

Энергоэффективность навесных вентилируемых фасадов

В.Я. Ольшевский¹, А.Е. Донцова², А.В. Калинина³

¹⁻³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье обзор

Аннотация

В настоящее время система навесных вентилируемых фасадов является одним из наиболее широко применяемых типов конструкции стен. Ее перспективность обусловлена большим количеством достоинств. В статье описан процесс монтажа НВФ и приведены виды конструкций фасадов в зависимости от расположения профилей в подсистеме, материала крепежа, утеплителя и облицовки. Исследованы способы повышения энергоэффективности, выявлены причины теплопотерь. Был проведен ряд экспериментов по изучению теплотехнических характеристик НВФ с помощью тепловизора Fluke Ti32. Он позволил изучить распределение температуры на внутренней поверхности стены здания. В результате были выявлены температурные неоднородности и установлена необходимость проведения дальнейших опытов при других внешних условиях для сравнения результатов. В частности, возникла необходимость в низкой температуре снаружи здания для увеличения разности внутренней и внешней температур.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, навесная фасадная система, навесной вентилируемый фасад, фасадные профили, энергоэффективность

Содержание

1.	Введение	49
2.	Общие сведения, основные достоинства и недостатки	49
3.	Монтаж	50
4.	Сравнение различных видов	51
5.	Технология энергосбережения и основные проблемы	51
6.	Возможные решения проблем	52
7.	Дальнейшая перспективность технологии	52
8.	Натурные эксперименты	53
9.	Заключение	54

Контактный автор:

1. +79119199526, 79119199526@yandex.ru (Ольшевский Вячеслав Янушевич, аспирант)
2. +79811889300, anne.dontsoova@gmail.com (Донцова Анна Евгеньевна, студент)
3. +7(981)8318127, kalinina0906@yandex.ru (Калинина Акси́нья Васи́льевна, студент)

1. Введение

В настоящее время технология вентилируемых фасадов уверенно занимает своё место на рынке облицовочных материалов. Распространённость конструкции объясняется её положительными теплотехническими характеристиками, устойчивостью к атмосферным воздействиям, простотой монтажа и разнообразием облицовочных материалов и цветовых комбинаций.

Система навесных вентилируемых фасадов более энергоэффективна, чем система замкнутого фасада, однако нерешённой проблемой технологии является наличие мостиков холода в конструкции металлического каркаса. Пренебрежение точечными температурными мостиками в крепёжных системах может значительно снизить качество теплоизоляции фасада.

Анализ литературы подтверждает актуальность выбранной темы. Общий обзор навесных вентилируемых фасадов и их классификации, описание основных конструктивных элементов, их достоинств и недостатков, а также ошибок при монтаже и эксплуатации выполнены в работах [1-8]. В статьях [9,10] изучены конструктивные решения, выявлены наиболее важные и актуальные критерии для выбора конструктивных вариантов навесных вентилируемых фасадов. Гидравлические расчеты параметров течения воздуха в навесных вентилируемых фасадах, а также методики гидравлического расчета параметров течения воздуха в вентилируемом воздушном зазоре, позволяющие определить рациональные размеры гидравлически оптимального воздушного зазора в навесных фасадах зданий и сооружений представлены в статьях [11-21]. Принципиально новые технологии использования навесных вентилируемых фасадов рассмотрены в работе [22]. Энергетические и теплотехнические характеристики навесных вентилируемых фасадов рассматриваются в работах [23-28].

Несмотря на большое число исследований на данную тему, сохраняется необходимость более детального изучения навесных вентилируемых фасадов для дальнейшего улучшения свойств этой облицовочной системы здания вместе с уменьшением материальных затрат на ее создание.

Целью работы является выявление решений для улучшения теплотехнических характеристик систем НВФ и определение перспективности дальнейшего применения навесных вентилируемых фасадов как энергоэффективных конструкций.

Задачи:

1. Рассмотрение основных конструктивных элементов, достоинств и недостатков навесных вентилируемых фасадов;
2. Изучение технологии монтажа исследуемой системы;
3. Анализ факторов, влияющих на теплотехнические свойства фасада;
4. Выявление основных проблем в энергоэффективности НВФ и выдвижение вариантов их решения.

2. Общие сведения, основные достоинства и недостатки

Навесные вентилируемые фасады находятся на высоком уровне востребованности. Грамотное проектирование навесного вентилируемого фасада обеспечивает долгий срок эксплуатации облицовочной системы и экономию на отоплении и охлаждении помещений. НВФ подходят для всех видов строительства и монтируются на здание практически без специальной предварительной подготовки объекта строительства. Пригодны для реставрационных работ, в рамках которых обветшалые фасады зданий ремонтируются без значительных затрат. Составная система НВФ подразумевает простую замену повреждённых в процессе эксплуатации элементов фасада.

В результате жизнедеятельности в воздухе помещения всегда присутствует влага, проникающая и в стены здания. При понижении уличных температур, жидкость конденсируется; в стене появляется точка росы. При отрицательных внешних температурах влага замерзает, при этом теплопроводность стены повышается, а температурное расширение жидкости при смене агрегатного состояния способствует разрушению конструкции.

Основной особенностью вентилируемого фасада является наличие между слоем утеплителя и облицовкой здания вентиляционного зазора с пониженным давлением в нём. При установке такой системы точка росы смещается из материала несущей стены в слой утеплителя, из которого, за счёт пониженного давления, влага переносится в вентзазор, в котором выводится в атмосферу восходящим потоком воздуха. В итоге, конденсат не скапливается ни на поверхности стены, ни внутри неё.

