



Многослойная фасадная панель с воздушным зазором для энергоэффектив- ных зданий с комплексом ВИЭ

Рецензия эксперта на статью получена
07.02.20 [Expert review on the article
received on February 7, 2020].

Введение

В настоящее время в мировом сообществе особо актуальна проблема экономии энергетических ресурсов. Развитые страны в решении данной проблемы делают упор на сокращение удельного энергопотребления и рост использования возобновляемых источников энергии.

Основными факторами, влияющими на развитие в мире возобновляемой энергетики, являются: сокращение запасов топливных ресурсов, увеличение стоимости ископаемого топлива, быстрый рост населения Земли [1], рост энергопотребления, повышение температуры биосферы, необходимость снижения выбросов парниковых газов и многое другое.

С конца XX века можно было наблюдать резкий рост человеческой популяции (рис. 1). К примеру, в 1987 году на Земле жило 5 млрд человек, а в 2019 году численность человечества приближается к отметке в 8 млрд. Одновременно с ростом населения растёт энергопотребление, в результате чего происходит резкое увеличение объёмов выбросов парниковых газов (углекислого газа, метана, оксида

азота и т.п.), рис. 2 [2]. По предполагаемым сценариям развития глобального потепления, повышение температуры земной биосферы к 2100 году может составить +5°C [3].

Строительство и эксплуатация зданий и сооружений производят более половины выбросов всех парниковых газов [2]. Таким образом, энергосберегающие технологии в строительстве становятся приоритетной задачей для проектировщиков и строителей.

Основными факторами, влияющими на развитие в мире возобновляемой энергетики, являются: сокращение запасов топливных ресурсов, увеличение стоимости ископаемого топлива, быстрый рост населения Земли, рост энергопотребления, повышение температуры биосферы, необходимость снижения выбросов парниковых газов и многое другое

УДК 620.92. Научная специальность: 05.14.08.

Многослойная фасадная панель с воздушным зазором для энергоэффективных зданий с комплексом ВИЭ

Е. П. Шароварова, ассистент кафедры «Системы автоматизированного проектирования объектов строительства» («САП»), Институт строительства и архитектуры (ИСАрх) Уральского федерального университета (УрФУ), ведущий архитектор ООО «Техкон» (г. Екатеринбург); **С. Е. Щеклеин**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», УрФУ; **В. Н. Алёхин**, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «САП», ИСАрх УрФУ; **И. А. Степанов**, выпускник кафедры «САП», ИСАрх УрФУ

Энергосберегающие технологии и использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются приоритетной задачей для проектировщиков и строителей. В данной статье представлена новая фасадная конструкция — многослойная фасадная панель (МФП) с вентилируемым воздушным зазором для энергоэффективных зданий с комплексом ВИЭ. Вентилируемый зазор, образованный несущим каркасом из перфорированных профилей, используется как канал для движения тёплого осушенного вытяжного воздуха. Наружный слой фасадной панели может выполняться с дополнительным слоем из тонкоплёночных солнечных панелей. Использование многослойных фасадных панелей значительно сокращает расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

Ключевые слова: многослойная фасадная панель с вентилируемым воздушным зазором, энергоэффективные здания, возобновляемые источники энергии.

UDC 620.92. Number of scientific specialty: 05.14.08.

Multi-layer facade panel with air gap for energy-efficient buildings with renewable energy complex

E. P. Sharovarova, assistance lecturer of the Department of CAD Systems in Civil Engineering (CADSCE), Institute of Civil Engineering and Architecture (ICEA), Ural Federal University (UrFU), leading architect in "Techcon", Ltd. (Ekaterinburg city); **S. E. Shcheklein**, PhD, Professor, Head of the Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources, Ural Power Engineering Institute, UrFU; **V. N. Alekhin**, PhD, Professor, Head of the Department of CADSCE, ICEA UrFU; **I. A. Stepanov**, a graduate of the Department of CADSCE, ICEA UrFU

Energy saving technologies and the use of renewable energy sources are the priority issues for engineers and builders. This article presents a new facade design — the multilayer facade panel with a ventilated air gap for energy efficient buildings with a complex of renewable energy sources. A ventilated gap formed by a supporting frame of perforated profiles is used as a channel for the movement of warm and dried exhaust air. The outer layer of the facade panel can be designed with an additional layer of thin film solar panels. The use of multilayer facade panels significantly reduces the consumption of thermal energy for heating and ventilation of the building.

