Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 12 (39). 2015. 32-42

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spb.ru

Вентилируемые стеклянные фасады. Параметры воздушного зазора

Е.А. Стаценко [1], А.Ф. Островая [2], С.С. Киселев [3]

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

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 53.06	Подана в редакцию 21 октября 2015	стеклянные вентилируемые фасады; системы вентиляции; эксплуатация фасадов; облицовочный слой; теплоизоляция; архитектурные решения.;

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается тип конструкции НВФ, который позволяет создать внутри помещения благоприятный микроклимат с необходимой освещенностью, температурой, влажностным режимом и движением воздуха, защищая при этом от негативных атмосферных воздействий. Также приведена схема конструкции, её преимущества и исследованы факторы, влияющие на выведение влаги из воздушного зазора фасада. При соблюдении технологии улучшаются показатели влагоустойчивости фасадов, выравниваются температурные колебания, обеспечивается нормальное функционирование всей системы в целом. Несмотря на множество достоинств данного типа фасадов имеют место и некоторые недостатки, поэтому полученные данные указывают на необходимость дальнейшего исследования систем вентилируемых стеклянных фасадов и работы над устранением выявленных недостатков.

Содержание

1. Введение 33
2. Обз2ор литературы 33
3. Постановка задач исследования 33
4. Основная часть 33
5. Заключение 36

1 *Контактный автор:*
+7(981) 839 8538, staclena@mail.ru (Стаценко Елена Александровна, студент)
2 +7(953) 344 9063, stasya2609@yandex.ru (Островая Анастасия Федоровна, студент)
3. +7(964) 385 0520, kiselev_sergei@mail.ru (Киселев Сергей Сергеевич, студент)

1. Введение

Вентилируемые стеклянные фасады - это качественно новый подход к обустройству фасадов здания.

Данный тип конструкций позволяет создать внутри помещения благоприятный микроклимат с необходимой освещенностью, температурой, влажностным режимом и движением воздуха, защищая при этом от негативных атмосферных воздействий. Высокие теплозащитные свойства считаются одной из основных причин использования навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в современном строительстве.

Для климата Санкт-Петербурга данные конструкции являются наиболее актуальными, так как в зимний период разница между температурами внутри и снаружи здания очень велика. Образующийся водяной пар наносит серьезный вред стенам зданий, заставляя остаточные водяные пары просачиваться наружу. Там они остывают, выпадают в виде росы и замерзают. Это способствует быстрому разрушению в первую очередь наружных отделочных слоев стен. Применение вентилируемых фасадов избавляет от этих проблем.

В данной статье рассмотрены схема конструкции, проблема регулирования влажностного режима в зазоре стеклянного вентилируемого фасада, его преимущества и недостатки.

2. Обзор литературы

Значительную роль в освещение темы «Стеклянные вентилируемые фасады» внесли авторы работ [1-27] – Д.В. Немова, М.Р. Петриченко, Е.Б. Явтушенко., М.В. Петроченко и другие.

В статье [1] рассматриваются пути решения проблем энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий при использовании систем вентиляций. В работе [2] автор рассматривает основные проблемы навесных вентилируемых фасадов. В публикации [3] рассматривается конструктивное решение вентилируемого фасада. В тексте работы [4] проведен анализ и оценка возможностей светопрозрачных конструкций. В статье [5] автор анализирует преимущества применения технологии вентилируемых фасадов, а также их общий теплотехнический расчет. В описании публикации [6] рассматриваются преимущества и достоинства вентилируемых фасадов. В работе [23] автор исследует комплексные фотоэлектрические системы, естественную вентиляцию зданий. В статье [24] рассматриваются биологические характеристики стеклянных вентилируемых фасадов.

Авторы публикации [25] анализируют вопросы естественной вентиляции, теплопередачи и защиты от перегрева двойных вентилируемых фасадов. В работе [26] рассматривается применение данных конструкций в регионах с холодным климатом.

