

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-6-511-516>

УДК 69.059.25

Тепловая реабилитация фасадов эксплуатируемых панельных зданий

Канд. техн. наук, проф. В. Н. Черноиван¹⁾, канд. техн. наук, доц. Н. В. Черноиван¹⁾

¹⁾Брестский государственный технический университет (Брест, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2022
Belarusian National Technical University, 2022

Реферат. Натурные исследования панельных зданий показали, что после 30 лет эксплуатации техническое состояние конструктивных элементов (закладные детали, сварные швы и др.) находятся в рабочем состоянии. При этом тепло-технические характеристики наружного стенового ограждения снизились более чем на 30 % по сравнению с принятыми при проектировании и не соответствуют нормативным требованиям. Одна из основных причин этого – деградация материала теплоизоляционного слоя стеновых панелей под влиянием атмосферных воздействий. Следовательно, проведение тепловой реабилитации наружных стеновых панелей позволяет обеспечить дальнейшую эксплуатацию панельных зданий без ограничений. По итогу выполненных исследований предлагается для тепловой реабилитации фасадов эксплуатируемых панельных зданий применить теплоизоляционную облицовочную плиту заводского изготовления. В публикации приведены результаты лабораторных экспериментов по выбору эффективного решения конструкции соединения (стыка) отдельных теплоизоляционных плит в теплоизоляционную облицовочную плиту требуемых размеров. Изложена технология изготовления теплоизоляционных облицовочных плит. Основными преимуществами предлагаемого конструктивно-технологического решения тепловой реабилитации наружных стеновых панелей являются: существенное сокращение ручных технологических процессов на строительной площадке, возможность производства работ без отселения жильцов, исключение появления «мостиков холода» в межпанельных швах в процессе эксплуатации зданий за счет применения стыка типа фолдинг.

Ключевые слова: теплоизоляционная облицовочная плита, стык типа фолдинг, деревянные штифты, фасадный клей-герметик СЕММИХ, двухместные электрифицированные люльки

Для цитирования: Черноиван, В. Н. Тепловая реабилитация фасадов эксплуатируемых панельных зданий / В. Н. Черноиван, Н. В. Черноиван // *Наука и техника*. 2022. Т. 21, № 6. С. 511–516. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-6-511-516>

Thermal Rehabilitation of Facades of Operated Panel Buildings

V. N. Chernoiivan¹⁾, N. V. Chernoiivan¹⁾

¹⁾Brest State Technical University (Brest, Republic of Belarus)

Abstract. Field studies of panel buildings have shown that after 30 years of operation, the technical condition of structural elements (embedded parts, welds, etc.) are in working condition. At the same time, the thermal characteristics of the external wall fencing have decreased by more than 30 % compared to those adopted during the design and do not meet regulatory requirements. One of the main reasons for this is the destruction of the material of the thermal insulation layer of wall panels under the influence of atmospheric influences. Consequently, the thermal rehabilitation of external wall panels allows for further operation of panel buildings without restrictions. According to the results of the studies carried out, it is proposed to use a factory-made thermal insulation cladding plate for thermal rehabilitation of the facades of operated panel buildings. The publication presents the results of laboratory studies on the choice of an effective solution for the design of the connection (joint) of individual thermal insulation plate into a thermal insulation facing plate of the required dimensions. The technology of manufacturing thermal insulation facing plates is described. The main advantages of the proposed structural

Адрес для переписки

Черноиван Вячеслав Николаевич
Брестский государственный технический университет
ул. Московская, 267,
224017, г. Брест, Республика Беларусь
Тел.: +375 29 526-53-46
chernoivan@inbox.ru

Address for correspondence

Chernoivan Vyacheslav N.
Brest State Technical University
267, Moskovskaya str.,
224017, Brest, Republic of Belarus
Tel.: +375 29 526-53-46
chernoivan@inbox.ru

and technological solution for the thermal rehabilitation of external wall panels are: a significant reduction in manual technological processes on the construction site; the possibility of performing work without eviction of residents; eliminating the appearance of cold bridges in the inter-panel seams during the operation of buildings through the use of a folding type joint.