Key words: multilayer facade panel with ventilated air gap, energy-efficient buildings, renewable energy sources.

Источник: History Database of the Global Environment (HYDE) и ODH, ourworldindata.org

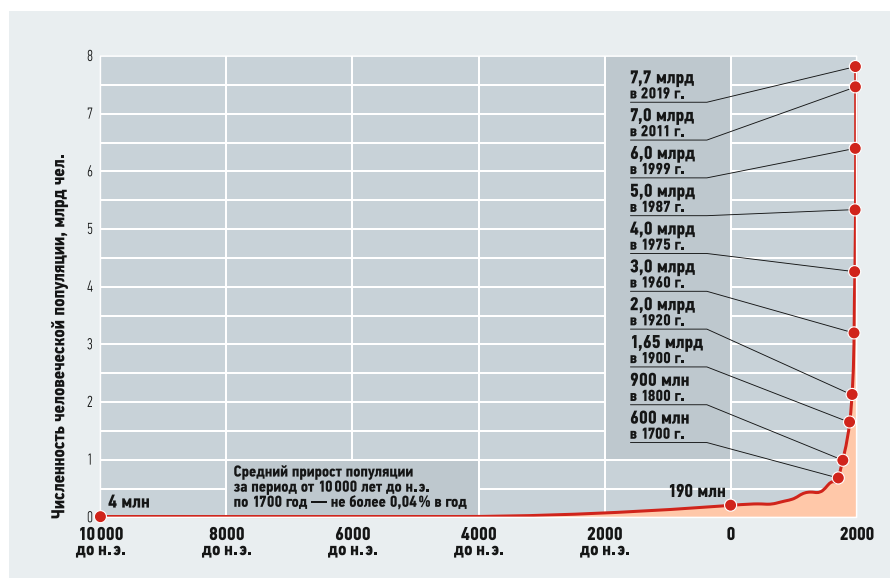


Рис. 1. Рост человеческой популяции на планете Земля за последние 12 тыс. лет

Кроме того, в связи с действующей госпрограммой «Социально-экономическое развитие Дальневосточного федерального округа» и «Стратегией развития Арктической зоны РФ» развитие и создание новых технологий и конструкций для строительства зданий и сооружений в труднодоступных регионах с экстремальными природно-климатическими условиями становятся необходимыми.

Отличительными особенностями данных регионов являются: экстремальные природно-климатические условия, удалённость от основных промышленных центров, малая плотность населения.

Например, общая площадь регионов, входящих в «Программу освоения земель Дальнего Востока» (Забайкальский, Приморский, Хабаровский и Камчатский края, Республика Бурятия, ЕАО, Республика Саха, Амурская, Магаданская и Сахалинская области, край, Чукотский АО), составляет 6 169 329 км², а средняя плотность населения по перечисленным обла-

стям и республикам составляет 1,0 человек на 1 км². Перечисленные особенности делают развитие подобных «удалённых» территорий затруднительным.



Конструкция многослойной фасадной панели

Произведённый анализ современных фасадных решений позволил создать новый тип многослойной фасадной панели (МФП) [4]. Прототипом для многослойной фасадной панели послужил один из трендов европейской архитектуры — климатический фасад или фасад с «двойной кожей» (double-skin facade). Основоположником идеи климатического фасада считается известный архитектор Ле Корбюзье. Предложенная архитектором в начале XX века инновационная идея «нейтрализующей стены» (neutralizing wall) заключалась в создании двухслойного фасада с воздушным зазором, в котором устанавливаются трубки для нагрева и охлаждения воздуха [5].

В настоящее время конструкция двойного остеклённого фасада особо распространена в высотном строительстве.

