

Научная статья

Original article

УДК 69.05



ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

APPROACHES TO THE STUDY OF ENERGY EFFICIENCY OF FACADE SYSTEMS

Котляревская Алена Валерьевна, Российский университет дружбы народов

Кочетова Анастасия Андреевна, Российский университет дружбы народов

Kotlyarevskaya Alyona Valeryevna, Peoples' Friendship University of Russia

Kochetova Anastasiya Andreevna, Peoples' Friendship University of Russia

Аннотация: Рост объемов потребления энергии в строительном секторе в современных условиях выступает значительной проблемой для потребителей и государства. Большая часть энергии, потребляемой на протяжении всего жизненного цикла здания, расходуется во время его эксплуатации и технического обслуживания, поэтому регулирование уровня расхода энергии осуществляется посредством применения той или иной конструкции вентилируемых фасадов. В настоящее время в практике строительных организаций находят применение различные фасадные конструкции, которые позволяют сократить объем потребляемой зданием энергии и снизить вредное воздействие на окружающую среду. Кроме того, для оптимизации фасадных технологий сегодня находят применение экологичные материалы на биологической основе, которые создаются в соответствии с принципами

экономики замкнутого цикла. Для изготовления внешней облицовки таких фасадов применяют тростник, переработанный текстиль, отходы очистки питьевой воды, полиэфирную смолу на биологической основе и другие материалы. Практика показывает, что такие фасады, наряду с традиционными, достаточно эффективны для достижения цели экономии энергии, и, кроме того, они позволяют сократить вредное воздействие на экологию.

Abstract: The growth of energy consumption in the construction sector in modern conditions is a significant problem for consumers and the state. Most of the energy consumed throughout the life cycle of the building is consumed during its operation and maintenance, therefore, the regulation of the level of energy consumption is carried out through the use of one or another design of ventilated facades. Currently, various facade structures are used in the practice of construction organizations, which allow to reduce the amount of energy consumed by the building and reduce the harmful impact on the environment. In addition, eco-friendly materials on a biological basis, which are created in accordance with the principles of a closed-cycle economy, are being used today to optimize facade technologies. Reeds, recycled textiles, waste from drinking water purification, bio-based polyester resin and other materials are used to manufacture the exterior cladding of such facades. Practice shows that such facades, along with traditional ones, are effective enough to achieve the goal of saving energy, and, in addition, they reduce the harmful impact on the environment.

Ключевые слова: вентилируемый фасад, фасадные системы, энергоэффективность, экологичность.

Keywords: ventilated facade, facade systems, energy efficiency, environmental friendliness.

Проблема потребления энергии зданиями, как жилыми, так и офисными, и промышленными становится в последнее время серьезной проблемой как для развивающихся, так и для развитых стран. Сокращение потребления энергии и

использование возобновляемых источников энергии в строительной отрасли являются необходимыми мерами для снижения общего воздействия на окружающую среду[1].

Стратегии энергосбережения, реализованные в зданиях, могут снизить потребление энергии. Эти стратегии можно в целом разделить на активные и пассивные. Пассивные стратегии зависят от оптимизации природных ресурсов (например, ориентация, остекление, затенение и изоляция), тогда как активные стратегии представляют собой эффективные механические системы, которые используют и производят электроэнергию (например, HVAC и фотогальванические системы). Местный климат необходимо учитывать при выборе наиболее подходящих стратегий пассивной и активной энергии для здания, чтобы оптимизировать потребление ресурсов.

Навесной вентилируемый фасад – это эффективная энергетическая стратегия для климата с теплым летом и мягкой зимой. Использование вентилируемых фасадов для различных типов зданий, климатических условий и конструктивных конфигураций в последние годы значительно увеличилось. Вентилируемый фасад по существу состоит из двух светонепроницаемых слоев и вентилируемой полости (или полостей) между двумя слоями [2].

