повышения металлоемкости подконструкции и стоимости фасада.

Поэтому при проектировании вентиляруемого фасада часто применяют следующий прием. Без всякого обоснования или со ссылкой на сомнительные источники принимают значение коэффициента теплофизической однородности конструкции равным  $\gamma=0,85 - 0,90$ , после чего рассчитывают необходимую толщину слоя минераловатной теплоизоляции, которая получается равной 0,10 – 0,15 м. Такой прием является типичным и имеет место на многих объектах.

В качестве примера рассмотрим фасад с алюминиевой подконструкцией, использованный при реконструкции одного из общественных зданий в г. Москве (рис.1). Кронштейны алюминиевые толщиной 3 мм. Большой кронштейн высотой 160 мм (сечение  $4,8 \text{ см}^2$ ). Малый кронштейн высотой 80 мм (сечение  $2,4 \text{ см}^2$ ). Вертикальная направляющая – алюминиевый уголок  $40 \times 60 \text{ мм}$  толщиной 1,7 мм. На одну вертикальную направляющую длиной 3,6 м приходится 5 кронштейнов – один большой и четыре малых. Итого на полосу фасада длиной 3,6 м шириной 0,6 м (размер облицовочной плитки) приходится 5 кронштейнов общей площадью  $4,8 + 2,4 \times 4 = 14,4 \text{ см}^2$ . Средняя площадь кронштейна составляет  $14,4/5 = 2,88 \text{ см}^2$ . Площадь фасада, приходящаяся на одну направляющую, составляет  $0,6 \times 3,6 = 2,16 \text{ м}^2$ . Количество кронштейнов на один  $\text{м}^2$  фасада составляет  $5/2,16 = 2,31 \text{ шт}/\text{м}^2$ . Стена, на которую крепится рассматриваемый фасад, представляет собой кладку из ячеистобетонных блоков на цементно-песчаном растворе толщиной 0,20 м или из керамического кирпича. Плотность ячеистого бетона  $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Согласно [4] расчетное значение коэффициента теплопроводности такой кладки из ячеистобетонных блоков составляет  $0,32 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ , а кладки из керамического кирпича плотностью  $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$  согласно [2] –  $0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ . Расчетное значение коэффициента теплофизической однородности, определенное по методике [3] составляет  $\gamma = 0,65 - 0,60$  (без учета оконных откосов и других теплопроводных включений кроме кронштейнов).

Условное сопротивление теплопередаче конструкции стены с вентиляруемым фасадом согласно [2] составляет:





Рис. 1. Реконструируемое здание в Москве с монтируемым фасадом и алюминиевой подконструкцией



Рис. 2. Опираение витража



Рис. 3. Отсутствие воздушного зазора (вид снизу)

$$R_{\text{сст}}^{\text{вент}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{0,32} + \frac{0,14}{0,045} + \frac{1}{12} = 3,93 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

или

$$R_{\text{сст}}^{\text{вент}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,14}{0,045} + \frac{1}{12} = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче, рассматриваемой конструкции стены с вентилируемым фасадом составляет:

$$R_{\text{сст}}^{\text{вент}} = 3,93 \times 0,65 = 2,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

или

$$R_{\text{сст}}^{\text{вент}} = 3,62 \times 0,6 = 2,17 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Требуемое значение сопротивления теплопередаче стены административного здания составляет 2,68 (м<sup>2</sup> · °C)/Вт. Т.е. даже без учета влияния витражей сопротивление теплопередаче рассматриваемой конструкции стены с вентилируемым фасадом не удовлетворяет требованиям [2] (однако удовлетворяет требованиям [5]).

Между тем узлы опирания витражей (рис. 2) не выдерживают никакой критики. При монтаже данного фасада следует принять специальные меры, чтобы избежать промерзания этих узлов. Очевидно, что через эти узлы будут осуществляться дополнительные теплопотери.

Таким образом, в рассматриваемом примере решения, принятые на стадии проектирования, не обеспечивают теплозащиты, требуемой вторым этапом «энергосбережения» [2].