3. Постановка задач исследования

В результате анализа была сформулирована цель исследования: изучить конструктивные особенности и специфику физических явлений, происходящих в вентилируемых стеклянных фасадах. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Определение конструкционно-планировочного решения, обеспечивающего выполнение требований, предъявляемых к данному типу фасада;
- Объяснение функциональности вентилируемых стеклянных фасадов с точки зрения физики;

4. Основная часть

Стеклянный вентилируемый фасад состоит из четырех основных компонентов:

- Кронштейны;
- Утеплитель;
- Подсистема;
- Облицовочный слой (в нашем случае это стекло).

На первом этапе проведения работ составляется проект фасадов здания, в котором указывается расположение основных компонентов и определяется место размещения конструкции. Основанием для крепления вентилируемого фасада лучше всего служит стена из полнотелого кирпича.

Вторым этапом работ является монтаж: к наружным стенам здания крепятся кронштейны и слой утеплителя. Длина кронштейнов должна превышать толщину утеплителя, чтобы компенсировать неровности наружных стен. Плотность же утеплителя подбирается исходя из соображений защиты от расслоения восходящими потоками воздуха. Обычно это значение варьируется от 30 кг/м3 до 80 кг/м3. На кронштейны крепится подсистема – металлические стойки и ригели, положение которых определяется проектом. Последним является облицовочный слой, в нашем случае это стекло. Он представляет собой

наружную оболочку, которая надевается на фасад здания на определенном расстоянии, называемом воздушным зазором.

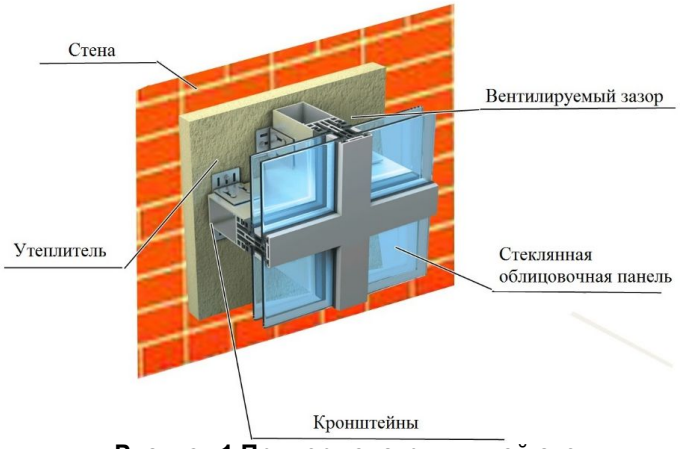

Рисунок 1.Пример конструктивной схемы стеклянного вентилируемого фасада

Существуют различные виды строения стеклянной облицовки зданий, которые различаются между собой принципом монтажа и составом монтажных групп:

4.1. Стоечно-ригельные системы

Они делятся на закрытые и полузакрытые. Наиболее распространенным типом системы является стоечно-ригельная система закрытого типа. Её основными конструктивными элементами являются горизонтальные ригели, вертикальные стойки. Основная часть каркаса находится внутри создаваемой облицовки. Декоративные алюминиевые профили видны только с внешней стороны на 50 мм. Они нужны, чтобы закрыть крепежно-прижимные планки стеклопакетов.

В полузакрытой же системе остекления присутствует одна вертикальная или горизонтальная декоративные крышки.

4.2. Структурные вентилируемые стеклянные фасады

Такие системы представляют собой теплые конструкции, они образуют единую стеклянную поверхность без видимых накладных декоративных планок. Необходимо оставлять минимальный компенсационный зазор между стеклами, иногда стеклопакет приклеивается к опорной алюминиевой раме, только после этого крепится к вертикальным стойкам и горизонтальным ригелям. Присутствие абсолютно жесткого каркаса здания является основным условием монтажа данной системы.