Источник: EC (JRC), Netherlands Environment Assessment Agency (PBL), EDGAR, ourworldindata.org

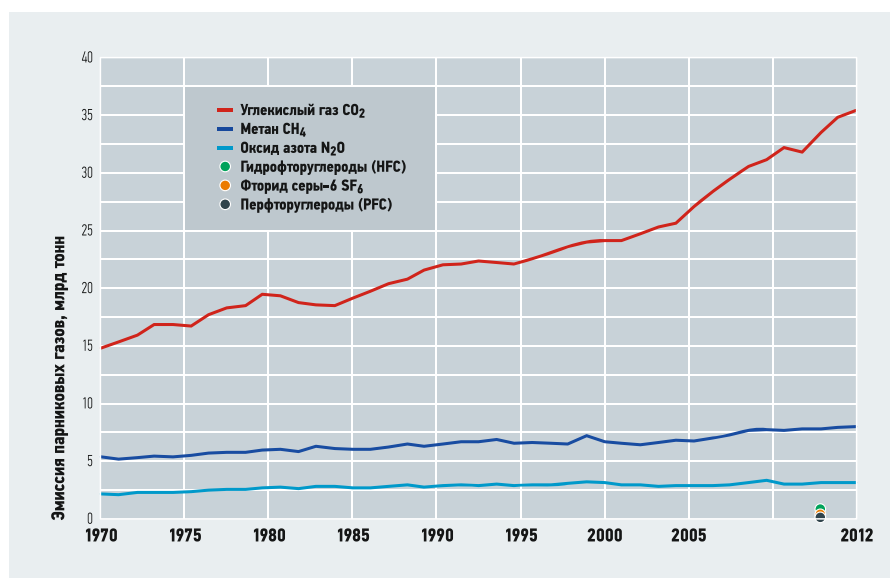


Рис. 2. Эмиссия парниковых газов на Земле с 1970 года

Мировую известность получили такие здания, как «Сити-Холл» и небоскрёб «Мэри-Экс» в Лондоне, «Коммерцбанк» во Франкфурте-на-Майне и многие другие.

Фасад с «двойной кожей» представляет собой две оболочки из стекла, которые обеспечивают эстетическое оформление и выполняют функцию ограждения. Климатические фасады различаются по многим параметрам: размещению поверхностей двойного фасада, наличию вентиляционных отверстий (без отверстий, с отверстиями, на обоих слоях фасада, только на внутренней поверхности фасада), величине зазора и другим. Климатический фасад может предусматриваться с механической или естественной вентиляцией через запроектированную систему отверстий. Расстояние между слоями фасада составляет от 20 до 200 см.

В общем случае межстекольное пространство — это канал для прохода воздуха, который может сообщаться с улицей, с помещениями и системой вентиляции при помощи открывающихся заслонок. Пространство между слоями служит не только каналом циркуляции воздуха; здесь размещаются электроприводы внутренних и наружных фрамуг, солнцезащитные устройства, трапы-проходы для обслуживания и т.п. [6].

Запатентованная конструкция МФП (рис. 3) представляет собой два теплоизоляционных слоя 1 и 2, соединённых между собой каркасом из перфорированных швеллеров 3, образующих воздушный вентилируемый зазор. Теплоизоляция защищена со стороны вентилируемого зазора и помещения влагонепроницаемыми цементными плитами 4, 5 и 6 («Аквапанель KNAUF» или аналог).



Рис. 4. Крепёжный элемент для крепления многослойной фасадной панели

С фасада наружный слой теплоизоляции защищён алюминиевым листом 7, который можно окрашивать в любой цвет и придавать ему любую фактуру, меняя таким образом архитектурный облик здания. Современные технологии и оборудование для фотопечати позволяют наносить любой рисунок и текстуру на панели — имитация дерева, металла и т.д. Защитные слои сохраняют теплоизоляцию на протяжении заявленного срока службы, препятствуют её разрыхлению, деформации и прониканию влаги внутрь панели, а также служат поверхностью, готовой для внутренней отделки изнутри. Соединение внешнего слоя панели является герметичным за счёт конструкции соединения «паз-гребень».