### Недостаточный учет кривизны стены, на которую осуществляется монтаж фасада

Вентилируемые фасады позволяют «выровнять» искривленную поверхность стены, на которую они монтируются. Эта возможность является одним из достоинств их применения. Вместе с тем нельзя допускать, чтобы она реализовывалась с ущербом для выполнения вентилируемым фасадом других функций.

При проектировании вентилируемых фасадов стремятся ограничить вылет крон-

штейнов. Это вызывает:

- частичное расположение направляющих и других элементов подконструкции в слое теплоизоляции;

- расположение гидроветрозащитной пленки не по утеплителю, а по направляющим, что, в свою очередь, еще больше уменьшает ширину воздушного зазора;

- снижение ширины воздушного зазора вплоть до его полного отсутствия (рис. 3).

Расположение направляющих в слое теплоизоляции (рис. 4), с точки зрения строительной теплофизики, невыгодно тем, что снижает коэффициент теплопроводности однородности. Температурное поле, соответствующее такому случаю, приведено на рис. 5. На стене из кирпичной кладки толщиной 25 см закреплены минераловатные плиты толщиной 14 см. Направляющая, в виде алюминиевого уголка, одной полкой утоплена в слой минеральной ваты. На рис. 5 приведены изотермы. Разность температур между соседними изотермами составляет 4 °C. Видно, что возмущение температурного поля сглаживается в слое утеплителя. Однако расположение полки алюминиевого уголка (направляющей) в этом слое приводит к снижению коэффициента теплопроводности однородности до значения  $\gamma=0,91$  и к соответствующему снижению сопротивления теплопередаче ограждения.



Рис. 4. Направляющая в виде алюминиевого уголка «утоплена» в слой минераловатного утеплителя

### → К ЧЕМУ ПРИВОДИТ НЕДОСТАТОЧНАЯ ШИРИНА ЗАЗОРА

Отсутствие воздушного зазора или недостаточная его ширина при некоторых условиях может вызвать скопление влаги и переувлажнение утеплителя (рис.7).

Таким образом, представляется целесообразным установить требования к ограничению кривизны стены, на которой предполагается монтаж вентилируемого фасада. Проектирование фасада осуществлять с учетом фактической кривизны поверхности стены так, чтобы соблюдалась ширина воздушного зазора, определенная из условия влагоудаления.

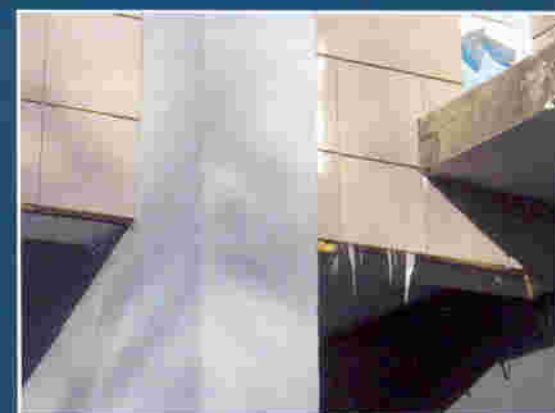


Рис. 7. Отсутствие воздушного зазора и влагоперенос через стену привели к скоплению влаги в утеплителе

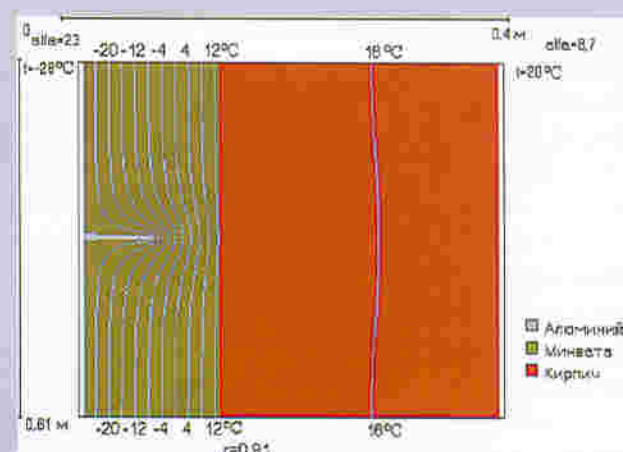


Рис. 5. Изотермы на участке стены с расположением части направляющей в слое минераловатного утеплителя. Коэффициент теплопроводности однородности  $\gamma=0,91$





