DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-50-55

Абрамян С.Г., кандидат технических наук, доцент,
Поляков В.Г., кандидат технических наук, доцент,
Оганесян О.В.,*

Волгоградский государственный технический университет, Россия

**Ответственный автор E-mail: susannagrants@mail.ru*

УСТРОЙСТВО НАРУЖНЫХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТЕКЛОПРОФИТА И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье поднимаются вопросы, связанные с применением профильного стекла (стеклопрофилита) при устройстве наружных вертикальных ограждающих конструкций современных строительных систем. Отмечается необходимость сочетания композитных материалов, особенно пенокомпозита, при изготовлении светопрозрачных ограждающих конструкций, что намного снижает массу наружных панелей и повышает их тепло- и звукоизоляционные характеристики. Подчеркивается необходимость рассмотрения вопросов энергоэффективности не только на стадии эксплуатации здания, но и на стадии его возведения, так как энергоэффективность не только способность сохранения тепла на стадии эксплуатации зданий, но и высокая технологичность выполнения работ на стадии их возведения.

Новизной данного исследования является как раз разработка конструкции стеновой панели с возможным сочетанием двух материалов – профилированного стекла и пенокомпозита. В статье подробно описывается не только конструкция самой панели, но технология ее изготовления, а также технологические процессы, связанные с устройством ограждающих конструкций. Рассматриваются два варианта соединения стеновых панелей с плитами перекрытия и приводятся узлы соединения. На основе анализа ряда научных публикаций рассматриваются варианты применяемых механизмов для монтажа панелей с учетом узлов соединения конструктивных элементов – самой панели и плит перекрытий. В связи с тем, что в статье рассматривается применение коробчатого стеклопрофилита, подчеркивается необходимость продолжения исследования в целях выявления возможности применения других видов стеклопрофилита (швеллерного, ребристого, обрезного) для изготовления многокомпонентных стеновых панелей с учетом климатических условий регионов.

Ключевые слова: светопрозрачные фасадные системы, стеклопрофилит, композитный материал, ограждающая стеновая панель, технология монтажа

Введение

Как показывает анализ научных публикаций [1-14] распространенность светопрозрачных наружных покрытий связана не только с их эстетичностью, возможностью создания уникальных архитектурных форм современной глобализации, но и с энергоэффективностью зданий и сооружений. Вместе с тем применение стеклопрофилита, по сравнению с другими светопрозрачными материалами, для создания конструктивных энергоэффективных элементов мало изучено. Под энергоэффективностью авторами рассматривается не только способность сохранения тепла на стадии эксплуатации зданий, но и высокая технологичность выполнения работ на стадии их возведения. А для этого необходимо применение легких при монтаже ограждающих стеновых панелей, монтируемых с небольшими затратами труда и машинного времени. Между тем практика строительства строительных систем показывает, что светопрозрачные самонесущие наружные ограждающие конструкции из стеклопрофилита выполняются сплошными практически на всю высоту этажа, а иногда и на всю высоту здания, что не отвечает требованиям современных стандартов легких фасадов.

С другой стороны, строительная практика показывает, что стекложелезобетонные и фибропенобетонные панели с добавлением отходов стекла успешно применяются при возведении как малоэтажных, так и высотных и уникальных зданий и сооружений более двадцати лет [15-17], позволяющие решать ряд проблем строительного производства, связанные с энергоэффективностью, экологичностью и высокой технологичностью.

Методы и материалы

В данной работе будут рассмотрены возможности применения стеклопрофилита и композитных материалов, в частности пенокомпозита и фибропенобетона, при создании энергоэффективных стеновых панелей, предназначенных для вертикального наружного ограждения современных строительных систем.

Результаты и обсуждения

Для изготовления панели через тело (внутреннюю полость) коробчатого стеклопрофилита проводят несколько стержней композитной арматуры, выпуски которой с двух сторон впоследствии будут соединены с пенокомпозитом (или фибропенобетоном). Чтобы пенокомпозит (фибропенобетон) не попал во внутреннюю полость стеклопрофилита, с его торцов устраивают П-образные заглушки (рис. 1).

Рис. 1. Конструкция разработанной панели из стеклопрофилита и композитных материалов:

- (1) – пенокомпозит (или фибропенобетон); (2) – композитная арматура;
(3) – место установки заглушки; (4) – стеклопрофилит коробчатый

Fig. 1. The design of the developed panel is made of fiberglass and composite materials:

- (1) - foam composite (or fiber concrete); (2) - composite reinforcement;
(3) - place of installation of the plug; (4) - fiberglass box

С внешней стороны заглушки имеют рифленую (шероховатую) поверхность, которая способствует лучшему сцеплению пенокомпозита (фибропенобетона) с заглушкой. Количество и диаметр композитной арматуры, размеры заглушек, двухсторонних бетонных частей панели определяются расчетом исходя из ширины и длины панели и надежности ее функционирования.