Keywords: thermal insulation facing plate, folding type joint, wooden pins, CEMMIX facade adhesive sealant, double electric cradles

For citation: Chernoiivan V. N., Chernoiivan N. V. (2022) Thermal Rehabilitation of Facades of Operated Panel Buildings. *Science and Technique*. 21 (6), 511–516. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-6-511-516> (in Russian)

Введение

Результаты обследования панельных зданий, эксплуатируемых более 30 лет, показали, что техническое состояние бетона и узлов конструктивных элементов (закладные детали, сварные швы и др.) находится в рабочем состоянии. Установлено, что ухудшение эксплуатационных характеристик этих зданий вызвано существенным (почти на 35 %) снижением теплотехнических характеристик стенового ограждения по сравнению со значениями, принятыми при проектировании. Причина этого – разрушение материала теплоизоляционного слоя стеновых панелей [1–3]. Низкие эксплуатационные характеристики (разгерметизация) межпанельных швов (стыков) также оказывают негативное влияние на комфортность проживания в панельных зданиях [4–7]. Кроме того, необходимость проведения текущего ремонта стыков через каждые 8–10 лет существенно удорожает эксплуатацию панельных зданий.

Следовательно, выполнив тепловую реабилитацию эксплуатируемых наружных стеновых панелей, реально обеспечить комфортное проживание в панельных зданиях [6, 8]. Сегодня основным, массово применяемым решением тепловой реабилитации стенового ограждения является устройство легкой штукатурной системы [9, 10] – это трудоемкий полумеханизированный технологический процесс, полностью выполняемый на строительной площадке [11]. Наряду с высокой трудоемкостью устройства легкой штукатурной системы, для обеспечения высокого качества теплоизоляционного покрытия должны быть соблюдены технологические перерывы (более 10 сут.).

Как показывает практика, определенные трудности возникают при установке анкерных устройств для крепления плитного утеплителя к подоснове. Использование молотка для установки дюбелей в просверленные отверстия и пробойника, чтобы заглубить сердечник до проектного положения, создает локальные динамические воздействия, которые могут привести к повреждению (разрушению структуры)

плитного утеплителя и появлению дефектов (трещин) в материале подосновы (стены).

Сегодня в Республике Беларусь основной объем работ по тепловой модернизации фасадов выполняется в зданиях с наружными стенами из искусственных штучных материалов. Легкая штукатурная система для тепловой модернизации фасадов панельных зданий применяется в ограниченных объемах. Основными причинами, сдерживающими внедрение этой технологии, являются:

- существенное увеличение трудоемкости производства работ за счет большой протяженности стыков между стеновыми панелями;

- локальные динамические воздействия на подоснову и плитный утеплитель при установке анкерных устройств.

Таким образом, разработка эффективно-конструктивно-технологического решения утепления фасадов эксплуатируемых панельных зданий представляется актуальной задачей.

Разработка конструктивно-технологического решения тепловой реабилитации фасадов зданий

Анализ публикаций и поисковые исследования [8, 11] позволяют в качестве базы для тепловой реабилитации фасадов эксплуатируемых панельных зданий рекомендовать применение теплоизоляционных облицовочных плит заводского изготовления (рис. 1) [12]. Для обеспечения качественного изготовления теплоизоляционных облицовочных плит все работы необходимо выполнять в производственных помещениях (цехах) с температурой воздуха не ниже 5 °С. Это позволит существенно сократить трудоемкость работ по тепловой реабилитации фасадов, так как из технологического процесса исключаются ручные операции: установка анкерных устройств, устройство армированного и декоративно-защитного слоев.

Устройство горизонтальных и вертикальных стыков типа фолдинг между теплоизоляционными облицовочными плитами позволяет исключить из производства работ герметизацию

межпанельных швов (стыков), что также существенно сократит трудоемкость производства работ и позволит увеличить срок эксплуатации стенового ограждения без ремонта (рис. 2).

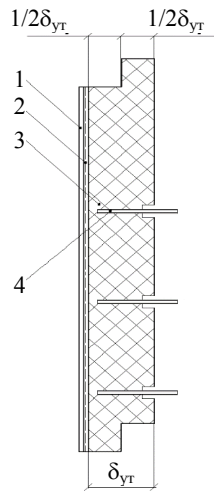


Рис. 1. Теплоизоляционная облицовочная плита:

- 1 – декоративно-защитный слой (включает штукатурку и окраску);
- 2 – армирующий слой (стеклосетка ССШ-160);
- 3 – теплоизоляция из плитного утеплителя;
- 4 – стеклопластиковый анкер-кронштейн

Fig. 1. Thermal insulation facing plate:

- 1 – decorative and protective layer (includes plaster and paint);
- 2 – reinforcing layer (ССШ-160);
- 3 – thermal insulation from plate insulation;
- 4 – fiberglass anchor-bracket

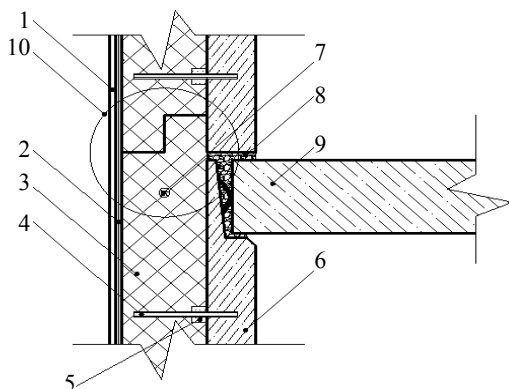


Рис. 2. Конструктивное решение стыка типа фолдинг:

- 1 – декоративно-защитный слой; 2 – армирующий слой (стеклосетка ССШ-160); 3 – теплоизоляция из плитного утеплителя; 4 – стеклопластиковый анкер-кронштейн; 5 – втулка; 6 – бетонный несущий слой; 7 – штифты соединения плитного утеплителя в блоки; 8 – цементный раствор; 9 – железобетонная плита перекрытия; 10 – стык типа фолдинг

Fig. 2. Constructive solution of the folding type joint:

- 1 – decorative and protective layer; 2 – reinforcing layer (ССШ-160); 3 – thermal insulation made of plate insulation; 4 – fiberglass anchor bracket; 5 – sleeve; 6 – concrete bearing layer; 7 – pins connecting plate insulation into blocks; 8 – cement mortar; 9 – reinforced concrete floor slab; 10 – folding type joint

Разработка конструкции соединения (стыка) заготовок из плитных утеплителей заводского изготовления

Сегодня для тепловой изоляции наружных стен массово выпускаются минераловатные плиты размерами 500×1000 мм или 600×1200 мм. В связи с этим для изготовления теплоизоляционных облицовочных плит любых требуемых типоразмеров необходимо разработать конструкцию соединения (стыка) заготовок из плит заводского изготовления в теплоизоляционные облицовочные плиты проектного размера.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что в слабонагруженных соединениях двух полимеров, какими являются теплоизоляционные плиты, целесообразно применять соединение на штифтах [1]. Оно позволяет минимизировать влияние малой прочности материала плитного утеплителя на сдвиг (срез), а также полностью исключает возникновение кромочных напряжений вблизи отверстий под соединения и, как следствие, обеспечивает герметичность стыка в процессе эксплуатации стенового ограждения. Как показывает практика, основными причинами, которые могут привести к появлению деформаций в штифтовом соединении стыка, являются:

- местное смятие или разрушение (срез) материала плитного утеплителя на участке установки штифта;
- разрушение штифта.

Известно, что на характер напряженно-деформированного состояния в соединениях большое влияние оказывает соотношение модулей упругости соединяемых в узле материалов. Чем это соотношение ближе к единице, тем соединение эффективней. Выполненные поисковые исследования показали, что наиболее полно данному критерию из всех местных недефицитных материалов отвечает древесина (соотношение $E_{др}/E_{мин.вата} = 1,3$). Простота технологии защиты древесины антипиренами и антисептиками позволяет обеспечить негорючесть и долговечность стыка на деревянных штифтах. Следовательно, использование древесины можно рекомендовать в качестве штифтов.

Базируясь на исследованиях В. С. Дерягина [13], при разработке стыка было принято соотношение между длиной деревянного штифта l и его толщиной d , равное $l/d = 4,0$. Исходя из требуемой по теплотехническим расчетам толщины минераловатных плит, рекомендуется принять деревянные штифты диаметром 10 мм. Для разработки эффективного соединения минераловатных плит на деревянных штифтах выполнены лабораторные испытания образцов двух типов [14]:

- тип 1 – шаг штифтов 75 мм;
- тип 2 – шаг штифтов 100 мм.

Испытания образцов проводили на статический изгиб согласно ГОСТ 17177 [15] на прессе марки ИР 5145-500-11.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ технического состояния соединения минераловатных плит на деревянных штифтах после завершения испытаний образцов показал, что при шаге штифтов 75 мм разрушений материала минераловатных плит и деформаций штифтов не произошло [14]. Установлено, что $R_{\text{стыка}}$ для образцов типа 1 практически равно пределу прочности материала минераловатных плит при изгибе (0,25–0,30 МПа). Следовательно, стык минераловатных плит на деревянных штифтах $d = 10$ мм и $l = 40$ мм с шагом расстановки 75 мм можно рекомендовать к применению.

