

## Энергоэффективные технологии в ограждающих конструкциях Power effective technologies of external envelopes

Немова Дарья Викторовна

инженер, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
+7 (921) 8900267, darya.nemova@gmail.com

Darya Viktorovna Nemova

Engineer of Saint-Petersburg State Polytechnical University,  
+7 (921) 8900267, darya.nemova@gmail.com

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, показатели энергоэффективности, наружные ограждения, теплоизоляция, энергосбережение в зданиях, теплопроводность, инвестиции, срок окупаемости.

В статье приводится поиск возможных путей решения энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий при помощи применения энергоэффективных ограждающих конструкций. Рассматриваются различные энергоэффективные ограждающие конструкции, анализируются их достоинства и недостатки.

**Key words:** energy efficiency, energy saving, efficiency indices, external enclosure structures, insulation coating, building energy saving, heat conductivity, investment, payback period.

Search of possible solutions of energy saving and increase of power efficiency of buildings is given in article by means of application power effective external envelopes. Various power effective protecting designs are considered, their merits and demerits are analyzed.

В последнее время все чаще поднимается вопрос энергоэффективности. Разрабатываются новые методики по ее учету, вводятся новые требования и издаются законы. 27 ноября 2009 вступил в силу федеральный закон от № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Согласно ему вводятся новые требования к зданиям, строениям и сооружениям, конструктивным и инженерно-техническим решениям, отдельным элементам, конструкциям зданий, к используемым устройствам и технологиям и др., которые планируется пересматривать каждые 5 лет с целью повышения энергоэффективности.

Но уже сейчас многие объекты им не соответствуют. Через 5, 10 лет их станет количественно больше. Необходимо искать новые способы повышения энергоэффективности, создавать и внедрять высокие технологии в строительстве. Делать это нужно с учетом уже известных структурных, оптических, теплофизических и акустических недостатков. В дальнейшем они должны адаптироваться к разнообразным требованиям обеспечения жизнедеятельности человека [17]. Рассмотрим, в качестве примера, современные фасадные системы:

### 1. Системы навесных вентилируемых фасадов

Применение систем НВФ для утепления зданий и повышения их энергоэффективности требует достаточной проработанности и комплексного подхода. Очень важно уделить внимание количеству расходуемой тепловой энергии. В одном из зданий постройки начала XX века был проведен капитальный ремонт с утеплением всех ограждающих конструкций. В связи с этим, сопротивление теплопередаче значительно повысилось [18]. При этом систем автоматического регулирования подачи тепла проектом не было предусмотрено. В результате в период зимней эксплуатации в здание поступало большее количества тепла, чем требовалось, люди через открытые форточки отапливали улицу. Такое здание не является энергоэффективным. Цель, с которой проводилось утепление, не была достигнута. Во всем необходим комплексный подход, важно заранее предусматривать приборы, которые будут контролировать расход и подачу тепла [1].

Энергоэффективность здания, в котором находят применение системы навесных вентилируемых фасадов, напрямую связана с теплозащитными свойствами этих систем. При использовании НВФ следует учитывать некоторые проблемы их теплозащитных свойств [20]. Эти проблемы связаны, в первую очередь, с наличием теплопроводных элементов, таких как кронштейны, дюбели, оконные откосы, крепления для кондиционеров и рекламных щитов и др.

Основная характеристика теплозащиты таких конструкций - приведенное сопротивление теплопередаче может быть определена следующим образом.

Например, есть рассчитанные [2] для конкретного проекта дополнительные удельные теплотери через теплопроводные включения конструкции НВФ на кирпичной стене с минераловатным утеплителем толщиной 150 мм и для двух видов кронштейнов: из стали и алюминиевого сплава (таблица 1):

**Таблица 1. Дополнительные удельные теплотери через теплопроводные включения конструкции НВФ на кирпичной стене с минераловатным утеплителем толщиной 150 мм**

№ п/п	Теплопроводное включение	Дополнительные удельные теплотери, $q_{доп}, Bm/m^2$
1.	По глади стены	12,6
2.	Тарельчатые дюбели с металлическим распорным элементом $10 \text{ шт./} m^2$ (среднее значение)	2
3а.	Кронштейны стальные (среднее значение)	4,0
3б.	Кронштейны из алюминиевого сплава (среднее значение)	5,5
4.	Оконный откос (хорошее исполнение)	2,5
5.	Балконная плита (среднее значение)	1,5