Основным преимуществом вентилируемого фасада является отвод тепла. Эта особенность возникает из-за того, что внешний слой (т. е. облицовка) поглощает падающее прямое солнечное излучение, а вентиляционный вывод осуществляется за счет естественной конвекции в вентилируемой полости. Кроме того, внутренний слой фасада работает как строительная изоляция или тепловая масса. Явление управляемой плавучести также возникает в вентилируемой полости и выталкивает теплый воздух из фасада, тем самым позволяя более холодному воздуху проникать внутрь. Силы плавучести возникают из-за разницы между плотностью внутреннего и наружного воздуха, возникающей из-за разных температур и уровней

влажности. Кроме того, сила ветра может помочь удалить теплый воздух с фасада.

Вентилируемый фасад также обеспечивает изоляцию и контролирует влажность, тем самым предотвращая появление влаги и конденсата. Тепловые характеристики вентиляруемого фасада в основном зависят от конструкции его компонентов, таких как расстояние между двумя слоями, материал наружной облицовки и тип швов наружной облицовки (открытые или закрытые).

Оценка вентиляруемого фасада затруднена из-за отсутствия программного обеспечения и данных для полной оценки его тепловых характеристик. Тем не менее, для существующих зданий производительность вентиляруемого фасада можно оценить с помощью измерений на месте [3].

Выбор материалов также может значительно снизить воздействие зданий на окружающую среду. Поэтому нормативные акты начинают учитывать их влияние. Ввиду их устойчивости и универсальности материалы на биологической основе считаются многообещающими ресурсами для зданий XXI века. Эффективное связывание CO₂ наделяет такие материалы меньшим углеродным следом, чем их аналоги, такие как сталь, стекло и бетон.

Материалы на биологической основе являются возобновляемыми, пригодными для повторного использования и могут производиться на месте экологически безопасным способом с низкими транспортными затратами. В частности, древесина является подходящим материалом для фасадного интерфейса оболочки (полы, стены и крыша) между внутренней и внешней частью здания, учитывая ее низкую теплопроводность. Напротив, к определенным недостаткам материалов на биологической основе относятся размерная и термическая нестабильность, низкая огнестойкость, низкая устойчивость к биотическим и абиотическим процессам разложения и слабые механические свойства с течением времени. Тем не менее, несколько видов обработки, доступных на рынке, могут гарантировать ожидаемые свойства и функциональность, тем самым продлевая срок их службы. Поэтому тщательное

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

рассмотрение этих материалов имеет большое значение для проектирования устойчивого здания.

Несколько инициатив активно продвигают энергоэффективные здания. Министерство энергетики США Solar Decathlon организует коллегиальное соревнование Solar Decathlon с 2002 года [4]. Его цели сосредоточены на обучении студентов на примерах новейших технологий и материалов для энергоэффективного проектирования. В частности, студентам было предложено спроектировать дома с нулевым потреблением энергии и построить их в ближневосточном климате. В конкурсе участвовал ряд зданий, которые в основном питались от солнечной энергии и соответствовали целям, разделенным на следующие 10 категорий: архитектура, проектирование и строительство, управление энергопотреблением, энергоэффективность, комфортные условия, функционирование дома, устойчивый транспорт, устойчивость, коммуникации и инновации.

Студенческая команда VIRTUe[5] из Технологического университета Эйндховена (TUE) успешно представила квартиру LINQ в качестве кандидата на конкурс SDME 2018 года. Квартира LINQ является энергоэффективной благодаря нескольким инновационным активным и пассивным стратегиям, и она поставляет в сеть больше энергии, чем потребляет на протяжении всего периода конкуренции[6]. Его вентилируемый фасад был построен из материалов на биологической основе, соответствующих принципам экономики замкнутого цикла.

Биологический материал впервые был использован в 3D-фасаде в Дубае. Однако этот материал использовался в плоских конструкциях для восстановления фасада [7] и выставочного павильона в Нидерландах [8].

Квартира LINQ была включена в «квартирный комплекс LINQ», который был частью концепции, направленной на улучшение экологической, социальной и экономической устойчивости.

Температуры в Дубае летом, как правило, очень высокие, но зимой могут опускаться ниже 18 °С на несколько часов, соответственно, в данный момент может возникнуть потребность в отоплении. Поэтому была рекомендована эффективная изоляция в виде остекления с очень низким коэффициентом солнечного излучения и использования систем затенения и отражающих наружных поверхностей [9]. Стратегии, использованные в квартире LINQ, состояли из окон с двойным остеклением с металлическими покрытиями, высокоизолированной оболочки, бледно-отражающего сероватого цвета на внешней облицовке, южной стены, наклоненной наружу под углом 15° от вертикальной плоскости, чтобы уменьшить воздействие солнечного света.