4.3. Полуструктурные системы

Состоят из обычной стоечно-ригельной и структурной системы остекления. Представляют собой модифицированные конструкции, несущий каркас которых состоит из стандартного набора горизонтальных и вертикальных профилей, однако вместо прижимных планок используют прижимные штапики, которые способны удерживать светопрозрачные элементы.

4.4. Комбинированные системы

Такой вентилируемый фасад из стекла комбинированной системы является структурной имиджевой системой остекления, где крепление стеклопакета к раме осуществляется посредством штапика, это обеспечивает высокую скорость монтажа.

4.5. Фасадная каркасная система

Крепление системы происходит на готовый стальной каркас, который закрыт декоративными профилями. Это усиленное сооружение применяют для облицовки вертикальных фасадов при крупногабаритном остеклении. Позволяет интегрировать открывающиеся элементы, в виде окон и дверей из пвх или алюминиевого профиля.

4.6. Крышная каркасная система

Этот тип фасадов представляет собой усиленную конструкцию из профилей, которые крепятся на существующий металлический каркас, закрытый декоративными профилями. Технические характеристики профилей обеспечивают монтаж плоских и наклонных стеклянных крыш, а также применение системы в крупногабаритном остеклении фасадов.

4.7. Спайдерные системы

Эта конструкция светопрозрачна, отличается высокой прочностью, идеально ровной поверхностью и присутствием невидимого каркаса.

Необходимо следить, чтобы воздушный зазор между облицовкой и утеплителем не оказался перекрытым. Это обеспечивает свободное движение воздушных потоков, способствующих выводу влаги из конструкции. Иначе могут появиться невентилируемые прослойки с малым воздухообменом, способствующие снижению теплозащитных свойств конструкции в целом.

С точки зрения физики в воздушном промежутке, за счет перепада температур и давлений, осуществляется циркуляция воздуха. Благодаря такой циркуляции воздуха здание будет охлаждаться естественным путем. Наличие вентилируемой прослойки необходимо для регулирования температуры здания и поддержания влажностного режима в зазоре.

Чтобы эффективно удалить влагу, необходимо иметь среднюю скорость движения воздуха в пределах 0.5-1 м/с.

Средняя скорость свободно-конвекционного течения (СКТ) в вентилируемом зазоре:

$$\vartheta = \varphi\sqrt{1-\frac{T_c}{T_h}}\sqrt{2gL}, \qquad (1)$$

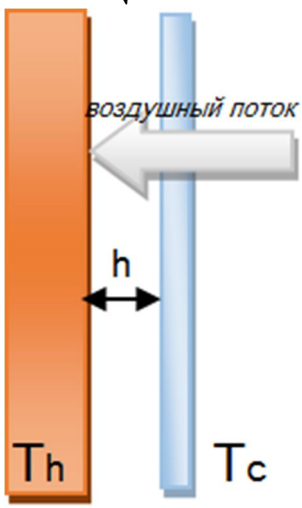

Рисунок 2. Схема движения воздушного потока.

где T_c – температура холодного стекла, T_h - температура стены, L – высота фасада, φ – коэффициент скорости, где ζ- коэффициентом местного сопротивления, которым при вычислении, в данном случае, можно пренебречь.

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\lambda\frac{L}{h}+\varsigma}}, \qquad (2)$$

где h – ширина зазора, λ –коэффициент гидравлического трения, λ=0.02

Вычислим допустимую ширину зазора, при котором будет осуществляться выведение влаги.

$$h = \frac{\vartheta^2\lambda}{2g(1-\frac{T_c}{T_h})} \qquad (3)$$

Чтобы вычислить допустимый интервал, подставим крайние значения скорости в полученные выражения.

При $\vartheta = 0.5\frac{м}{с}$, $h_{min} = \frac{0{,}5^2\cdot 0.02}{20\cdot 0.01} = 2.5(см)$

При $\vartheta = 1\frac{м}{с}$, $h_{max} = \frac{1^2\cdot 0.02}{20\cdot 0.01} = 10(см)$

Таким образом, величина зазора должна входить в интервал от 2.5 до 10 см.