Каркас, выполненный из перфорированных профилей для беспрепятственного движения воздуха, образует замкнутый воздушный зазор в плоскости фасада здания между двумя слоями утеплителя. Герметичность конструкции стены, выполненной из данных фасадных панелей, позволяет использовать нагретый воздух в зазоре для снижения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

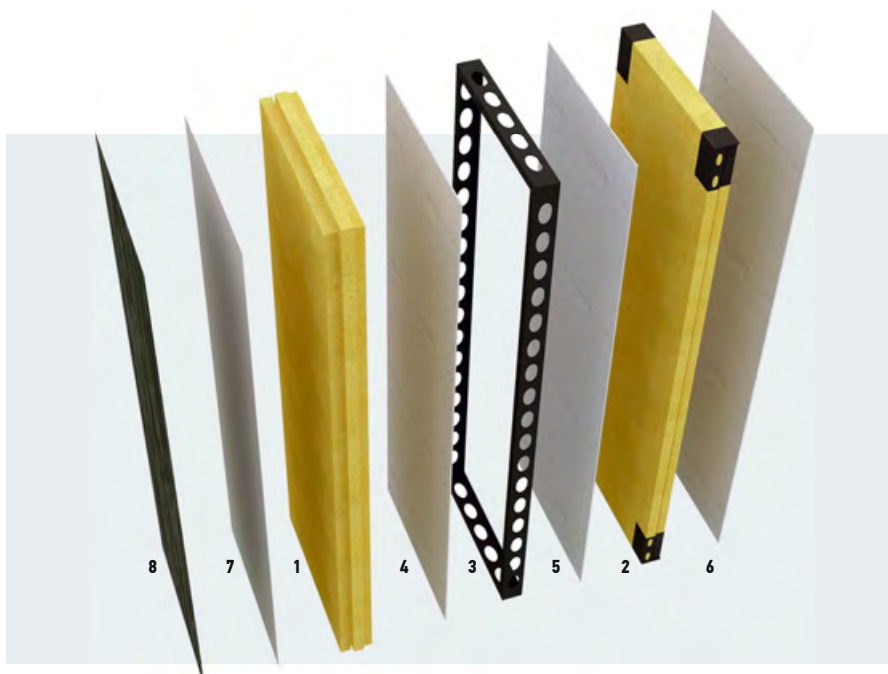


Рис. 3. Конструкция современной многослойной фасадной панели (1 и 2 — слои теплоизоляции; 3 — каркас из перфорированных швеллеров; 4, 5 и 6 — влагостойкие цементные плиты; 7 — алюминиевый лист; 8 — тонкоплёночный фотоэлемент)