Зеленые фасады обеспечивают естественное охлаждение и изоляцию, а также улучшают качество воздуха за счет удаления токсинов и других вредных веществ и, таким образом, оказывают положительное влияние на здоровье и благополучие людей [10].

Идея вентилируемого фасада заключалась в том, что воздух будет свободно проходить между плитами и внешней облицовкой. Предполагалось, что среди функций такого фасада следующие особенности:

- 1) внешний фасад будет поглощать падающее прямое солнечное излучение;
- 2) тепло будет распределяться за счет конвекции в вентилируемых полостях;
- 3) между плитами и внешней облицовкой будет создаваться плавучесть воздуха, учитывая разницу температур, которая будет выталкивать теплый воздух и втягивать более холодный, тем самым обеспечивая естественный воздушный поток между ними [11].

Вентилируемый фасад состоял из нескольких компонентов. Дизайн и конструкция этих компонентов представлены и обсуждаются в следующих подразделах: наружная облицовка, конструкционные панели и излучающие тепловые панели.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Установка компонентов производилась в несколько этапов. Панели (с излучающими панелями, ранее прикрепленными к внутренней стороне) сначала устанавливались над полом квартиры с помощью крана и соединялись друг с другом. Затем оранжевые водоотталкивающие и паронепроницаемые пленки были заклеены воздухонепроницаемой герметизирующей лентой. Впоследствии, деревянные рейки, прикрепленные через определенные промежутки к панелям, служили опорами для фанерных досок, к которым была прочно прикручена наружная облицовка. Наконец, трубопроводы от лучистых термопанелей были подключены к квартирным коммуникациям.

По результатам проведенного исследования были сделаны выводы, что фасад из материалов на биологической основе, которые являются возобновляемыми и перерабатываемыми ресурсами, способствовал устойчивости квартиры: потребление энергии для контроля температуры окружающей среды в помещении было снижено [12].

Внешняя обшивка была сделана из материала на биологической основе, который включал, среди прочего, гигиеническую бумагу, траву, тростник, переработанный текстиль, отходы очистки питьевой воды и полиэфирную смолу на биологической основе. В соответствии с принципами экономики замкнутого цикла конечным продуктом стала прочная и легкая плитка со свойствами, аналогичными стеклу. Небольшие отступы по краям плитки были слишком хрупкими и могли сломаться, что отрицательно сказалось на функциональности. Таким образом, эти мелкие элементы должны быть прочно встроены в основной корпус плитки. Благодаря опыту, полученному при производстве плитки, материал можно четко адаптировать к потребностям каждого дизайна.

Повторение конструктивных решений и элементов в конструкции вентилируемого фасада способствовало качественному строительству, производительности и скорости монтажа. Дополнительные улучшения могут

быть внесены путем стандартизации типов шурупов и гвоздей, необходимых для конструктивных деталей.

Измерения температуры и скорости воздуха, зарегистрированные в Дубае, подтвердили наличие восходящих воздушных потоков в полостях фасада и между внешней облицовкой и фанерными плитами. Эти воздушные потоки были в основном связаны с ветровыми потоками через полости фасада. Кроме того, колебания температуры также могут создавать потоки воздуха внутри полостей.

Воздушные потоки (включая ветер), затенение и теплоизоляция, обеспечиваемые слоями вентилируемого фасада, способствовали рассеиванию тепла в светлое время суток. Кроме того, вентилируемый фасад сохранял внутреннюю температуру квартиры в ночное время. Таким образом, фасад сокращал снижение температуры внутри квартиры под воздействием внешних факторов, что минимизировало необходимость использования систем отопления в зимнее время.