Вычислим скорость СКД для зазора шириной 5 см:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1-\frac{T_c}{T_h}}{\lambda\frac{L}{h}}}\sqrt{2gL} = \sqrt{\frac{1-\frac{T_c}{T_h}}{\lambda}}\sqrt{2gh} = \sqrt{\frac{0.01}{0.02}}\sqrt{2gh} = 0.7\sqrt{2gh} = 3\sqrt{h} \qquad (4)$$

$$\vartheta = 3\sqrt{0.05} = 0.67\ (\frac{м}{с})$$

Результаты вычислений показали, что при данных параметрах здания (зазор равный 5 см) СКД=0.67 м/с, что входит в интервал от 0.5 до 1 м/с, т.е. вполне возможно сделать вентилируемый стеклянный фасад с должным удалением влаги. Также можно отметить, что на СКД оказывает влияние лишь ширина зазора h, а высота здания L не имеет значения.

Рассмотрим подробнее зависимость ϑ от h.

$$\vartheta = \varphi\sqrt{1-\frac{T_c}{T_h}}\sqrt{2gL},$$

$$\lambda = \frac{32}{\sqrt{G_{гр}}}; \qquad (5)$$

$$G_{гр} = \frac{gh^3}{\nu^2} \qquad (6)$$

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1-\frac{T_c}{T_h}}{32}\sqrt{G_{гр}}}\sqrt{2gh} \sim \sqrt{\sqrt{h^3}}\sqrt{h} = h^{\frac{1}{2}+\frac{3}{4}} = h^{\frac{5}{4}}$$

Значит, для высотных домов скорость ϑ пропорциональна $h^{\frac{5}{4}}$.

На подвижность воздуха в зазоре также влияет время года, но основополагающими факторами являются ветровой напор и интенсивность солнечной радиации. Действие напора ветра обусловлено ориентацией вертикальных поверхностей по сторонам света, т. е. наветренной и заветренной стороной.

При нагреве облицовочного слоя, вследствие действия солнечной радиации, возникает направленное движение воздушного потока в зазоре. Стекло и воздух прозрачны для теплового излучения (степень черноты воздуха ε≈0.05, стекла ε≈0.01) поэтому поток инфракрасного излучения, не рассеиваясь, достигает поверхности утеплителя, высушивая его.

Таким образом, совокупность перечисленных факторов позволяет эффективно выводить лишнюю влагу из зазора вентилируемого стеклянного фасада, тем самым увеличивая срок службы конструкции.

Расчетный срок эксплуатации вентфасадов составляет 50 лет, но этот параметр напрямую зависит от применяемых материалов. Также при соблюдении технологии улучшаются показатели влагоустойчивости фасадов, выравниваются температурные колебания, обеспечивается нормальное функционирование всей системы в целом.

К преимуществам наружной теплоизоляции фасадов можно отнести также повышение теплоаккумулирующих свойств стены. При отключении теплоснабжения, охлаждение стены будет происходить намного медленнее, чем при внутренней теплоизоляции. Также значительно улучшается звукоизоляция фасада, так как его панели и теплоизоляция поглощают звук в широком диапазоне частот. Стеклянные навесные фасады состоят из трудногорючих материалов, что обеспечивает большую пожарную безопасность.

Достоинства вентилируемого фасада:

- отвод влажного воздуха от фасадной стены через полость между ней и облицовкой;
- выравнивание уровней термических деформаций;
- повышенная инсоляция;
- высокие звуко - и теплоизоляционные характеристики;
- защита стены от негативных воздействий окружающей среды;
- практичность и длительный срок эксплуатации без профилактического ремонта;
- возможность замены отдельных деталей облицовки без нарушения покрытия и пригодность материалов к вторичной переработке
- широкий спектр использования современных фасадных материалов;
- позволяют реализовывать самые смелые архитектурные и дизайнерские фантазии.