Рассчитано, что для наилучшего движения воздуха в вентиляционном зазоре, он (зазор) должен расширяться снизу-вверх. Темп увеличения скорости растёт с увеличением ширины зазора. По расчетным данным, максимум скорости при обычной прямоугольной конструкции достигается при больших значениях ширины (порядка метра), что конструктивно неприемлемо. Поэтому применяют диффузорный навесной фасад с небольшим продольным уширением зазора, в котором при определенной ширине зазора скорость становится постоянной [21].

Важным элементом навесного вентилируемого фасада является утеплитель. В случаях, когда фасад должен выполнять существенную теплоизоляционную функцию в процессе эксплуатации, утеплитель устанавливают в два слоя. Слои различаются по геометрическим и физическим показателям, а стыки слоёв не

совпадают. Ближе к стене устанавливают более мягкий материал, способный компенсировать неровности поверхности, а для внешнего слоя используют более жёсткий и плотный утеплитель.

Можно выделить несколько недостатков вентилируемых фасадов. К самому очевидному следует отнести слабую стойкость к высокотемпературным последствиям. Это объясняется наличием ветрозащитной пленки, являющейся наиболее горючим материалом во всей системе НВФ.

Ещё одним явным недостатком систем НВФ можно считать склонность крепёжных систем, а именно оцинкованных кронштейнов, к коррозии, что ведёт к преждевременному разрушению фасада.

Недостатком тепло- и энергоэффективности является наличие точечных мостиков холода, которыми являются металлические кронштейны, пронизывающие утеплитель.

Вопреки распространённому мнению, вентилируемые фасады не улучшают звукоизоляционные характеристики стеновых ограждений. В работе Z. Fisarova, L. Kalousek, M. Frank, R. Brzon исследуется влияние системы НВФ на звукоизоляционные свойства стеновых ограждений здания. Результаты исследования показали наличие в НВФ акустически слабых точек, таких, как вентиляционные отверстия ухудшающих звукоизоляционные характеристики стены [3].

Цена вентилируемого фасада складывается из цены материалов и комплектующих и стоимости работы, умноженной на площадь накрываемой поверхности здания. НВФ условно подразделяются на три ценовые категории: эконом, средняя цена и дорогостоящий вентилируемый фасад.

3. Монтаж

Сложная система НВФ предполагает точность установки и поэтапный контроль качества подсистемы вентилируемого фасада. При контроле качества монтажа проверяется соответствие проектных и фактических данных с учетом предельных отклонений. От того, насколько грамотно выполнена и соблюдена технология монтажа вентилируемых фасадов зависит износоустойчивость всего здания. Около 80% всех первоначальных повреждений на зданиях возникают в течение первых пяти лет эксплуатации постройки, отражаются на правильности функционирования самой вентилируемой системы фасада и приводят к сокращению срока службы системы.

Этапы монтажа навесного вентилируемого фасада включают в себя:

1. Подготовительные работы;
2. Разметку точек установки кронштейнов;
3. Монтаж кронштейнов;
4. Монтаж теплоизоляции и ветрогидрозащитной плёнки;
5. Монтаж направляющих;
6. Монтаж оконных откосов и отливов;
7. Монтаж облицовки.

На подготовительном этапе со стен снимаются все внешние конструкции, удаляются отстающие слои штукатурки. Для новых зданий комплекс мероприятий не проводится, существующие неровности стен незначительны и компенсируются конструкцией крепежей (регулировка расстояния между направляющими и стеной осуществляется посредством алюминиевых кронштейнов) и мягким слоем утеплителя.

Разметка точек установки несущих и опорных кронштейнов на стене здания проводится в соответствии с технической документацией к проекту.

Монтаж несущих кронштейнов подсистемы вентилируемого фасада начинается с бурения отверстий в стене и установкой паронитовой прокладки под каждый кронштейн через анкерный дюбель. Наличие прокладки способствует уменьшению теплопотерь и создаёт зазор, способный поглотить деформацию конструкции в ходе эксплуатации. Кронштейны устанавливаются с помощью анкерных дюбелей.

Толщина и вид плит утеплителя определяются исходя из теплотехнического расчета [30].

Крепление к регулирующим кронштейнам вертикальных направляющих профилей обеспечивает создание воздушной подушки между верхним слоем утеплителя и отделкой, обеспечивающей циркуляцию воздуха и понижающей теплопроводность фасада. Профили устанавливаются свободно с целью компенсации температурных деформаций, возникающих в процессе эксплуатации фасада.

Облицовочные материалы крепят видимым и скрытым способами. В первом случае используются клеммеры с плоскими лапками, во втором – самораспорные анкеры (цанги).

При выборе крепежа решающую роль играет вес облицовочных материалов. Чем большая нагрузка планируется на анкер, тем больше должен быть его диаметр, и тем глубже он должен быть вмонтирован в стену. Соблюдение этого условия ведёт к необходимости учитывать материал и толщину несущих стен при выборе крепёжных конструкций. Здания из пенобетонных блоков, пустотелого кирпича и материалов, дающих стены плотностью ниже 600 кг/м², практически не могут быть оборудованы вентилируемым фасадом.