Список литературы

1. Бараненкова А.В., Ларина А.С. Влияние технологических факторов на энергоэффективность вентилируемых фасадов // Инновации и инвестиции. 2018. №4.
2. Егорочкина И.О., Романенко Е.Ю., Бузанова А.В., Дохленко И.А. Повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // ИВД. 2021. №1 (73).
3. Сазанаква К.А. Проблемы энергетической и экономической эффективности систем навесных вентилируемых фасадов (обзор современных исследований) // Архитектура и дизайн. 2018. №4.
4. SD U.S. Department of energy. Solar Decathlon® Available online at: <https://www.solardecathlon.gov/> (2019), Accessed 2nd Apr 2020
5. VIRTUe Student Team VIRTUe Eindhoven University of Technology (2019) Available online at: <https://teamvirtue.nl/>, Accessed 2nd Apr 2020

6. E. Pujadas-Gispert, C.C. Korevaar, M. Alsailani, S.P.G. Moonen
7. Linking constructive and energy innovations for a net zero-energy building J. Green Build., 15 (2020)
8. NPSP NPSP maakt gevel van bermgras, toiletpapier en textile Available online at: <http://www.npsp.nl/> (2018), Accessed 2nd Apr 2020
9. R. Blok, B. Kuit, T. Schröder, P. Teuffel Building the Future: Bio-Based Composite Materials in Pavilion and Canopy Roof Design Eindhoven University of Technology (2019)
10. K.M. Al-Obaidi, M. Ismail, A.M. Abdul Rahman Passive cooling techniques through reflective and radiative roofs in tropical houses in Southeast Asia: a literature review Front. Archit. Res., 3 (2014), pp. 283-297
11. . Korjenic, J. Zach, J. Hroudová The use of insulating materials based on natural fibers in combination with plant façades in building constructions Energy Build., 116 (2016), pp. 45-58
12. F. Stazi, G. Ulpiani, M. Pergolini, C. Di Perna, M. D'Orazio The role of wall layers properties on the thermal performance of ventilated façades: experimental investigation on narrow-cavity design Energy Build., 209 (2020)

List of literature

1. Baranenkova A.V., Larina A.S. The influence of technological factors on the energy efficiency of ventilated facades // Innovations and investments. 2018. No. 4.
2. Egorochkin I. O. Romanenko, E. Yu., Bosanova A. V., I. A. Dolenko improving the thermal performance of building envelopes // IVD. 2021. №1 (73).
3. Sasinkova K. A. the problem of energy and economic efficiency of a ventilated facade system (an overview of current research) // the Architecture and design. 2018. No. 4.
4. SD U.S. Department of Energy. Solar Decathlon ® Available online at: <https://www.solardecathlon.gov/> (2019), Accessed April 2, 2020

5. Virtue Student Team of Eindhoven University of Technology Virtue (2019)
Available online at: [https://teamvirtue.nl /](https://teamvirtue.nl/), Accessed April 2, 2020
6. E. Pujadas-Gispert, K.K. Korevaar, M. Alsailani, S.P.G. Munen
7. Linking constructive and energy innovations for a clean building with zero energy consumption J. Green Build., 15 (2020)
8. NPSP NPSP maakt Hevelius van bergras, toilet paper and textiles Available online at: [http://www.npsp.nl /](http://www.npsp.nl/) (2018), accessed April 2, 2020
9. R. Block, B. Cuite, T. Schroeder, P. Teuffel Building the future: Composite materials based on Bio in the design of the pavilions and awnings of the Technological University of Eindhoven (2019)
10. K. M. al-Obaidi, M. Ismail, A. M. Abdul Rahman Methods of passive cooling by reflecting and radiating roofs in tropical houses in Southeast Asia: a review of the literature. Archit. Rev., 3 (2014), pp. 283-297
11. Korjenic, John. Zach, J. Hroudova the Use of insulation materials based on natural fibers in combination with the facades of the plants in the building construction Energy Build., 116 (2016), pp. 45-58
12. F. Stazi, G. Vulpiani, M. Pergolani, C. Di Perna, M. D'orazio, the role of the properties of the wall layers in thermal characteristics of ventilated facades: an experimental study design with a narrow cavities., 209 (2020)

© Котляревская А.В., Кочетова А.А., 2022 *Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.*

Для цитирования: Котляревская А.В., Кочетова А.А. Подходы к изучению энергоэффективности фасадных систем// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №1/2022