Применение пенокомпозита в таких панелях имеет многофункциональное назначение. Во-первых, он не только конструкционный материал, но и утеплитель превосходного качества, во-вторых, незначительная объемная масса пенокомпозита (по сравнению с бетоном) позволит изготовить легковесные панели, обеспечивающие высокую технологичность при монтаже.

Что касается стеклопрофилита, то различные по палитре изделия позволяют устраивать фасадные системы в различных вариациях по цветовой гамме как в пределах одного этажа (рис. 2), так и здания или сооружения в целом.

Рис. 2. Вариант предполагаемого внешнего вида фрагмента фасада с разработанными светопрозрачными панелями из стеклопрофилита и композитного материала:

- 1 – часть панели из композита; 2 – часть панели из стеклопрофилита;
3 – железобетонная колонна; 4 – фасадные кассеты

Fig. 2. A variant of the proposed appearance of a facade fragment with developed translucent panels of fiberglass and composite material: 1 - part of the panel of composite;

2 - part of the panel made of fiberglass; 3 - reinforced concrete column; 4 - front carriages

Организационно-технологические решения устройства предлагаемых светопрозрачных фасадных панелей зависят от функционального назначения, этажности, принятой конструктивной схемы и других характеристик здания или сооружения.

Закрепление фасадных панелей с монолитными плитами перекрытий можно осуществлять посредством болтовых соединений и алюминиевых Г-образных соединительных профилей. При этом соединительные элементы могут быть видимыми с наружной стороны фасада или наоборот (рис. 3).

Рис. 3. Схема соединения фасадных панелей из стеклопрофилита и плит перекрытия:
(а) – с видимыми с наружной стороны соединительными алюминиевыми профилями;
(б) – с невидимыми соединительными алюминиевыми профилями:
(1) – плита перекрытия; (2) – стеновая панель; (3) – Г-образные соединительные профили;
(4) – болтовое соединение; 5 – фасадные кассеты

Fig. 3. Scheme of connection of facade panels made of fiberglass and floor slabs:

- (a) - with connecting aluminum profiles visible from the outside;
(b) - with invisible connecting aluminum profiles:
(1) - floor slab; (2) - wall panel; (3) - L-shaped connecting profiles;
(4) - bolted connection; 5 - front cartridges

В целях обеспечения надежности их закрепления в теле плиты перекрытия в процессе ее изготовления (после установки арматурных каркасов) в необходимых местах можно ставить пластиковые патрубки, заполненные войлоком (или другими идентичными материалами), во избежание попадания туда бетонной смеси. Высота патрубка должна быть чуть больше толщины плиты перекрытия, а диаметр соответствовать диаметру применяемого болта, который определяется расчетом.

Для придания фасадной системе эстетичности при первом варианте можно с наружной стороны на уровне видимых профилей, болтов и торца плиты перекрытия смонтировать фасадные кассеты необходимой высоты. Ими могут быть облицованы также железобетонные колонны (рис. 1). Смонтировать фасадные кассеты можно одновременно при очистке фасада с рабочих площадок подъемных механизмов, с безусловным соблюдением правил безопасности труда.

Технология устройства стеновых панелей включает следующие процессы:

1. Разметка на плите перекрытия (на уровне пола и потолка) мест закрепления соединительных алюминиевых Г-образных элементов (уголков), т.е. удаление с помощью строительных режущих инструментов выступающих из контура плиты частей патрубков.
2. Освобождение внутренности патрубков от войлока.
3. Закрепление к плите перекрытия соединительных алюминиевых Г-образных элементов (уголков).
4. Установка стеновой панели и временное закрепление ее с алюминиевыми Г-образными соединительными элементами с помощью болтов.
5. Проверка вертикальности и горизонтальности установленных панелей с помощью геодезических инструментов.
6. Окончательная фиксация стеновых панелей.
7. Герметизация стыков панелей на уровне пола и потолка полиуретановыми герметиками.
8. Герметизация межпанельных стыков силиконовыми мастиками.
9. Монтаж фасадных кассет для укрытия соединительных профилей и болтов (в зависимости от принятого варианта технологии устройства стеновых панелей).
10. Очистка фасада.