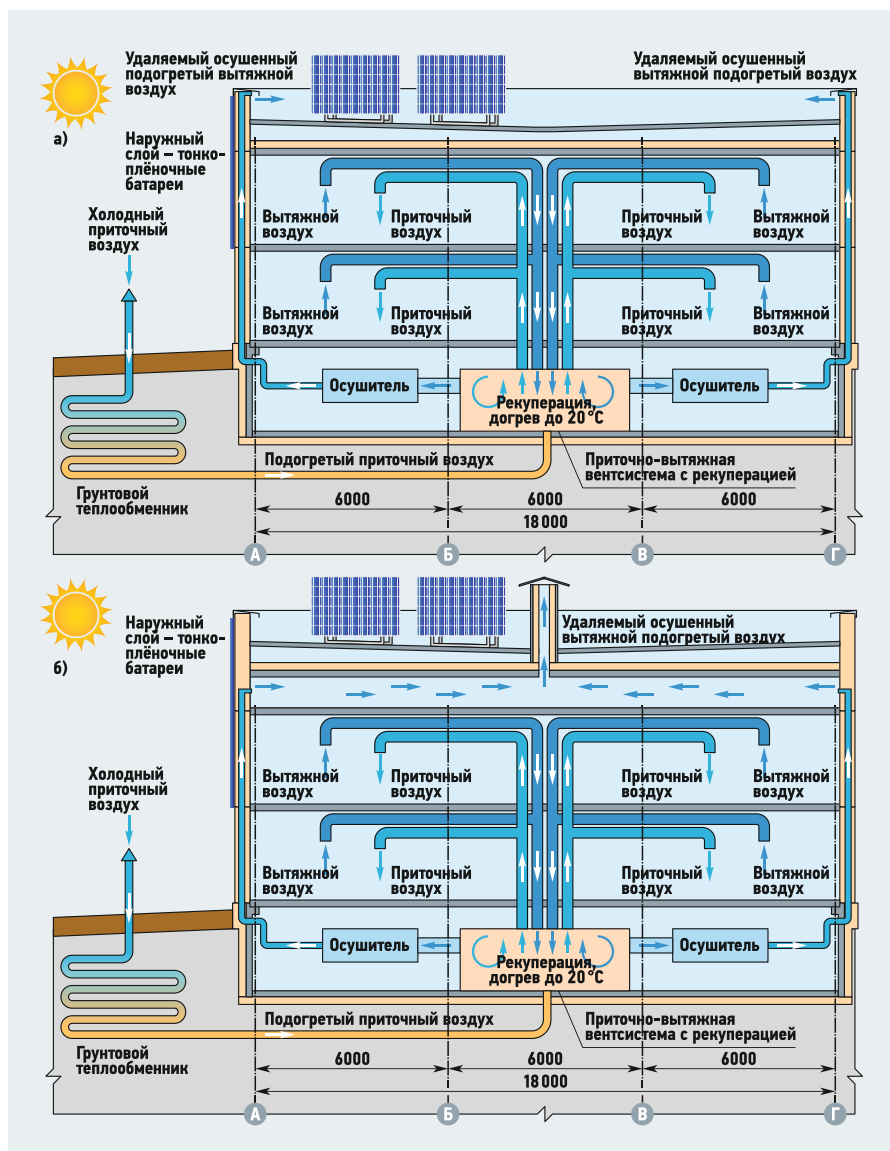


Рис. 5. Использование грунтового теплообменника для эффективной работы многослойной фасадной панели (а — с применением ПВУ, в которой происходит подогрев приточного воздуха и рекуперация отработанного вытяжного воздуха; б — с поступлением тёплого осушенного воздуха из вентилируемого воздушного зазора, после чего происходит удаление вытяжного воздуха наружу)

Многослойные фасадные панели крепятся поэтажно к торцам плит с помощью крепёжного элемента в виде двутавра с рёбрами. В пазы панели, выполненные по углам, заводится крепёжный элемент (рис. 4).

С южной стороны фасада здания на алюминиевый лист МФП предусмотрена возможность монтажа тонкоплёночных фотоэлементов 8 (рис. 3). Невысокая стоимость (от \$0,25 за ватт), вместе с коэффициентом полезного действия 12–20 % модулей третьего поколения и высокой производительностью при рассеянном свете по сравнению с кристаллическими аналогами, делают целесообразным их использование, в том числе и в Уральском регионе, с преимущественно пасмурной погодой. Некоторые виды модулей производят с прозрачностью до 20 %, что позволяет применять такие тонкоплёночные батареи на светопрозрачных конструкциях.

Наиболее распространёнными являются тонкоплёночные батареи на основе аморфного кремния с КПД не более 12 %. В настоящее время наиболее эффективны тонкоплёночные фотоэлементы на основе индия, селена и меди с коэффициентом полезного действия около 20 %.

Данную панель можно применять в регионах с различными климатическими условиями, изменяя некоторые параметры: толщины внутреннего и внешнего слоёв теплоизоляции, размеры перфорированного профиля и перфораций, температуру нагнетаемого воздуха в зазор и многие другие.

Преимущество многослойной фасадной панели состоит в значительном снижении ресурсоёмкости и упрощении монтажа фасада, повышении срока службы теплоизоляции, а также снижения энергопотребления здания.

Применение МФП в зданиях с комплексом возобновляемых источников энергии (ВИЭ)

Для эффективной работы многослойной фасадной панели может быть использован грунтовый теплообменник (ГТО). Наружный холодный воздух поступает в грунтовый теплообменник, затем поступает в приточно-вытяжную установку, где происходит догрев, и оттуда поступает в помещения (рис. 5а).

Отработанный вытяжной воздух сначала проходит через рекуператор, затем через конденсационный осушитель, после чего поступает в нижней части вентилируемого воздушного зазора фасада. Тёплый воздух в зазоре панелей поднимается вверх, где происходит удаление вытяжного воздуха через вентиляционные решётки в уровне парапета здания.

На аналогичной схеме показано, как тёплый осушенный воздух из вентилируемого воздушного зазора поступает в чердачное пространство, после чего происходит удаление вытяжного воздуха наружу (рис. 5б).

Такая схема представляет собой замкнутый цикл движения воздушных масс, в результате которого весь объём нагретого воздуха для систем принудительной вентиляции направлен на сохранение положительной температуры в вентилируемом зазоре. В качестве источника тепла могут быть использованы градирни при размещении зданий вблизи промышленных предприятий.