4. Сравнение различных видов

4.1. Различие по расположению профилей в подсистеме

Вид подсистемы	Особенности
Горизонтальная подсистема	Несущий профиль устанавливается горизонтально. Чаще всего используется для установки лёгких облицовочных материалов, таких, как вертикальный металосайдинг, профнастил, пластиковый сайдинг.
Вертикальная подсистема	Профиль устанавливается вертикально, компенсируя вертикальные нагрузки. Не подходит для установки на многоэтажных зданиях, т.к. уже на высоте 80 м боковые ветровые нагрузки могут достигать 200 кг/м ²
Вертикально-горизонтальная (смешанная) подсистема	Компенсируются все нагрузки. Подсистема пригодна для установки на здания и сооружения любой этажности и для использования тяжёлых видов облицовки (к примеру, натуральный камень толщиной 40-50 мм).

4.2. Различие по материалу крепежа

Материал	Особенности
Оцинкованная сталь	Наиболее распространена по причине наилучшего сочетания цены и несущей способности. Имеет сравнительно короткий срок службы по причине коррозии. Срок службы может быть увеличен за счёт порошковой окраски.
Нержавеющая сталь	Является наиболее долговечным и пожаробезопасным материалом. Дорогостоящая.
Алюминий	Менее подвержен коррозии, чем оцинкованная сталь, однако имеет большую степень теплового расширения и низкую температуру плавления. При пожаре разрушается, что ведёт к разрушению фасада, и дополнительным повреждениям. Противодействие пожарам осуществляется с помощью противопожарных рассечек.

4.3. Различие по материалу утеплителя

Теплоизоляционные материалы можно подразделить на три основные группы: ватные (минеральная и базальтовая вата), листовые (экструдированный пенополистирол, полистирольный пенопласт и пенополиуретан) и пенные материалы, наносимые напылением на поверхность конструкции, нуждающейся в утеплении [5]. Основным показателем для сравнения видов утеплителей является влагоемкость.

4.4. Различие по материалу облицовки

Здание с навесным вентилируемым фасадом может быть отделано бетонной облицовкой, керамогранитом, фиброцементными плитами, металлокассетами, композитными кассетами, искусственным камнем, клинкерной плиткой, алюминиевыми кассетами, натуральным камнем, HPL-панелями (High Pressure Laminate panels), кирпичом и объемной керамикой. Каждый из видов облицовочных материалов имеет свои особенности монтажа и эксплуатации.

5. Технология энергосбережения и основные проблемы

Энергоэффективность здания можно охарактеризовать как тепловую защиту, которая равна удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию в течение всего отопительного периода [30]. Одним из важных показателей является положение плоскости возможной конденсации (точки росы). Оно зависит от многих факторов: толщина и материалы слоев, температура и влажность в помещении, температура и влажность на улице.

«Мостиками холода» называют ту часть конструкции, которая имеет повышенную теплопроводность. Они являются зонами повышенной утечки энергии и приводят к снижению температуры внутри помещений в холодные времена года и перегреву помещений в жаркие времена года, образованию конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Различают четыре вида «мостиков холода»: геометрические (определяются архитектурно-конструктивными особенностями здания), материальные или конструктивные (характеризуются разной теплопроводностью строительных элементов и материалов), линейные (располагаются там, где заканчивается утепление стен дом) и точечные. К последнему типу относятся сквозные крепежные элементы, которыми в вентилируемых фасадах являются металлические кронштейны.

Металлический кронштейн проходит сквозь теплоизоляционный материал и из-за огромной разницы коэффициентов теплопроводности материала кронштейна и минераловатного утеплителя (около 1 000 раз для стали и около 5 000 раз для алюминия) снижает коэффициент теплотехнической однородности.

Коэффициент теплотехнической однородности — это безразмерный показатель, оценивающий снижение уровня теплозащиты ограждения вследствие наличия в нем различного вида теплотехнических неоднородностей. Он зависит от характеристик материалов и толщины слоёв ограждающей конструкции, а также от присутствия самих теплопроводных включений. Численное значение коэффициента оценивает, насколько эффективно используются теплоизоляционные свойства утеплителя в конструкции. Значение коэффициента теплотехнической однородности варьируется в пределах от 0,5 до 0,98.

При увеличении количества кронштейнов на единицу поверхности от одного до четырех этот коэффициент снижается с 0,93 до 0,76 (в случае кронштейнов из стали) и с 0,83 до 0,56 (если кронштейны алюминиевые). На практике количество кронштейнов не может быть ниже двух, в большинстве случаев их будет более трех, значит, коэффициент не будет превышать 0,8 и 0,6 для стальных и алюминиевых кронштейнов соответственно.

6. Возможные решения проблем

Определенный эффект в плане повышения энергоэффективности НВФ может быть достигнут за счет снижения количества кронштейнов на единицу поверхности при применении в наружном слое жестких теплоизоляционных плит большего размера (например, 1,2 × 1,5 м) и меньшей толщины (30 мм). Так как влияние металлических кронштейнов весьма существенно, то возникает необходимость увеличения толщины слоя утеплителя, а это означает увеличение цены на утеплитель в 1,5 раза

В ряде случаев проблему энергоэффективности помогает решить использование двухслойной изоляции: плиты второго (наружного) слоя утеплителя укладываются таким образом, чтобы перекрыть стыки плит первого слоя. В этом случае удается устранить «мостики холода» и максимально уменьшить потери тепла в здании. В двухслойных конструкциях теплоизоляции наружный слой выполняется из минераловатных плит более высокой плотности, чем внутренний, с целью обеспечения ветрозащиты, поэтому очевидно, что при определении конструктивного требования к толщине слоя должна учитываться проницаемость материала. Наружный теплоизоляционный слой выполняет как теплоизоляционные, так и ветрозащитные функции, поэтому регламентировать следует не отдельно плотность или толщину наружного слоя, а его воздухопроницаемость.