Тогда полученные значения удельного сопротивления теплопередаче со всей стены здания будут равны [2]:

При использовании стальных кронштейнов:

$$R_o^{np} = \frac{20 - (-28)}{12,6 + 2,0 + 4,0 + 2,5 + 1,5} = 2,12 (m^2 \cdot ^\circ C) / Bm, r = 0,56;$$

При использовании алюминиевых кронштейнов:

$$R_o^{np} = \frac{20 - (-28)}{12,6 + 2,0 + 5,5 + 2,5 + 1,5} = 2,12 (m^2 \cdot ^\circ C) / Bm, r = 0,52;$$

Где  $\gamma$ -коэффициент теплопроводности материала;  $t_e = 20$ ,  $t_n = -28$ -температуры внутреннего и наружного воздуха, принятые для расчетов,  $^\circ C$  [2];

Полученные значения  $R_o^{np}$  меньше требуемого по СНиП [3], но больше минимально допустимого.

Для повышения  $R_o^{np}$  таких конструкций имеются некоторые резервы, но не всегда целесообразно их использовать, т.к. это приведет к изменению проектируемых узлов, дополнительным расходам, а следовательно увеличению общей стоимости конструкции.[2] Одним из возможных решений может стать разработка и внедрение новых технологий для этих систем.

Понимая это, многие крупные компании вкладывают значительные материальные и интеллектуальные ресурсы в разработку новых технологий. Одной из главных задач на сегодняшний день является создание системы, которая позволяла бы управлять энергией в интересах человека, помогать снижать затраты на кондиционирование, отопление, освещение и другие его нужды. Примером реализации такой задачи может стать навесной вентилируемый энергосберегающий фасад с применением технологии солнечных батарей (разработка «Юкон Инжиниринг», 2007г.) (Рисунок 2).

## 2. Навесной вентилируемый энергосберегающий фасад с применением технологии солнечных батарей

Сама установка (рис. 1) состоит из определенного набора элементов, который включает в себя инвертор, аккумулирующее устройство, электропроводку и т.д. и зависит от возможностей заказчика и мощности установки. Инвертор - это главная составляющая установки, это своего рода связующее звено между солнечным фотоэлектрическим генератором и сетью переменного тока. Про помощи солнечной радиации генератор солнечных установок вырабатывает постоянный ток, а инвертор преобразует его в переменный, который и подается в локальную низковольтную сеть или сеть среднего напряжения. Этот момент должен обязательно учитываться еще на стадии проектирования установки. При этом инвертор должен самостоятельно координировать режим работы установки в утреннее часы, режим работы при максимальной мощности, а также отключение установки в ночное время.

Главная функциональная цель системы - накопление энергии и минимизация энергетических затрат. При проектировании необходимо предусмотреть эффективное взаимодействие фасадной системы с инженерными сетями. Установка мощностью 1 кВт/ч имеет площадь 8м<sup>2</sup>. В год подобная установка вырабатывает примерно 850 кВт/ч электроэнергии. 1 кВт/ч с 8м<sup>2</sup> - это максимальное количество электроэнергии, которое может вырабатывать батарея при условии ее установки на юг под углом 30° к горизонту. В зависимости от модификации солнечной батареи выходное напряжение, вырабатываемое ей до инвертора, составляет вариационно:

- 1) 12 В
- 2) 16 В
- 3) 20 В
- 4) 24 В
- 5) 27 В
- 6) 36 В

Сетевая фотогальваническая установка

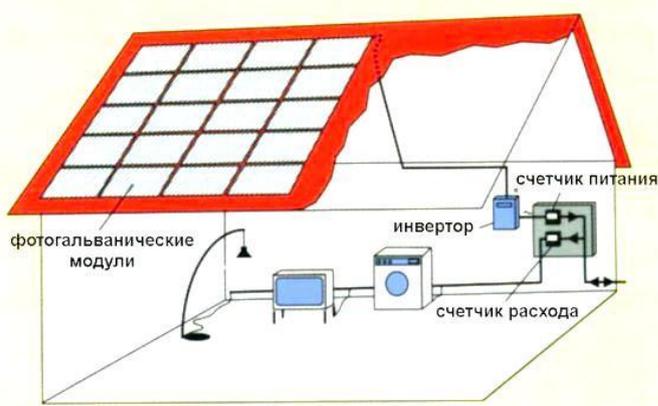


Рисунок 1. Сетевая фотогальваническая установка [16]