Несмотря на множество достоинств данного типа фасадов, имеют место и некоторые недостатки:

- Сложность расчета проектных параметров. Недопустимость копирования ранее полученных расчетов: характеристики воздушного зазора и подконструкции должны подбираться не только исходя из геометрических и теплотехнических параметров здания, но и с учетом местоположения здания в пространстве.

- Обеспечение должного качества материалов и монтажа.
- Опасность возгорания. Считается, что система вентилируемых фасадов абсолютно пожаробезопасна, так как она создается трудносгораемых материалов. Но использование в системах ветрозащитных пленок группы горючести Г2 при возгорании может способствовать быстрому распространению огня по всей высоте здания.
- Стоимость. Такая система фасадов не может быть дешевой из-за применения различных современных и дорогих материалов и конструкций.

5. Заключение

Воздушная вентилируемая прослойка оказывает влияние на все теплофизические характеристики фасада, и ее правильная организация является важной практической задачей.

Поэтому при расчете тепловлажностного режима навесных вентилируемых фасадов необходимо учитывать особенности, которые создаются наличием воздушного зазора.

На скорость потоков воздуха, способствующих выведению лишней влаги из зазора, влияет только его ширина, а от высоты здания она не зависит. Следует отметить, что полученные данные указывают на

необходимость дальнейшего исследования систем вентилируемых стеклянных фасадов и работы над устранением выявленных недостатков.

Литература

[1]. Петриченко М.Р. Расщепляющие разложения в предельных задачах для обыкновенных квазилинейных дифференциальных уравнений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2012. Выпуск 2. С. 143-149.

[2]. Немова Д. В. Системы вентиляции в жилых зданиях как средство повышения энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 3, С. 84-86.

[3]. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5. С. 7-11.

[4]. Горшков А.С., Попов, Д.Ю. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8. С. 5-9.

[5]. Осипова Е.С. Светопрозрачные конструкции в современном строительстве // XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. 2005. С. 73-75.

[6]. Гагарин А.А., Вентилируемые фасады // XXXII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. 2004. С. 115.

[7]. Симакова Е.А. Современные технологии и материалы в архитектурных решениях фасадов зданий и сооружений // XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. 2005 . С. 100-102.

[8]. Явтушенко Е.Б., Петроченко М.В. Диффузорная конструкция навесного вентилируемого фасада // Инженерно – строительный журнал. 2013. №8. С. 38-45.

[9]. Явтушенко Е.Б. Основы гидравлического расчета навесных вентилируемых фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружения. 2013. С. 55-61.

[10]. Тихомирнов С.Н., Пантюхов Н.А., Соловьев А.В. Отработка методики определения теплотехнических свойств двойного фасада на полномасштабной модели типового этажа высотного здания. Результаты предварительных натурных исследований // Вестник МГСУ. 2011. С. 472.

[11]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Гидравлика свободно-конвективных течений в ограничивающих конструкциях с воздушным зазором // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8. С. 51-56.

[12]. Мельникова С.С., Панчук Н.Н. Стеклянные конструкции в архитектуре // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. С. 54-57.

[13]. Дербина С.Н., Борискина И.В., Плотников А.А. Двойные фасады как этап конструктивной эволюции светопрозрачных наружных оболочек зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2010. С. 56-59.

[14]. Емельянов А.А. К вопросу проектирования конструкции навесного вентилируемого фасада // Промышленное и гражданское строительство. 2010. С. 35-37.

[15]. Жуков Д.А. Системы вентилируемых фасадов // Строительство: наука и образование. 2012. С. 2-15.

[16]. Глазков Н.Л. Стекло для современной архитектуры: мода или прорыв в будущее // Архитектура и строительство России. №10. 2011. С.26-34.

[17]. Минько Н.И., Аткарская А.Б., Кеменов С. А. Использование стекла и изделий из него в современном строительстве // Строительные материалы. 2011. №10. С. 91-95.

[18]. Магай А.А., Дубынин Н.В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. 2010. № 2. С.14-21.