В летний период приточный воздух, охлаждённый за счёт использования грунтового теплообменника до температуры грунта, подаётся в воздушный зазор фасада, вследствие чего уменьшается требуемая мощность системы кондиционирования.

На рис. 6 и 7 изображены здания с фасадом из МФП с использованием грунтового теплообменника и тонкоплёночных батарей на южном фасаде. Окна в зданиях (рис. 6) можно выполнять «в пол», оставляя только парапетную панель. Также возможно устройство подоконной части из многослойной фасадной панели (рис. 7), перфорации в несущем каркасе в горизонтальной плоскости не будут препятствовать движению воздуха.

На рис. 8 изображена схема поэтапного монтажа фасада здания. Монтаж панелей 1 начинается снизу вверх, завершает здание парапетная панель 2. Витраж 3 комплектуется замкнутой конструкцией 4, формирующей оконные откосы и узел сопряжения с панелями. На кровлю здания дополнительно устанавливают солнечные батареи 5.

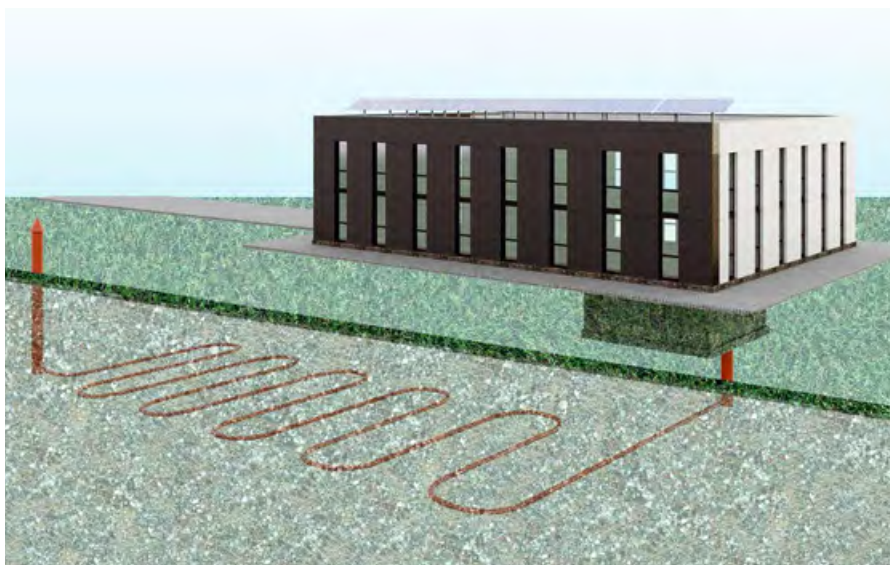


Рис. 6. Здание с фасадом из МФП с использованием ГТО и тонкоплёночных батарей

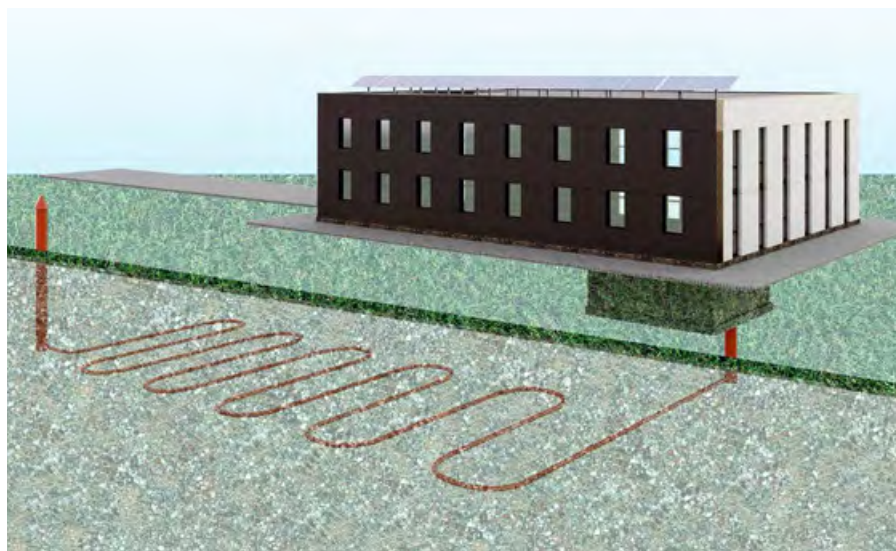


Рис. 7. Здание с фасадом из МФП с использованием ГТО и тонкоплёночных батарей



Рис. 8. Схема поэтапного монтажа фасада здания (1 — многослойная фасадная панель; 2 — парапетная панель; 3 — витраж; 4 — замкнутая рамка; 5 — солнечные батареи)