Рисунок 2. Навесной вентилируемый энергосберегающий фасад с применением технологии солнечных батарей

После инвертора постоянный ток преобразуется в переменный (напряжение 220 В). Может показаться, что здание с таким фасадом будет дорогостоящим, а устройство системы в большинстве случаев бессмысленным. Можно вспомнить и плотную застройку в городе, которая может повлиять на количество получаемой солнечной энергии, и подумать о том, что обшивать находящуюся в тени часть здания невыгодно.

Действительно, использовать систему на теневой части здания не имеет никакого смысла, но энергосберегающие элементы можно крепить на открытые солнцу участки и не загороженные окружающей застройкой. Не обязательно облицовывать все здание солнечными батареями, они могут быть включены в фасад отдельными рядами, выполняя роль декоративных элементов. Такой подход наиболее оптимален. 30 градусов к горизонту - идеальное условие, при 45-60 градусах количество получаемой энергии сократится максимум на 10%. По данным, полученным из Германии, при установке батарей в вертикальном положении на фасад, можно получать до 70% от максимально возможного количества энергии [4].

Именно энергосберегающие фасады, которые позволяют значительно повысить энергоэффективность здания, будут иметь большое преимущество [5-9,19]. Кроме того, системы, использующие солнечную энергию для производства электрической, очень широко могут использоваться, когда есть вероятность нарушения поставок электроэнергии, стихийных бедствий и в районах повышенной сейсмоактивности.

Для многих развитых стран использование альтернативных источников энергии, в частности солнечных батарей, достаточно привычная технология [10-13]. Для России - это новый продукт. Система энергосберегающих навесных вентилируемых фасадов создана на основе базовых систем НВФ, имеющих стандартную схему выполнения монтажных работ, благодаря этому не возникает сложностей при ее монтаже [15, 21-23]. Панели с солнечными батареями навешиваются на салазки посредством специальных крюков (иклей), которые установлены на вертикальных профилях рамки батареи. Остается учесть все особенности установки и подключения солнечных батарей, что является достаточно сложной работой. Решающее значение здесь будут иметь опыт и ответственность монтажной организации. Необходимо не только разрабатывать технологии, но и эффективно их внедрять. Поэтому компаниям, являющимся разработчиками новых технологий, необходимо предусматривать проведение обучающих курсов.

### 3. Активная фасадная система

В ее основу заложены параметры регулирования дневного освещения и терморегулирования.

Были разработаны низкоэмиссионные покрытия на стекле для снижения тепловых потерь в помещении. Последующие исследования позволили создать покрытия, которые пропускают дневной свет в количестве равным по интенсивности стандартному стеклу, но только с половиной солнечного теплового излучения. Разработан тип пленочных покрытий, позволяющий отражать солнечное излучение и управлять зеркальной составляющей, уменьшая поступающий поток солнечного света в помещение.

В процессе создания систем активных фасадов разработаны два типа покрытия:

-термочувствительные стекла (покрытия). Они останавливают и пропускают солнечное тепло в зависимости от внешней температуры. Такие характеристики стекло имеет, благодаря наличию специального покрытия. Его особый состав позволяет стеклу отражать или пропускать инфракрасное излучение в зависимости от температуры воздуха снаружи.

-переключающие покрытия с небольшим подводимым напряжением (стекло Прива-Лайт - разработка концерна Сен-Гобен). Это ламинированное стекло, состоящее более чем из двух листов термически обработанного стекла (бесцветного или тонированного), и Taliq-пленки с жидкими кристаллами и прилегающими к ней не менее чем двумя слоями PVB. В нерабочем состоянии жидкие кристаллы дают эффект непрозрачного стекла. В рабочем состоянии эти кристаллы делают стекло прозрачным. Переключение между этими состояниями происходит почти моментально.

Ведутся также работы в направлении нанотехнологий. Здесь для управления светом задействуются молекулы и атомы. Наиболее перспективной на данный момент следует считать технологию переключающих покрытий.