[19]. Шилкин Н.В. Возможность естественной вентиляции для высотных зданий // АВОК. 2005. №1. С. 18-26.

[20]. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В., Бродач М.М. Энергоэффективное высотное здание // АВОК. 2002. №3. С. 8-22.

[21]. Федяков Я.А. Монтаж навесных вентилируемых фасадов: основополагающие принципы // Экологические системы. 2011. №2. С. 12-15.

[22]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В., Явтушенко Е.Б. Гидравлически оптимальная вентилируемая щель. Инженерно-строительный. 2013.С. 35-40.

[23]. Petrichenko M.R. Ostrovaia A.F., Statsenko E.A. The Glass Ventilated Facades. Research of an Air Gap. Applied Mechanics and Materials. 2015. Pp. 87-92.

[24]. Hana Jun, Lua Lin, Penga Jinqing, Hongxing Yanga. Performance of ventilated double-sided PV facade compared with conventional clear glass facade. Energy and Buildings. 2013. Pp. 204–209.

[25]. Gaillard L., Giroux-Julien S., Menezo C., Pabiou H. Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. 5 p.

[26]. Wang F., Hou D, Liu X. Construction and development of a new ecological facade. International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering. 2013. Pp. 848-858.

[27]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behaviour in a double-skin facade. Centre for Sustainable Energy Technologies. 2014. Pp. 130-139.

[28]. Yang H., Feng X., Xia G., Wan Q. Experimental study on impact of ventilated double-skin facade on the indoor thermal environment in winter. International Symposium on Heating, Ventilation, and Air Conditioning. 2013. Pp. 721-724.

[29]. Jiru, T.E., Tao, Y.X., Haghighat, F. Airflow and heat transfer in sustainable building components-double-skin facades. 14th International Heat Transfer Conference. 2010. Pp. 93-100.

[30]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin Facade for global climate regions. World Energy Engineering Congress. 2011. Pp. 1538-1540.

[31]. Haase, M., Amato, A. Simplified convective heat transfer in vertical airflow regimes with shading device. 6th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids. 2010. Pp. 665-670.

[32]. Bai, G., Gong, G. Research on passive solar ventilation and building self-sunshading. International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring. 2011. Pp. 950-953.

[33]. Feng, X.,Yang, H., Feng, X.Y.,Jin, F.Y.,Xia, G.Q. A review of research development of ventilated double-skin façade. Applied Mechanics and Materials. 2014. Pp. 709-713.

The ventilated glass facades. Parameters of an air gap

E.A. Statsenko [1], A.F. Ostrovaia [2], S.S. Kiselev [3]

[1-3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO	Articlehistory	Keywords
scientific article **doi:**	Received 21 October 2015	The glass ventilated facades; systems of ventilation; operation of facades; a facing layer; thermal insulation; architectural concepts.;

ABSTRACT

In this article the type of a design of VF which allows to create indoors a favorable microclimate with necessary illumination, is considered by temperature, moisture conditions and the movement of air, protecting thus from negative atmospheric actions.High heat-shielding properties are considered to be one of the main reasons for the use of ventilated facades in modern construction. The scheme of a design, its advantage is also provided and the factors influencing removal of moisture from an air gap of a facade are investigated.From the point of view of physics in an air interval, due to difference of temperatures and pressure, air circulation is carried out. Effectively to remove moisture, it is necessary to have the average speed of the movement of air within 0.5-1 m/s. At observance of technology indicators of moisture-proofness of facades improve, temperature fluctuations are leveled, normal functioning of all system in general is provided. Despite a set of advantages of this type of facades take place and some shortcomings therefore the obtained data indicate the need of further research of systems of the ventilated glass facades and work on elimination of the revealed shortcomings. Thus, a quantitative calculation of parameters of an air gap is of great importance in the design of a multilayer building envelope.