Подача и монтаж стеновых панелей могут быть осуществлены по технологии, т.е. с помощью мини-кранов, расположенных на плитах перекрытия каркасного высотного здания или зданий повышенной этажности. Для зданий малоэтажных и средней этажности можно использовать самоходные краны необходимой грузоподъемностью и высотой подъема крюка. Отметим также, что технология, больше всего подходит для высотных каркасных зданий с невидимыми со стороны фасада несущими колоннами.

Альтернативой данной технологии можно рассмотреть технологию монтажа наружных стеновых панелей с применением современных погрузчиков – ричтраков,. Суть технологии заключается в том, что на уровне плиты перекрытия этажа, где должны быть смонтированы наружные стеновые панели, устанавли-

ваются выносные строительные площадки. Основной корпус ричтрака, находясь в контуре здания (на плите перекрытия), выдвигает вперед в пространство выносной строительной площадки мачту с вилами для приема пакета наружных стеновых панелей, подаваемого краном. Мачта, на которой закреплена рама для стеновых панелей, при приеме ограждающих конструкций имеет вертикальное положение. Далее она принимает наклонное положение, что позволяет не только пройти через проем между двумя плитами перекрытия, но и безопасно транспортировать панели. При этом панели дополнительно зафиксированы таким образом, что исключается возможность их опрокидывания. После транспортировки на место монтажа мачта принимает необходимое для монтажа положение, панели освобождают от дополнительных фиксирующих элементов и производят их монтаж. При установке нескольких выносных строительных площадок на разных этажах можно работы выполнять поточным методом. Предложенная технология не отличается новизной, так как ранее она была использована при возведении зданий повышенной этажности, где вместо ричтраков использовались самоходные мобильные тележки. Однако современные ричтраки по сравнению с ними имеют ряд преимуществ: мобильность, управляемость, высота подъема и другие возможности для выполнения различных строительных технологических процессов внутри этажа здания. Однако монтаж предлагаемых стеновых панелей с помощью ричтраков возможен при схеме соединения, приведенной на рис. 3, а. В остальных случаях можно использовать другие традиционные технологии.

В экспериментальной части в лабораторных условиях была изготовлена панель с уменьшенными размерами по вышеописанной технологии. Для непрозрачной части панели был использован фибропенобетон, в связи с отсутствием пенокомпозита. Целью экспериментальной части являлась проверка прочности на стыке двух материалов. Из десяти образцов стеновых панелей только три не отвечали требованиям прочности. В ходе эксперимента выяснилось, что для надежного крепления панелей между собой на непрозрачной части можно предусмотреть штепсельное соединение.

Выводы

Разработанная панель из коробчатого стеклопрофилита в сочетании с композитными материалами можно отнести к энергоэффективным изделиям, так как рекомендуемые при ее изготовлении композитные материалы (пенокомпозит и фибропенобетон) являются не только конструкционными материалами, но и превосходными утеплителями. Кроме того, сам коробчатый стеклопрофилит является превосходным звуко- и теплоизоляционным светопрозрачным материалом. Применение рекомендуемых композитных материалов позволяет создать совместно с стеклопрофилитом легкие изделия, технологичные в монтаже. Легковесность панелей достигается за счет малой объемной массы пенокомпозита. При рассмотрении пенокомпозита как конструкционного материала выяснилось, что он в пять раз легче стеклопрофилита. К тому же он негорюемый, что повышает пожаробезопасность строительных систем.

Таким образом, новизной данной работы является возможность изготовления светопрозрачных легковесных, технологичных в монтаже наружных стеновых панелей из коробчатого стеклопрофилита и рассматриваемых композитных материалов. Применение разработанных панелей позволяет сократить теплотери через ограждающие конструкции, так как стеклопрофилит частично может заменяться превосходным утепляющим и конструкционным материалом – пенокомпозитом. Хотя в данной работе рассматривается только коробчатый стеклопрофилит с двумя швами, для южных районов можно использовать для изготовления панелей и другие виды профильного стекла (швеллерное, ребристое, обрезное), что требует дальнейшего продолжения начатых исследований. Тем не менее на данном этапе исследования полученные теоретические и практические материалы позволяют оценить практическую значимость исследования, которая заключается в разработке новых технологических решений для устройства светопрозрачных вертикальных ограждающих конструкций из многокомпонентных легких и высокотехнологичных изделий.