7. Дальнейшая перспективность технологии

В настоящее время развиваются технологии, способные повысить энергоэффективность НВФ. Одним из примеров может служить проект E2VENT. Основной целью проекта является модернизация многоэтажных жилых зданий, построенных в 60-70-х годах, которые характеризуются слабой изоляцией и низким качеством воздуха из-за отсутствия системы обновления воздуха.

E2VENT разрабатывает систематический подход для оснащения жилых зданий, способный обеспечить значительную экономию энергии. Отличительной особенностью этой системы является модульный рекуператор тепла, позволяющий восстанавливать энергию из вытяжного воздуха при обновлении воздуха с использованием двухпоточного теплообменника в воздушной полости. Система E2VENT повышает энергетические характеристики здания, при этом не уменьшая обновление свежего воздуха и обеспечивая систему хранения тепла для снижения пикового потребления электроэнергии или для охлаждения летом. Предлагаемое решение для модернизации зданий должно привести к сокращению потребности в энергии на 50%.

Разработанные проекты будут внедрены в вентилируемые фасады. Контроль над НВФ будет осуществляться в режиме реального времени системой интеллектуального управления на основе методов метеорологического прогнозирования. Производительность созданных систем будет проверена на стенде для фасадного покрытия Nobatek. С помощью данной технологии будут отремонтированы два здания, расположенные в разных климатических условиях – в Гданьске (Польша) и Бургосе (Испания).

8. Натурные эксперименты

В рамках исследования был проведён ряд экспериментов по изучению теплотехнических характеристик стены с установленным на ней навесным вентилируемым фасадом. Было предположено, что наличие мостиков холода может также вести и к проявлению температурной неоднородности на поверхности стены, которую можно будет зафиксировать с помощью тепловизора.

Для проверки гипотезы было выбрано помещение в здании научно-исследовательского корпуса СПбГУ (СПб, ул. Политехническая, д. 29к14). Для определения температурных характеристик стены был использован тепловизор Fluke Ti32. Он позволил изучить распределение температуры на внутренней поверхности стены здания. Тепловизирующее обследование проводилось для трех площадок стены на северо-восточной стороне здания:

- Калибровочное. Рассматривается участок стены с установленными в нём воротами для общей оценки утечек тепла и обзора возможностей устройства.

- 1) Простенок шириной 1500 мм между витражными остеклениями.
- 2) Сплошная стена.

Второй и третий эксперименты проводились с целью сравнения распределения температур в различных условиях: там, где есть непосредственные утечки тепла (через оконные проёмы), и там, где утечки тепла не имеют ярко выраженного характера (через кронштейны).

Опыты проводились 05.12.2017 со следующими погодными условиями:

- Температура воздуха -1°C ;
- Влажность 93%
- Атмосферное давление 754 мм.рт.ст;
- Ветер ююз, 3 м/с.

Температура в помещении составляла $+21^{\circ}\text{C}$, что позволяло провести снятие экспериментальных данных (результаты считаются достоверными при различии температур не менее, чем на 20°C).

Полученные измерения были отражены на термограммах.

В результате тепловизионного обследования участка стены с воротами были зафиксированы очевидные теплопотери по контуру проёма и на соединительных элементах ворот. Средняя температура ворот – 19°C , температура «холодных частей» около 14°C . Общий разброс температур замерялся в диапазоне $11...18^{\circ}\text{C}$.

Значительных различий между результатами первого и второго экспериментов не наблюдалось. Температура стены в первом опыте ожидаемо повышалась ближе к оконным проёмам, что предполагает наличие труб отопления, расположенных внутри стены. Распределение температур по стене было равномерным.