1 *Corresponding author:*
+7(981) 839 8538, staclena@mail.ru (Elena Aleksandrovna Statsenko, Student)
2 +7(953) 344 9063, stasya2609@yandex.ru (Anastasia Fedorovna Ostrovaia, Student)
3 +7(964) 385 0520, kiselev_sergei@mail.ru (Sergei Sergeevich Kiselev, Student)

References

[1]. Petrichenko M.R. Rasshcheplyayushchie razlozheniya v predelnyh zadachah dlya obyknovennyh kvazilinejnyh differencialnyh [The splitting decomposition in limit tasks for the ordinary quasilinear differential equations]. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. 2012. Pp. 143–149. (rus)

[2]. Nemova D.V. Sistemy ventilyacii v zhilyh zdaniyah kak sredstvo povysheniya ehnergoehffektivnosti [Systems of ventilation in residential buildings as means of increase of energy efficiency]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. Pp. 84-86. (rus).

[3]. Nemova D.V. Navesnye ventiliruemye fasady: obzor osnovnyh problem [The hinged ventilated facades: review of the main problems]. Magazine of Civil Engineering. 2010. No. 5. Pp. 7-11. (rus).

[4]. Gorshkov A.S., Popov D.Yu. Konstruktivnoe ispolnenie ventiliruemogo fasada povyshennoj nadezhnosti [The Design of the ventilated facade of the increased reliability]. Magazine of Civil Engineering. 2010. No. 8. Pp. 5-9. (rus).

[5]. Osipova E.S. Translucent designs in modern construction. The XXXIII Week of science SPbSTU. Materials of interuniversity scientific and technical conference. 2005. Pp. 73-75.

[6]. Gagarin A.A. The ventilated facades. The XXXII Week of science SPbSTU. Materials of interuniversity scientific and technical conference. 2004. 115 p.

[7]. Simakova E.A. Modern technologies and materials in architectural concepts of facades of buildings and constructions. The XXXIII Week of science SPbSTU. Materials of interuniversity scientific and technical conference. 2005. Pp. 100-102.

[8]. Yevtushenko E.B., Petrochenko M.V. Diffuzornaya konstrukciya navesnogo ventiliruemogo fasada [The diffuser design of ventilated facades]. Magazine of Civil Engineering. 2013. No.8. Pp.38-45. (rus).

[9]. Yevtushenko E.B. Osnovy gidravlicheskogo rascheta navesnyh ventiliruemyh fasadov [Fundamentals of hydraulic design for ventilated facades]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. Pp. 55-61. (rus).

[10]. Tikhomirnov S. I., Pantyukhov N. A., Solovyov A. V. Working off of a technique of determination of heattechnical properties of a double facade on full-scale model of a standard floor of the high-rise building. Results of preliminary natural researches. MGSU Bulletin. 2012. 472 p.

[11]. Petrychenko M.R, Petrochenko M.V. Gidravlika svobodnokonvektivnyh techenij v ograzhdayushchih konstrukciyah s vozdushnym zazorom [Hydraulics free convection currents wall air gap]. Magazine of Civil Engineering. 2011. No.8. Pp.51-56. (rus).

[12]. Melnikova S.S., Panchuk N.N. Steklyannyye konstruktsii v arkhitekture [Glass design in architecture]. Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU. 2013. Pp. 54-57. (rus).

[13]. Derbina S. N., Boriskin I.V., Plotnikov A.A. Dvojnye fasady kak ehtap konstruktivnoj ehvolyucii svetoprozrachnyh naruzhnyh obolochek zdanij [Double facades as stage of constructive evolution of translucent external covers of buildings]. Industrial and Civil Engineering magazine. 2010. Pp. 56-59. (rus).

[14]. Yemelyanov A.A. K voprosu proektirovaniya konstrukcii navesnogo ventiliruemogo fasada [A question of design of a design of the hinged ventilated facade]. Magazine Industrial and Civil Engineering. 2010. Pp. 35-37. (rus).

[15]. Zhukov D.A. Sistemy ventiliruyemykh fasadov [System of ventilated facades]. Stroitelstvo: nauka i obrazovaniye. 2012. Pp. 2-15. (rus).