Литература

1. Koo B., Lee K., An Y., Lee K. Solar Heat Gain Reduction of Ventilated Double Skin Windows without a Shading Device // Sustainability. 2018. 10 (1) Article number: 64.
2. Bedon C., Zhang XH., Santos F., Honfi D. at al. Lange, Performance of structural glass facades under extreme loads – Design methods, existing research, current issues and trends // Construction and Building Materials. 2018. №163. P. 921 – 937.
3. Sun Y.Y., Liang R.Q., Wu Y.P., Wilson R. Glazing systems with Parallel Slats Transparent Insulation Material (PS-TIM): Evaluation of building energy and daylight performance // Energy and Buildings. 2018. №159. P. 213 – 227.
4. Attoye D.E., Aoul K.A.T., Hassan A. Review on Building Integrated Photovoltaic Facade Customization Potentials // Sustainability. 2017. №9 (Iss 12). Article number: 2287.

5. Vigna I., Bianco L., Goia F., Serra V. Phase Change Materials in Transparent Building Envelopes: A Strengths, Weakness, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis // *Energies*. 2018. №11 (Iss 1). Article number: 111.
6. Ilter S., Vural S.M. Cross method and design process for DSF elements // *Open house international*. 2017. №42 (Iss. 2). P. 36 – 43.
7. Giovannini L., Goia F., Lo Verso V.R.M., Serra V. Phase Change Materials in glazing: implications on light distribution and visual comfort. Preliminary results // *Energy Procedia*. 2017. №11. P. 367 – 376.
8. Nikitin Yu., Murgul V., Vatin N., Pukhkal V. Uses of Glass in Architecture: Heat Losses of Buildings Based on Translucent Structures // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. №680. P. 481 – 485.
9. Ihara T., Gao T., Grynning S., Jelle B.P. et al. Aerogel granulate glazing facades and their application potential from an energy saving perspective // *Applied Energy*. 2015. №142. P. 179 – 191.
10. Cuerda E., Perez M., Neila J. Facade typologies as a tool for selecting refurbishment measures for the Spanish residential building stock // *Energy and Buildings*. 2014. №76. P. 119 – 129.
11. Guerlich D., Reber A., Biesinger A., Eicker U. Daylight Performance of a Translucent Textile Membrane Roof with Thermal Insulation // *Buildings*. 2018. №8 (Iss 9). (Article number: 118).
12. Souayfane F., Biwolé P.H., Fardoun F. Thermal behavior of a translucent superinsulated latent heat energy storage wall in summertime // *Applied Energy*. 2018. №217. P. 390 – 408.
13. Sun Y.Y., Wu Y.P., Wilson R. Analysis of the daylight performance of a glazing system with Parallel Slat Transparent Insulation Material (PS-TIM). *Energy And Buildings* // 2017. №139. P. 616 – 653.
14. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. New Solutions for Translucent Structures // *Light & Engineering*. 2016. №24 (Iss 1). P. 66 – 72.
15. Mohajerani A., Vajna J., Cheung T.H.H., Kurmus H. et al. Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review // *Construction and Building Materials*. 2017. №156. P. 443 – 467.
16. Ortiz J.A., A. de la Fuente, Sebastia F.M., Segura I. et al. Steelfibre-reinforced self-compacting concrete with 100% recycled mixed aggregates suitable for structural applications // *Construction and Building Materials*. 2017. №156. P. 230 – 241.
17. Leone M., Centonze G., Colonna D., Micelli F. et al. Fiberreinforced concrete with low content of recycled steel fiber: Shear behavior // *Construction and Building Materials*. 2018. №161. P. 141 – 155.

References

1. Koo B., Lee K., An Y., Lee K. Solar Heat Gain Reduction of Ventilated Double Skin Windows without a Shading Device. *Sustainability*. 2018. 10 (1). Article number: 64.
2. Bedon C., Zhang XH., Santos F., Honfi D. et al. Lange, Performance of structural glass facades under extreme loads – Design methods, existing research, current issues and trends. *Construction and Building Materials*. 2018. 163. P. 921 – 937.
3. Sun Y.Y., Liang R.Q., Wu Y.P., Wilson R. Glazing systems with Parallel Slats Transparent Insulation Material (PS-TIM): Evaluation of building energy and daylight performance. *Energy and Buildings*. 2018. 159. P. 213 – 227.
4. Attoye D.E., Aoul K.A.T., Hassan A. Review on Building Integrated Photovoltaic Facade Customization Potentials. *Sustainability*. 2017. 9 (12). Article number: 2287.
5. Vigna I., Bianco L., Goia F., Serra V. Phase Change Materials in Transparent Building Envelopes: A Strengths, Weakness, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis. *Energies*. 2018. 11 (1). Article number: 111.
6. Ilter S., Vural S.M. Cross method and design process for DSF elements. *Open house international*. 2017. 42 (2). P. 36 – 43.
7. Giovannini L., Goia F., Lo Verso V.R.M., Serra V. Phase Change Materials in glazing: implications on light distribution and visual comfort. Preliminary results. *Energy Procedia*. 2017. 11. P. 367 – 376.
8. Nikitin Yu., Murgul V., Vatin N., Pukhkal V. Uses of Glass in Architecture: Heat Losses of Buildings Based on Translucent Structures. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. 680. P. 481 – 485.
9. Ihara T., Gao T., Grynning S., Jelle B.P. et al. Aerogel granulate glazing facades and their application potential from an energy saving perspective. *Applied Energy*. 2015. 142. P. 179 – 191.
10. Cuerda E., Perez M., Neila J. Facade typologies as a tool for selecting refurbishment measures for the Spanish residential building stock. *Energy and Buildings*. 2014. 76. P. 119 – 129.
11. Guerlich D., Reber A., Biesinger A., Eicker U. Daylight Performance of a Translucent Textile Membrane Roof with Thermal Insulation. *Buildings*. 2018. 8 (9). (Article number: 118).