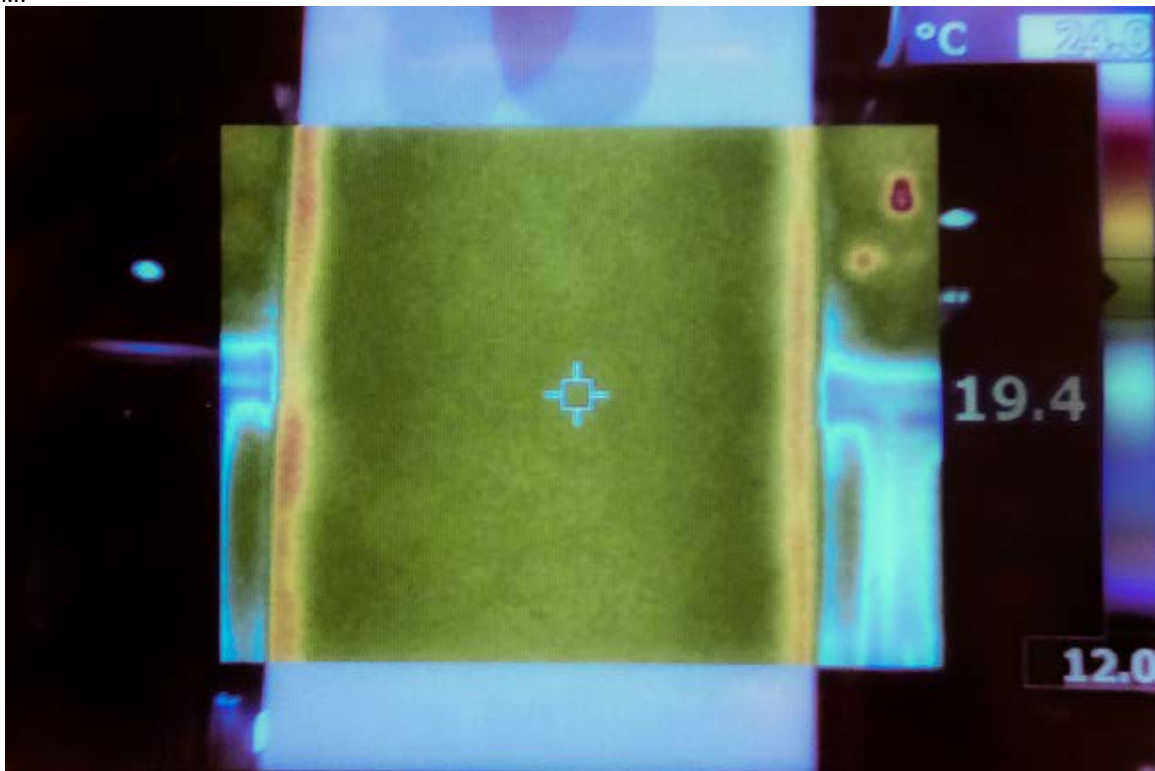


Рис. 1. Измерение температуры простенка.

На термограмме второго опыта были выявлены температурные неоднородности, отражённые в виде вертикальных линий с повышенной температурой (более теплого оттенка). Исходя из их размеров, а также визуальной однородности стены, в этом месте, предположительно, находятся электрические провода, расположенные под слоем штукатурки.

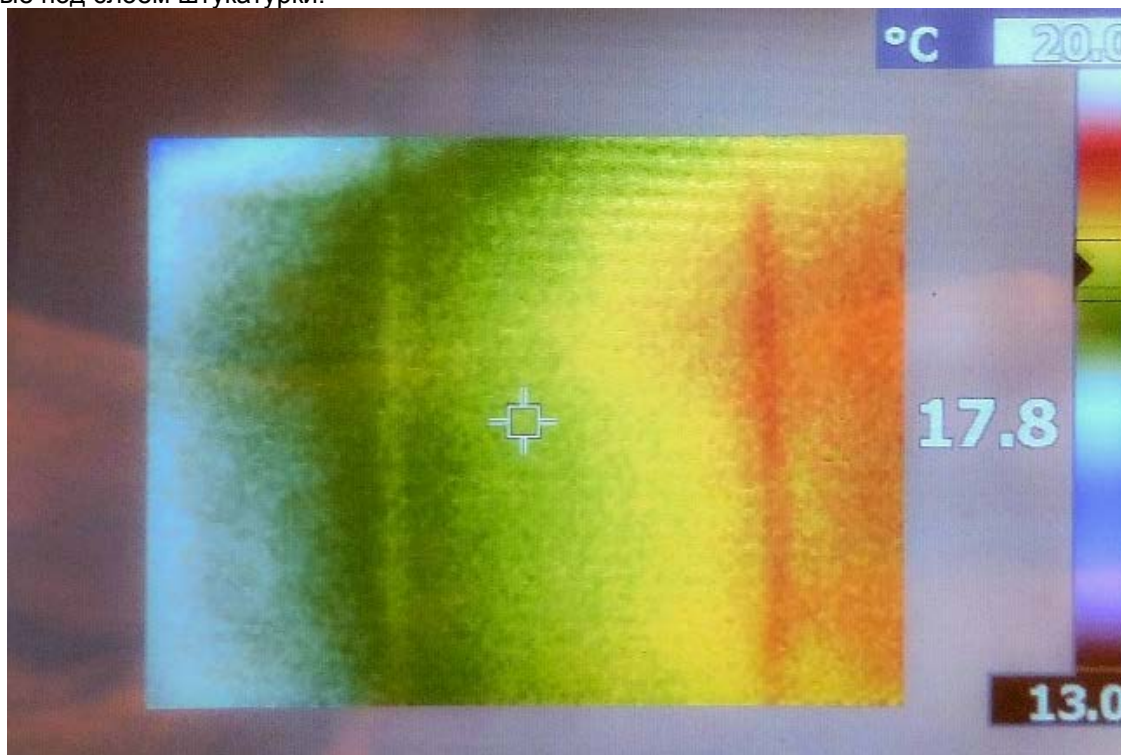


Рис. 2. Участок стены с температурными неоднородностями

Результаты экспериментов не подтвердили предположений: на стене не было выявлено регулярно повторяющихся температурных неоднородностей, связанных с кронштейнами вентилируемого фасада. Отсутствие подтверждений гипотезы имеет несколько объяснений:

1. Недостаточно высокая чувствительность прибора;
2. Недостаточное различие наружных и внутренних температур и недостаточно низкая температура на улице.

Совокупность вышеперечисленных факторов делает очевидной необходимость проведения повторных исследований этих же участков стен в условиях более низких наружных температур, а вследствие этого и большей разности температур снаружи и внутри помещения. После повторных экспериментов может быть проведено сравнение результатов, на основе которого будут сделаны более достоверные выводы.