Рис. 6. Гидроветрозащитная пленка расположена поверх горизонтальных направляющих

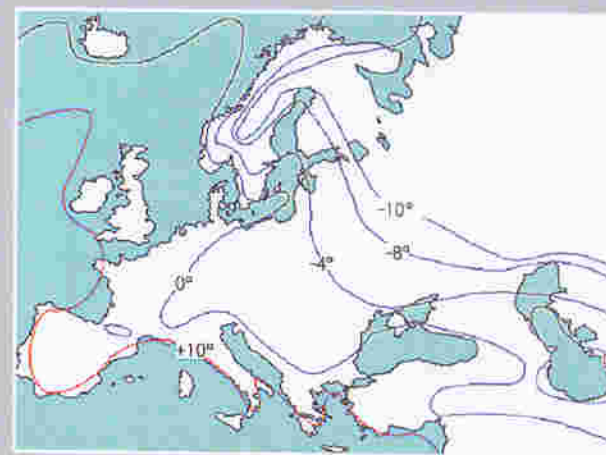


Рис. 10. Изотермы (линии равных температур) января на территории Европы [5]

Расположение гидроветрозащитной пленки не по утеплителю, а по направляющим (рис. 6) приводит к затруднению движения воздуха в воздушном зазоре, что препятствует удалению влаги из зазора. Закрепление пленки (не по поверхности утеплителя, а на расстоянии от него) вызывает ее колебания, что с одной стороны может сопровождаться звуковыми эффектами, а с другой - понижает ее долговечность.

### Отсутствие вентиляции воздушного зазора фасада

На некоторых зданиях применяются фасадные системы, в которых воздушный зазор фактически не вентилируется.

К таким фасадным системам относятся, прежде всего, те, в которых отсутствует

вход в воздушный зазор и отсутствуют зазоры между элементами облицовки (фото в начале статьи).

Встречаются также решения фасадов, в которых вход в воздушный зазор предусмотрен, но вентиляция в нем затруднена из-за большого сопротивления движению воздуха. Например, на рис. 9 фрагмент фасада небольшой высоты с облицовочными элементами из композитного материала, зазоры между которыми отсутствуют. Повышенное сопротивление движению воздуха создается горизонтальным участком воздушного зазора.

В таких случаях влага, попадающая в воздушный зазор из помещений вследствие влагопереноса через стену и слой теплоизоляции, почти не выходит в наружный воздух, скапливаясь в зазоре и увлажняя

теплоизоляцию. Вследствие этого снижается долговечность минераловатного утеплителя и его теплозащитные свойства.

В качестве обоснования для применения неветилируемых фасадов иногда ссылаются на зарубежный опыт эксплуатации таких фасадных систем в странах с теплым климатом (Италия, Турция и т.д.). При этом совершенно не учитываются особенности нашего климата, «не прощающего» подобные ошибки, и более высокие требования к теплозащите зданий в нашей стране. На рис. 10 приведены среднеянварские изотермы в Европе. Видно, что ни одна Европейская столица не сопоставима по этому показателю с Москвой (отсюда традиционно более низкая теплозащита зданий в Западной Европе по сравнению с Россией). В наших условиях теплозащитные свойства ограждений «востребованы» главным образом в отапливаемый период года, когда температура и влажность воздуха в

## Отсутствие учета воздухопроницаемости стен

При проектировании наружных стен с вентилируемыми фасадами практически не обращается никакого внимания на воздухопроницаемость стен. Эта проблема актуальна, поскольку с одной стороны минераловатный утеплитель обладает повышенной воздухопроницаемостью, а с другой - в верхней части здания может быть значительная эксфильтрация воздуха, обусловленная перепадом давлений за счет теплового напора. В зимнее время воздух, содержащий водяной пар, фильтруется из помещения через стену и утеплитель в воздушный зазор, при этом водяной пар конденсируется в утеплителе, повышая его влажность.

Во многих случаях стены, на которые крепится конструкция вентилируемого фасада, выполняются из кирпичной кладки (рис. 2) или ячеистобетонных блоков (рис. 1). Сопротивление воздухопроницанию таких стен чрезвычайно мало. По данным приложения 9 [2] оно не превышает  $18 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ .

Методика расчета сопротивления воздухопроницанию стены, требуемого для ограничения эксфильтрации, имеется в [8]. Его величина определяется перепадом давлений, а также сопротивлением паропроницанию стены и параметрами воздушного зазора. Оно может быть значительным и обеспечивается соответствующей отделкой стены с внутренней стороны. Особенно большие значения этого параметра должны быть обеспечены для стен верхних этажей высотных зданий. Так, для одного из зданий при высоте 200 м и климатических условиях января в г. Москве требуемое сопротивление воздухопроницанию, рассчитанное по этой методике, составило  $2450 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$  (для сравнения сопротивление воздухопроницанию слоя штукатурки цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке толщиной 15 мм составляет  $373 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$  [2]). В этом случае необходимо снижение требуемого сопротивления воздухопроницанию путем изменения конструкции вентилируемого фасада.



Рис. 9. Фасадная система с облицовочными элементами из композитного материала с отсутствующими зазорами между облицовочными элементами и с горизонтальным участком воздушного зазора



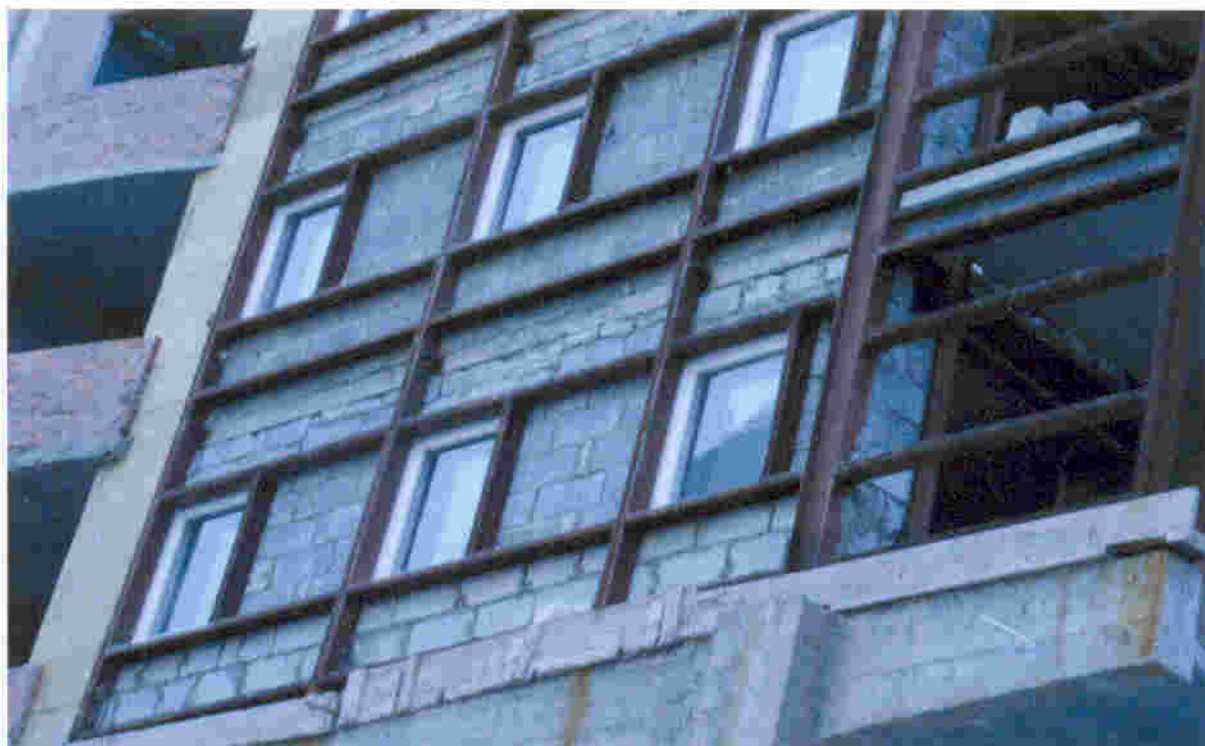


Рис. 11. Стена здания, подготовленная для монтажа вентилируемого фасада. Оконные проемы «обрамлены» стальными швеллерами

помещении выше, чем наружного воздуха. Влагоперенос осуществляется от внутреннего воздуха к наружному. В странах с теплым и влажным климатом свои проблемы, там помещения административных зданий снабжены системой кондиционирования воздуха. Перепад температуры и влажности воздуха по разные стороны ограждений большую часть года имеют противоположную направленность по сравнению с условиями России. Следовательно, проблема влажностного режима ограждений, в нашем понимании, незнакома южным строителям, и к их рекомендациям следует относиться скептически. В частности, вентилируемые фасады должны вентилироваться.