[16]. Glazkov N. L. Steklo dlya sovremennoj arhitektury: moda ili proryv v budushchee [Glass for modern an arkhitekture: moda or break in the future]. Architecture and Construction of Russia magazine. 2011. No. 10. Pp. 26-34. (rus).

[17]. Minko N. I., Atkarskaya A.B., Kemenov, S. A. Ispol'zovanie stekla i izdelij iz nego v sovremennom stroitel'stve [Use of glass and products from it in modern construction]. Construction Materials. 2008. No. 10. Pp. 91-95. (rus).

[18]. Magay A.A., Dubynin N. V. Svetoprozrachnye fasady vysotnyh mnogofunkcional'nyh zdanij [Translucent facades of high-rise multipurpose buildings]. MGSU Bulletin magazine. 2010. No. 2. Pp. 14-21. (rus).

[19]. Shilkin N. V. Vozmozhnost estestvennoj ventilyacii dlya vysotnyh zdanij [Possibility of natural ventilation for high-rise buildings]. АВОК. 2005. №1. Pp. 18-26. (rus).

[20]. Tabunshchikov Yu. A., Shilkin N. V., Brodach M. M. EHnergoehffektivnoe vysotnoe zdanie [The Power effective high-rise building]. АВОК. 2005. No. 3. Pp. 8-22. (rus).

[21]. Fedyakov Y.A. Montazh navesnyh ventiliruemyh fasadov: osnovopolagayushchie principy [Installation of ventilated facades: fundamental principles]. Ecological systems. 2011. No. 2. Pp. 12-15. (rus).

[22]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V., Yevtushenko E.B. Gidravlicheski optimalnaya ventiliruemaya shchel [Hydraulically optimum vented slot]. Magazine of Civil Engineering. 2013. Pp. 35-40.(rus).

[23]. Petrichenko M.R.,Ostrovaia A.F., Statsenko E.A. The Glass Ventilated Facades. Research of an Air Gap. Applied Mechanics and Materials. 2015. Pp. 87-92.

[24]. Hana Jun, Lua Lin, Penga Jinqing, Hongxing Yanga. Performance of ventilated double-sided PV facade compared with conventional clear glass facade. Energy and Buildings. 2013. Pp. 204–209.

[25]. Gaillard L., Giroux-Julien S., Menezo C., Pabiou H. Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. 5 p.

[26]. Wang F., Hou D, Liu X. Construction and development of a new ecological facade. International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering. 2013. Pp. 848-858.

[27]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behaviour in a double-skin facade. Centre for Sustainable Energy Technologies. 2014. Pp. 130-139.

[28]. Yang H., Feng X., Xia G., Wan Q. Experimental study on impact of ventilated double-skin facade on the indoor thermal environment in winter. International Symposium on Heating, Ventilation, and Air Conditioning. 2013. Pp. 721-724.

[29]. Jiru, T.E., Tao, Y.X., Haghighat, F. Airflow and heat transfer in sustainable building components-double-skin facades. 14th International Heat Transfer Conference. 2010. Pp. 93-100.

[30]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin Facade for global climate regions. World Energy Engineering Congress. 2011. Pp. 1538-1540.

[31]. Haase, M., Amato, A. Simplified convective heat transfer in vertical airflow regimes with shading device. 6th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids. 2010. Pp. 665-670.

[32]. Bai, G., Gong, G. Research on passive solar ventilation and building self-sunshading. International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring. 2011. Pp. 950-953.

[33]. Feng, X.,Yang, H., Feng, X.Y.,Jin, F.Y.,Xia, G.Q. A review *of research development of ventilated double-skin facade. Applied Mechanics and Materials. 2014. Pp. 709-713.*

Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Киселев С.С. Вентилируемые стеклянные фасады. Параметры воздушного зазора // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №12 (39). С. 32-42.

Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Kiselev S.S. The ventilated glass facades. Parameters of an air gap. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 12 (39), Pp. 32-42. (rus)