9. Заключение

Были рассмотрены основные достоинства и недостатки навесных вентилируемых фасадов, исследованы виды НВФ и особенности монтажа данных стеновых систем. Основным достоинством НВФ является возможность выноса точки росы за пределы стены и последующей сушки утеплителя естественной циркуляцией воздуха в вентиляционном зазоре. К недостаткам можно отнести низкую огнестойкость, склонность крепёжных систем к коррозии и ухудшение звукоизоляционных характеристик ограждающих конструкций.

Основной проблемой навесных вентилируемых фасадов остаётся влияние металлических кронштейнов (мостиков холода) на теплопотери стены. Они пронизывают утеплитель, приводя к понижению коэффициента теплотехнической однородности вследствие разницы коэффициентов теплопроводности материалов кронштейна и утеплителя. Все существующие решения проблемы сводятся к уменьшению количества кронштейнов на единицу площади или увеличению толщины теплоизоляционного слоя. Это является экономически невыгодным, поэтому не используется повсеместно.

Система НВФ является перспективной в силу большого количества достоинств, поэтому актуальным остаётся дальнейшее изучение её теплотехнических характеристик и поиск решений для снижения теплопотерь через мостики холода.

Было проведено исследование теплотехнической однородности стены с установленным на ней вентилируемым фасадом. С помощью тепловизора были зафиксированы температурные характеристики стены. По результатам опытов очевидной является необходимость проведения повторных экспериментов с иными условиями внешней среды.

Литература

References

- [1]. M. King, A. Khan, N. Delbosc, H.L. Gough, C. Halios, J.F. Barlow, C.J. Noakes. Modelling urban airflow and natural ventilation using a GPU-based lattice-Boltzmann method. *Building and Environment*. 2017. Vol. 125. Pp. 273-284.
- [2]. V.M. Tushina. To the Problem of Bearing Capacity and Operational Reliability of Suspended Ventilated Façade. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 153. Pp. 799-804.
- [3]. Z. Fisarova, L. Kalousek, M. Frank, R. Brzon. The influence of ventilated facade on sound insulation properties of envelope walls. 8th International Scientific Conference Building Defects. 2016. Vol. 93. No. UNSP 03003.
- [4]. Колесова Е.Н. Исследование характера работы систем вентилируемых фасадов зданий // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. №1(25). С. 93-104
- [5]. Колесова Е.Н. Навесной вентилируемый фасад: классификация элементов, входящих в его состав, и проблемы, связанные с проектированием воздушного зазора // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. №2. С. 22-28
- [6]. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5. С.7-11.
- [7]. Якубов С. Вентилируемые фасады для российского климата // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. №9(129). С. 81-85.
- [8]. Журавлева А.А. Рациональные конструктивные решения устройства навесных вентилируемых фасадов // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. 2016. С. 139-140.
- [9]. Туснина О.А., Емельянов А.А., Туснина В.М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8(43). С. 54–63.
- [10]. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы при естественной вентиляции // Жилищное строительство. 2013. № 10. С. 14-17.
- [11]. Емельянова В.А., Немова Д.В., Мифтахова Д.Р. Оптимизированная конструкция навесного вентилируемого фасада // Инженерно-строительный журнал. 2014. №6(50). С. 53-66.
- [12]. Корниенко С.В. Температурно-влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 389–394.
- [13]. Немова Д.В. Интегральные характеристики термогравитационной конвекции в воздушной прослойке навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №2(37). С.24-36.
- [14]. Немова Д.В., Емельянова В.А., Мифтахова Д.Р. Экстремальные задачи расчета
- [1]. M. King, A. Khan, N. Delbosc, H.L. Gough, C. Halios, J.F. Barlow, C.J. Noakes. Modelling urban airflow and natural ventilation using a GPU-based lattice-Boltzmann method. *Building and Environment*. 2017. Vol. 125. Pp. 273-284.
- [2]. V.M. Tushina. To the Problem of Bearing Capacity and Operational Reliability of Suspended Ventilated Façade. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 153. Pp. 799-804.
- [3]. Z. Fisarova, L. Kalousek, M. Frank, R. Brzon. The influence of ventilated facade on sound insulation properties of envelope walls. 8th International Scientific Conference Building Defects. 2016. Vol. 93. No. UNSP 03003.
- [4]. Kolesova Ye.N. Issledovaniye kharaktera raboty sistem ventiliruyemykh fasadov zdaniy [Investigation of the character of work of ventilated facade systems]. *PNRPU Construction and Architecture Bulletin*. 2016. No.1 (25). Pp. 93-104 (rus)
- [5]. Kolesova Ye.N. Navesnoy ventiliruyemyy fasad: klassifikatsiya elementov, vkhodyashchikh v yego sostav, i problemy, svyazannyye s proyektirovaniyem vozdušnogo zazora [Hinged ventilated facade: the classification of the elements included in its composition and the problems associated with the design of the air gap]. *PNRPU Construction and Architecture Bulletin*. 2016. No. 2. Pp. 22-28
- [6]. Nemova D.V. Navesnyye ventiliruyemye fasady: obzor osnovnykh problem [Hinged ventilated facades: an overview of the main problems]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 5. Pp.7-11.
- [7]. Yakubov S. Ventiliruyemye fasady dlya rossiyskogo klimata [Ventilated facades for the Russian climate]. *Plumbing. Heating. Conditioning. Energy Efficiency*. 2012. No. 9(129). Pp. 81-85.
- [8]. Zhuravleva A.A. Ratsionalnyye konstruktivnyye resheniya ustroystva navesnykh ventiliruyemykh fasadov [Rational design solutions for ventilated facades]. *Scientific and technical progress: current and future directions of the future*. 2016. Pp. 139-140. (rus)
- [9]. Tushina O.A., Yemelyanov A.A., Tushina V.M. Teplotekhnicheskiye svoystva razlichnykh konstruktivnykh sistem navesnykh ventiliruyemykh fasadov [Thermotechnical properties of various structural systems of hinged ventilated facades]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 8(43). Pp. 54–63. (rus)
- [10]. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I. Skorost dvizheniya vozdukh v prosloyke navesnoy fasadnoy sistemy pri yestestvennoy ventilatsii [The speed of air movement in the interlayer of the hinged facade system with natural ventilation]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2013. No. 10. Pp. 14-17. (rus)
- [11]. Yemelyanova V.A., Nemova D.V., Miftakhova D.R. Optimizirovannaya konstruktsiya navesnogo ventiliruyemogo fasada [Optimized design of a hinged ventilated façade]. *Magazine of Civil Engineering*. 2014. No. 6(50). Pp. 53-66. (rus)
- [12]. Korniyenko S.V. Temperaturno-vlazhnostnyy rezhim naruzhnykh sten s ventiliruyemym fasadom [Temperature-humidity regime of external walls with a ventilated façade]. *Academia. Architecture and Construction*. 2009. No. 5. Pp. 389–394. (rus)
- [13]. Nemova D.V. Integralnyye kharakteristiki termogravitatsionnoy konveksii v vozdushnoy prosloyke navesnykh ventiliruyemykh fasadov [Integral characteristics of thermogravitational convection in the