МФП с вентилируемым воздушным зазором могут применяться в труднодоступных регионах с децентрализованным энергообеспечением

Заключение

Совершенствование ограждающих конструкций зданий является приоритетной задачей для проектировщиков во всем мире. МФП — многослойная фасадная панель с вентилируемым воздушным зазором — может применяться в труднодоступных регионах с децентрализованным энергообеспечением. Заводская сборка панелей и возможность интегрирования ВИЭ в такие здания способствует развитию строительства в малонаселённых регионах, что в настоящее время является актуальной задачей в связи с действующей программой освоения Дальнего Востока и стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации. ●

1. Roser M., Ritchie H., Ortiz-Ospina E. World population growth. "Our World in Data" on May 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 4, 2020.
2. Ritchie H., Roser M. CO2 and greenhouse gas emissions. "Our World in Data" on December 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 4, 2020.
3. Ritchie H., Roser M. CO2 and greenhouse gas emissions: Global average temperature anomaly graph data. "Our World in Data" on December 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 4, 2020.
4. Патент РФ №191998 (RU). МПК E04F 13/075, E04F 13/077. Многослойная фасадная панель / В.Н. Алёхин, Е.П. Шароварова, А.М. Бударин. Заявл.: 28.11.2018; опубл.: 29.08.2019. Бюл. №25.
5. Дербина С.Н., Борискина П.В., Плотников А.А. Эволюция конструктивных решений светопрозрачных фасадов // Вестник МГСУ, 2011. №2. С. 26–35.
6. Ghaffarianhoseini Ali, Ghaffarianhoseini Amir, Berardi U., Tookey J., Hin Wa Li D., Kariminia Sh. Exploring the advantages and challenges of double-skin facades (DSFs). Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 60. Pp. 1052–1065.

References — see page 63.

Multi-layer facade panel with air gap for energy-efficient buildings with renewable energy complex. Pp. 36–40.

Ekaterina P. Sharovarova, assistance lecturer of the Department of CAD Systems in Civil Engineering (CADSCE), Institute of Civil Engineering and Architecture (ICEA), Ural Federal University (UrFU), leading architect in "Techcon", Ltd. (Ekaterinburg city); **Sergei E. Shcheklein**, PhD, Professor, Head of the Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources, Ural Power Engineering Institute, UrFU; **Vladimir N. Alekhin**, PhD, Professor, Head of the Department of CADSCE, ICEA UrFU; **Ivan A. Stepanov**, a graduate of the Department of CADSCE, ICEA UrFU

1. M. Roser, H. Ritchie, E. Ortiz-Ospina. World population growth. "Our World in Data" on May 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 2, 2020.
2. H. Ritchie, M. Roser. CO₂ and greenhouse gas emissions. "Our World in Data" on December 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 4, 2020.
3. H. Ritchie, M. Roser. CO₂ and greenhouse gas emissions: Global average temperature anomaly graph data. "Our World in Data" on December 2019. Web-source: ourworldindata.org. Access data: February 6, 2020.
4. *Patent of Russia No. 191998 (RU)*. IPC E04F 13/075, E04F 13/077. *Mnogoslojnaja fasadnaja panel'* [Multi-layer facade panel]. V.N. Alehin, E.P. Sharovarova, A.M. Budarin. Decl. on November 28, 2018. Publ. on August 29, 2019. Bull. No. 25. [In Russian]
5. S.N. Derbina, P.V. Boriskina, A.A. Plotnikov. *Jevoljucija konstruktivnyh reshenij svetoprozrachnyh fasadov* [An evolution of design solutions for translucent facades]. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)]. 2011. No. 2. Pp. 26–35. [In Russian]
6. Ali Ghaffarianhoseini, Amir. Ghaffarianhoseini, U. Berardi, J. Tookey, D. Hin Wa Li, Sh. Kariminia. Exploring the advantages and challenges of double-skin facades (DSFs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 60. Pp. 1052–1065.