Элементы управления, кондиционирование, поступление света, инфраструктурные составляющие фасада и всей системы в целом должны работать эффективно, сбалансировано и надежно. Учитывая то, что наружные системы фасада не должны изменяться, обеспечить сегодня такую степень динамического управления без использования дорогих и сложных технологий очень непросто. Решением может являться использование стекол с переключаемыми покрытиями на стекле. Покрытие включает в себя динамическое управление солнечным светом, но не решает вопроса его рационального использования, которое, например, могут предложить системы фасадов с солнечными батареями.

Новые технологии покрытий и разработки фасадных систем, основанные на последних научных достижениях позволяют повысить функциональную составляющую фасадных систем, т.е. если еще некоторое время назад фасадные конструкции создавались для обеспечения внешнего декоративного эффекта и для утепления зданий, то теперь появились реальные возможности и дальнейшие перспективы, которые позволяют вместе с первыми двумя составляющими снизить энергозатраты, обеспечить комфортабельность и благоприятные условия для жизнедеятельности человека, а также оказать положительное влияние на состояние экологии [24,25]. Существует еще достаточно большое количество проблем в этой сфере. Важно привлекать инвестиции в фундаментальные технологии в разработку активной фасадной системы зданий. Более того, не решен вопрос с разработкой и принятием соответствующих нормативных документов для упорядочения организации строительства фасадных систем. Необходим системный подход для решения этих вопросов [14].

## Литература

1. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 9-13.
2. Гагарин В. Г. Теплофизические свойства современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий» 10-11.12.2009. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. С. 33-45
3. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Госстрой России. М., 2004. 30 с.
4. Система U-KON с применением технологии солнечных батарей! [Электронный ресурс]. URL: <http://www.u-kon.ru/ru/news/7164?p=0> (дата обращения: 20.09.2010)
5. Бутовский И.Н. Особенности теплотехнического расчета теплозащиты и энергопотребления современных жилых и общественных зданий при оценке их энергоэффективности // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 356-361.
6. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С.. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. №2. С. 50-53.
7. Ступаков А.А. Обследование и мониторинг вентилируемого фасада с облицовкой плитами из натурального гранита // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 530-533.
8. Бердюгин И.А. Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 26-31.
9. Смирнова Т. Требования к теплоизоляции в конструкции вентилируемой фасадной системы. Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 427-429.
10. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / W. Guoa, X. Qiaoa, Y. Huang, M. Fanga, X. Hanb. // Energy and Buildings, Volume In Press, Corrected Proof. 2012. С. 43-53.
11. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // Energy Procedia. Volume 17, Part A. 2012. Pp. 227–232.
12. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // Energy and Buildings. Volume 46. 2012. Pp.112–122.
13. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel // Energy Procedia. Volume 14. 2012. Pp. 1523–1527.
14. Разработка активной фасадной системы / Борулько В.И., Борулько П.В., Маричев А.В., Попович С.А., Иванин А.А. // Журнал Окна. Двери. Витражи. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.bau.ua/artic/ru\\_670](http://www.bau.ua/artic/ru_670) (дата обращения: 20.09.2010)
15. Горшков А.С., Попов Д.Ю., Глумов А.В. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 5-8.
16. Системы навесных вентилируемых фасадов U-Kon systems: [сайт]. URL: <http://www.u-kon.ru>. (дата обращения: 15.10.2012)
17. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 50-53.
18. Петросова Д.В. Фильтрация воздуха через ограждающие конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 28. № 2. С. 24-31.
19. Аверьянова О.В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 5. С. 53-59.
20. Корниенко С.В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 5-12.
21. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7-11.
22. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 57-62.
23. Ватин Н.И., Немова Д.В. НВФ: основные проблемы и их решения // Мир строительства и недвижимости. 2010. №36. С. 2-4.

24. Конкурс «Архитектурная концепция здания с нулевым потреблением энергии» / Петров К.В., Следь И.А., Орлов О.А., Рысь И.В., Урустимов А.И. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 53-60.
25. Competition "Architectural concept of building with zero energy consumption" / Petrov K.V., Sled I.A., Orlov O.A., Rys I.V., Urustimov A.I. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 61-68.