- свободноконвективных движений в навесных вентилируемых фасадах // Инженерно-строительный журнал. 2013. №8(43). С. 46-53.
- [15]. Немова Д.В., Ольшевский В.Я., Цейтин Д.Н. Гидростатика термогравитационной конвекции в вертикальном канале // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета. 2013. №4-1(183). С. 295-301.
- [16]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 51-56.
- [17]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Достаточные условия существования свободноконвективного течения в вертикальном щелевом канале // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2012. №147. С. 276-282.
- [18]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В., Явтушенко Е.Б. Гидравлически оптимальная вентилируемая щель // Инженерно-строительный журнал. 2013. №2(37). С. 35-40.
- [19]. Явтушенко Е. Б. Основы гидравлического расчета навесных вентилируемых фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 2 (7). С. 55-61.
- [20]. Явтушенко Е.Б., Петроченко М.В. Диффузорная конструкция навесного вентилируемого фасада // Инженерно-строительный журнал. 2013. №8(43). С. 38-45.
- [21]. D. Bikas, K. Tsikaloudaki, K.J. Kontoleon, C. Giarma, S. Tsoka, D. Tsigoti. Ventilated Facades: Requirements and Specifications Across Europe. Procedia Environmental Sciences. 2017. Vol. 38. Pp. 148-154.
- [22]. E. Iribar-Solaberrieta, C. Escudero-Revilla, M. Odriozola-Maritorea, A. Campos-Celador, C. García-Gáfaró. Energy Performance of the Opaque Ventilated Façade. Energy Procedia. 2015. Vol. 78. Pp. 55-60.
- [23]. J. Ratnieks, A. Jakovics, S. Gendelis. Long term energy efficiency study on different wall envelopes in Latvian climate conditions. Energy Procedia. 2017. Vol. 132. Pp. 441-446.
- [24]. L. Liu, Z. Yu, H. Zhang. Simulation study of an innovative ventilated facade utilizing indoor exhaust air. Energy Procedia. 2017. Vol. 121. Pp. 126-133.
- [25]. M. Shahrestani, R. Yao, E. Essah, L. Shao, A.C. Oliveira, A. Hepbasli, E. Biyik, T. del Caño, E. Rico, J.L. Lechón. Experimental and numerical studies to assess the energy performance of naturally ventilated PV façade systems. Solar Energy. 2017. Vol. 147. Pp. 37-51.
- [26]. Prieto, U. Knaack, T. Auer, T. Klein. Solar coolfacades: Framework for the integration of solar cooling technologies in the building envelope. Energy. 2017. Vol. 137, Pp. 353-368.
- [27]. S. Ahola, J. Lahdensivu. Long term monitoring of repaired external wall assembly. Energy Procedia. 2017. Vol. 132. Pp. 375-380.
- air layer of hinged ventilated facades]. Magazine of Civil Engineering. 2013. No. 2(37). Pp.24-36. (rus)
- [14]. Nemova D.V., Yemelyanova V.A., Miftakhova D.R. Ekstremalnyye zadachi rascheta svobodnokonvektivnykh dvizheniy v navesnykh ventiliruyemykh fasadakh [Extremal calculation problems of free convective movements in ventilated facades] // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №8(43). С. 46-53.
- [15]. Nemova D.V., Olshevskiy V.Ya., Tseytin D.N. Gidrostatika termogravitatsionnoy konveksii v vertikalnom kanale [Hydrostatics of thermogravitational convection in a vertical channel] // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo Politekhnikeskogo universiteta. 2013. №4-1(183). С. 295-301.
- [16]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V. Gidravlika svobodnokonvektivnykh techeniy v ograzhdayushchikh konstruktsiyakh s vozdushnym zazorom [Hydraulics of freely convective currents in enclosing structures with an air gap] // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №8(26). С. 51-56.
- [17]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V. Dostatochnyye usloviya sushchestvovaniya svobodnokonvektivnogo techeniya v vertikalnom shchelevom kanale [Sufficient conditions for existence of free convection flow in vertical narrow channels] // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU. 2012. №147. С. 276-282.
- [18]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V., Yavtushenko Ye.B. Gidravlicheski optimalnaya ventiliruyemaya shchel [A hydraulically optimum ventilated gap] // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №2(37). С. 35-40.
- [19]. Yavtushenko Ye. B. Osnovy gidravlicheskogo rascheta navesnykh ventiliruyemykh fasadov [Fundamentals of hydraulic design for ventilated facades] // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 2 (7). С. 55-61.
- [20]. Yavtushenko Ye.B., Petrochenko M.V. Diffuzornaya konstruktziya navesnogo ventiliruyemogo fasada [Diffuzornaya konstruktziya navesnogo ventiliruyemogo fasada] // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №8(43). С. 38-45.
- [21]. D. Bikas, K. Tsikaloudaki, K.J. Kontoleon, C. Giarma, S. Tsoka, D. Tsigoti. Ventilated Facades: Requirements and Specifications Across Europe. Procedia Environmental Sciences. 2017. Vol. 38. Pp. 148-154.
- [22]. E. Iribar-Solaberrieta, C. Escudero-Revilla, M. Odriozola-Maritorea, A. Campos-Celador, C. García-Gáfaró. Energy Performance of the Opaque Ventilated Façade. Energy Procedia. 2015. Vol. 78. Pp. 55-60.
- [23]. J. Ratnieks, A. Jakovics, S. Gendelis. Long term energy efficiency study on different wall envelopes in Latvian climate conditions. Energy Procedia. 2017. Vol. 132. Pp. 441-446.
- [24]. L. Liu, Z. Yu, H. Zhang. Simulation study of an innovative ventilated facade utilizing indoor exhaust air. Energy Procedia. 2017. Vol. 121. Pp. 126-133.
- [25]. M. Shahrestani, R. Yao, E. Essah, L. Shao, A.C. Oliveira, A. Hepbasli, E. Biyik, T. del Caño, E. Rico, J.L. Lechón. Experimental and numerical studies to assess the energy performance of naturally ventilated PV façade systems. Solar Energy. 2017. Vol. 147. Pp. 37-51.
- [26]. Prieto, U. Knaack, T. Auer, T. Klein. Solar coolfacades: Framework for the integration of solar cooling technologies in the building envelope. Energy. 2017. Vol. 137, Pp. 353-368.
- [27]. S. Ahola, J. Lahdensivu. Long term monitoring of repaired external wall assembly. Energy Procedia. 2017. Vol. 132. Pp. 375-380.