### Неправильное проектирование узлов примыкания оконных блоков

При проектировании узлов примыкания

оконных блоков к стене с вентилируемым фасадом основные ошибки заключаются в установке по контуру оконных блоков металлических элементов, которые являются мощными теплопроводными включениями. Необходимо проводить расчеты температурных полей, анализ которых поможет избежать дополнительных тепловых потерь и промерзания элементов блоков и оконных откосов.

На рис. 11 показана грубая и очевидная ошибка, допущенная проектировщиком при проектировании этих узлов. Менее очевидная ошибка представлена на рис. 12, где показано обрамление оконных откосов утепленным стальным профилем. Если конструкции на рис. 11 грозит промерзание, то конструкции на рис. 12 – повышенные тепловые потери. Ни в том, ни в другом случае теплотехнические расчеты узлов не проводились.



Рис. 12. Установка оконного блока с обрамлением по откосу стальным профилем, с последующим его утеплением

### Использованная литература.

1. Гагарин В.Г. Вентилируемые фасады. О некоторых теплотехнических ошибках, допускаемых при проектировании вентилируемых фасадов. // Журнал АВОК №2 (стр. 52-58), 2005.
2. СНиП II-3-79\*, Строительная теплотехника. - М., 1998.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором. // Журнал АВОК, 2004, №2, №3.
4. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. М., ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1992.
5. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. - М., 2004.
6. Паршев А.П. Энергосбережение – важнейший фактор повышения инвестиционной привлекательности. // Сборник докладов пятой научно-практической конференции 26-28 апреля 2000 года. (Академические чтения). М., НИИСФ, 2000.
7. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. М., Госстрой России, 2004. С.58.

## Строительство вентфасада - это комплексная задача, охватывающая множество аспектов

Вентилируемые фасады являются сложными конструкциями, использующими разнородные по своим свойствам материалы. Кажущиеся незначительными ошибки, допускаемые при создании таких конструкций, могут иметь серьезные последствия. Выше рассмотрены некоторые ошибки, касающиеся теплофизических аспектов, допускаемые при проектировании вентилируемых фасадов. Необходимо отметить, что они усиливаются ошибками при монтаже фасадных систем, про которые в данной статье речь не шла. Следует иметь также в виду, что помимо теплофизических существуют и другие проблемы (прочностные, коррозионные и т.д.), решение которых необходимо для надежной эксплуатации вентилируемых фасадов зданий. При проектировании вентилируемых фасадов необходимо комплексное рассмотрение многих аспектов с учетом их взаимного влияния.

Повышение качества проектирования фасадных систем эффективнее всего было бы решить путем создания соответствующих нормативных документов. Однако принятый «Закон о техническом регулировании» и ликвидация Госстроя России сделали не-

возможными наиболее эффективные решения подобных проблем. Тем не менее, некоторые пути решения рассматриваемой проблемы еще имеются. Для повышения надежности фасадных систем очень полезной представляется выдача Технических свидетельств, которую осуществляет Федеральный научно-технический центр сертификации в строительстве. В процессе подготовки Технического свидетельства осуществляется всесторонняя экспертиза фасадной системы, определяются ее основные технические характеристики [7]. Данные, приводимые в Техническом свидетельстве, следует использовать при проектировании фасадов конкретных зданий. Наличие Технического свидетельства упрощает контроль за качеством строительства, осуществляемый ИГАСНом. Правительство г. Москвы в 2004 года поручило специализированной организации ГУ Центр «Энлаком» осуществлять экспертизу проектов навесных фасадов всех зданий. Эти меры способствуют наведению порядка при проектировании и устройстве навесных фасадов зданий.