12. Souayfane F., Biwole P.H., Fardoun F. Thermal behavior of a translucent superinsulated latent heat energy storage wall in summertime. *Applied Energy*. 2018. 217. P. 390 – 408.
13. Sun Y.Y., Wu Y.P., Wilson R. Analysis of the daylight performance of a glazing system with Parallel Slat Transparent Insulation Material (PS-TIM). *Energy And Buildings*. 2017. 139. P. 616 – 653.
14. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. New Solutions for Translucent Structures. *Light & Engineering*. 2016. 24 (1). P. 66 – 72.
15. Mohajerani A., Vajna J., Cheung T.H.H., Kurmus H. at al. Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review. *Construction and Building Materials*. 2017. 156. P. 443 – 467.
16. Ortiz J.A., A. de la Fuente, Sebastia F.M., Segura I. at al. Steelfibre-reinforced self-compacting concrete with 100% recycled mixed aggregates suitable for structural applications. *Construction and Building Materials*. 2017. 156. P. 230 – 241.
17. Leone M., Centonze G., Colonna D., Micelli F. at al. Fiberreinforced concrete with low content of recycled steel fiber: Shear behavior. *Construction and Building Materials*. 2018. 161. P. 141 – 155.

Abramyan S.G., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Polyakov V.G., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Oganesyan O.V.,
Volgograd State Technical University, Russia*

*Corresponding author E-mail: susannagrants@mail.ru

EXTERNAL TRANSLUCENT COATINGS DEVICE WITH THE USE OF GLASS PROFITE AND COMPOSITE MATERIALS

Abstract: the article raises issues related to the use of profile glass (glass profilite) in the device of external vertical enclosing structures of modern building systems. There is a need for a combination of composite materials, especially foam composite, in the manufacture of translucent enclosing structures, which greatly reduces the weight of the outer panels and increases their heat and sound insulation characteristics. It is emphasized the need to consider the issues of energy efficiency not only at the stage of operation of the building, but also at the stage of its construction, as energy efficiency is not only the ability to save heat at the stage of operation of buildings, but also high technological performance of works at the stage of their construction.

The novelty of this study is just the design of the wall panel with a possible combination of two materials – profiled glass and foam. The article describes in detail not only the design of the panel itself, but the technology of its manufacture, as well as the technological processes associated with the device of enclosing structures. Two variants of connection of wall panels with floor slabs are considered and connection nodes are given. Based on the analysis of a number of scientific publications, the variants of the mechanisms used for the installation of panels taking into account the nodes of the connection of structural elements – the panel itself and the floor slabs are considered. Due to the fact that the article discusses the use of boxed glass, emphasizes the need to continue the study in order to identify the possibility of using other types of glass (channel, ribbed, edged) for the manufacture of multi-component wall panels, taking into account the climatic conditions of the regions.

Keywords: translucent façade systems, glass profilite, composite material, protecting wall panel, installation technology

Для цитирования: Абрамян С.Г., Поляков В.Г., Оганесян О.В. Устройство наружных светопрозрачных покрытий с применением стеклопрофилита и композитных материалов // Строительные материалы и изделия. 2019. Том 2. №4. С. 50 – 55. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-50-55

For citation: Abramyan S.G., Polyakov V.G., Oganesyan O.V. External translucent coatings device with the use of glassprofite and composite materials. *Construction Materials and Products*. 2019. 2 (4). P. 50 – 55. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-50-55

Поступила в редакцию 13 мая 2019 г.

Принята в доработанном виде 18 июня 2019 г.

Одобрена для публикации 25 июля 2019 г.

Received: May 13, 2019.

Revised: June 18, 2019.

Accepted: July 25, 2019.