- [28].T. Theodosiou, K. Tsikaloudaki, D. Bikas. Analysis of the Thermal Bridging Effect on Ventilated Facades. Procedia Environmental Sciences. 2017. Vol. 38. Pp. 397-404.
- [29].СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
- [30].СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
- [28].T. Theodosiou, K. Tsikaloudaki, D. Bikas. Analysis of the Thermal Bridging Effect on Ventilated Facades. Procedia Environmental Sciences. 2017. Vol. 38. Pp. 397-404.
- [29].SP 50.13330.2012 «Teplovaya zashchita zdaniy» [Thermal performance of the buildings]. Actualized redaction of SNiP 23-02-2003.
- [30].SP 23-101-2004 «Proyektirovaniye teplovoy zashchity zdaniy» [Design of hermal performance of the buildings].

Ольшевский, В.Я., Донцова, А.Е.
Энергоэффективность навесных
вентилируемых фасадов // Alfabuild. 2019. №
3(10). С. 48-58.

Olshevskiy, V.Y., Dontsova, A.E., Kalinina, A.V. N5
Energy efficiency of hinged ventilated facades.
Alfabuild. 2019. 3(10). Pp. 48-58. (rus)

Energy efficiency of hinged ventilated facades

V.Y. Olshevskiy¹, A.E. Dontsova², A.V. Kalinina³

¹⁻³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

The purpose of the study was to to examine thermal homogeneity of the wall with ventilated façade. In the theoretical part of the study the main aim was to study basic characteristics of ventilated façade system. Despite high energy efficiency rates of such systems, the key issue was the thermal bridge problem. Previous studies have indicated that anchors, on which the metal profile is fixed, penetrate the insulation, degrading the thermal characteristics of the wall. The study was aimed at assessing the strength of the thermal bridge effect by creating a wall thermogram. The results of the study showed the need of reiteration of the experiments in other weather conditions for greater reliability of information.

Keywords:

energy efficiency, facades, thermal insulation, ventilation, air circulation, natural ventilation

¹ Corresponding author

1. +79119199526, 79119199526@yandex.ru (Olshevskiy Vyacheslav, PhD student)
2. +79811889300, anne.dontsoova@gmail.com (Dontsova Anna, undergraduate)
3. +7(981)8318127, kalinina0906@yandex.ru (Kalinina Aksinya, undergraduate)