Технология производства работ по тепловой реабилитации фасадов состоит из двух технологических процессов:

- изготовление теплоизоляционных облицовочных плит – выполняется в цеху;
- закрепление плит на фасадах (стеновых панелях) эксплуатируемых зданий – выполняется на объекте.

Рекомендуется следующая технологическая последовательность изготовления теплоизоляционных облицовочных плит. На первом этапе, согласно проектной документации, из теплоизоляционных плит заводского изготовления нарезаются заготовки. На торцевых поверхностях заготовок размечают места установки деревянных штифтов.

С помощью ручной электродрели сверлом диаметром 6 мм просверливают отверстия глубиной $(20 + 5)$ мм. Штифты в отверстия устанавливаются с помощью киянки без использования клея. После установки штифтов в проектное положение выполняется герметизация стыка с использованием нейтрального силиконового герметика Soudal. Проектное положение отдельных минераловатных плит при изготовлении теплоизоляционной плиты обеспечивается за счет наклеивания на стыки с помощью клеевого полимерного состава КС-1 двусторонних полосок из армирующего материала (стеклосетка ССШ-160) шириной 200 мм.

Следующая технологическая операция – отделка наружной поверхности плитного утеплителя, включающая:

- наклеивание армированного слоя из стеклосетки;
- устройство декоративно-защитного слоя.

Отделка наружной поверхности выполняется по технологии, аналогичной устройству легкой штукатурной системы [11].

Затем на тыльной стороне теплоизоляционной облицовочной плиты с помощью шаблона размечают места установки анкеров-кронштейнов и сверлят под них отверстия диаметром 8 мм. Использование в качестве анкеров-кронштейнов рифленной стеклопластиковой арматуры диаметром 10 мм позволяет обеспечить ее сцепление (работу на выдергивание) с материалом минеральной ваты без применения клея.

Технологический процесс закрепления теплоизоляционных облицовочных плит к стеновому ограждению выполняется в такой последовательности. Рекомендуется работы по закреплению теплоизоляционных облицовочных плит на фасадах (стеновых панелях) производить с двухместных электрифицированных люлек. До крепления плит поверхности стеновых панелей необходимо очистить от загрязнений и выполнить их грунтование. Монтаж теплоизоляционных облицовочных плит к стеновому ограждению начинают с разметки на фасаде мест установки стеклопластиковых анкеров-кронштейнов и сверления отверстий под них. Крепление плит к стеновому ограждению осуществляют в полном соответствии с технологией, приведенной в [11].

Устройство стыка типа фолдинг рекомендуется выполнять по следующей технологии. До закрепления теплоизоляционной облицовочной плиты в проектное положение на соединяемые поверхности (пазы) стыков типа фолдинг с помощью валика (кисти) наносят слой фасадного клея-герметика СЕММИХ, который применяется в широком диапазоне температур (в том числе при отрицательных температурах) и быстро отверждается под влиянием влаги из воздуха.

ВЫВОД

По результатам выполненных исследований предложено эффективное конструктивно-технологическое решение тепловой реабилитации эксплуатируемых панельных зданий, позволяющее:

- существенно снизить трудоемкость и повысить качество работ при утеплении фасадов зданий;
- обеспечить герметичность межпанельных стыков без ремонта в течение всего срока эксплуатации панельного здания;
- проводить работы без отселения жильцов;
- исключить появление «мостиков холода» в межпанельных швах в процессе эксплуатации здания за счет применения стыка типа фолдинг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартенев, Г. М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г. М. Бартенев. М.: Наука, 1984. 279 с.
2. Архиреев, В. П. Старение и стабилизация полимеров / В. П. Архиреев. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2002. 85 с.
3. Желдаков, Д. Ю. Химическая деструкция минеральной ваты / Д. Ю. Желдаков // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 5. С. 26–33. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2021.05.26-33>.
4. Данель, В. В. Решение проблемы вертикальных стыков наружных стеновых панелей / В. В. Данель // Жилищное строительство. 2014. № 3. С. 44–45.
5. Плотников, В. В. Влияние конструктивных решений стыков крупных панелей на энергоэффективность зданий / В. В. Плотников, А. И. Голенок // Инновации в строительстве – 2020: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию строит. ин-та ФГБОУ ВО «БГИТУ», Брянск, 25 декаб. 2020 г. Брянск: Брянск. гос. инж.-технол. ун-т, 2020. С. 235–239.
6. Варламова, Л. А. Герметизация крупнопанельных жилых домов / Л. А. Варламова, М. В. Рыноква // Теория и практика современной науки: материалы Междунар. (заочн.) науч.-практ. конф., Минск, 8 июня 2017 г. Минск: Навуковы свет, 2017. С. 20–26.
7. Разработка стыкового соединения ограждающих конструкций для крупнопанельных энергоэффективных жилых зданий в Брянской области / В. В. Плотников [и др.] // Инновации в строительстве – 2020: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию строит. ин-та ФГБОУ ВО «БГИТУ», г. Брянск, 25 декаб. 2020 г. Брянск: Брянск. гос. инж.-технол. ун-т, 2020. С. 230–234.
8. Леонова, А. Н. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции / А. Н. Леонова, М. В. Курочка // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7. С. 805–813. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.7.805-813>.
9. Новосельцева, Е. Л. Повышение энергоэффективности стыков панельных домов новых и старых серий / Е. Л. Новосельцева, Н. В. Шалагинова, М. С. Чарушина // Общество. Наука. Инновации: сб. ст. Всерос. ежегод. науч.-практ. конф., Киров, 1–29 апр. 2017 г. Киров: Науч. изд-во Вятск. гос. ун-та, 2017. С. 1640–1649.
10. Андрейко, И. В. Проблемы модернизации жилых домов 1950–1970-х годов / И. В. Андрейко, Е. А. Кайдановская // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. Гродно, 2020. С. 3–5.
11. Технологическая карта на устройство легкой штукатурной системы «Илмакс»: ТК-100289293.1211–2020. Введ. 03.08.2020. Минск: ОАО «Стройкомплекс», 2020. 174 с.
12. Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель: пат. № 8892 Респ. Беларусь, МПК (2012) Е 04В 1/76 / В. Н. Черноиван, В. Г. Новосельцев, Н. В. Черноиван. Оpubл. 30.12.2012.
13. Деревягин, В. С. Безметалльные составные балки и металло-деревянные сборные фермы / В. С. Деревягин. М.: Стройиздат, 1947. 80 с.
14. Разработка научно обоснованных принципов осуществления тепловой реабилитации ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий на основе термического экрана: отчет о НИР, № ГР 20063374 (пром.) / БрГТУ; рук. В. Н. Черноиван. Брест, 2007. 32 с.
15. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: ГОСТ 17177–94. Введ. 01.04.1996. М.: Межгос. науч.-техн. комис. по стандартам и технич. нормир. в стр-тве, 1996. 40 с.

Поступила 17.07.2022

Подписана в печать 04.10.2022

Опубликована онлайн 30.11.2022

REFERENCES

1. Bartenev G. M. (1984) *Strength and Mechanism of Polymer Destruction*. Moscow, Nauka Publ. 279 (in Russian).
2. Arkhireev V. P. (2002) *Aging and Stabilization of Polymers*. Kazan: Publishing House of Kazan State Technological University. 85 (in Russian).
3. Zheldakov D. Yu. (2021) Chemical Destruction of Mineral Wool. *Promyshlennoye i Grazhdanskoye Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, (5), 26–33. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2021.05.26-33> (in Russian).
4. Danel, V. V. (2014) Solution of Problem of Vertical Joints of External Wall Panels. *Zhilishchnoe Stroitelstvo = Housing Construction*, (3), 44–45 (in Russian).
5. Plotnikov V. V., Golenok A. I. (2020) Influence of Design Solutions of Joints of Large Panels on the Energy Efficiency of Buildings. *Innovatsii v Stroitel'stve – 2020: Sb. Dokl. Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Posvyashch. 60-Letiyu Stroit. In-ta FGBOU VO «BGITU», Bryansk, 25 Dekab. 2020 g.* [Innovations in Construction – 2020: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 60th Anniversary of the Construction Institute of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bryansk State University of Engineering and Technology”, Bryansk, December 25, 2020]. Bryansk, Bryansk State University of Engineering and Technology. 235–239 (in Russian).
6. Varlamova L. A., Rynkova M. V. (2017) Sealing of Large-Panel Residential Buildings. *Teoriya i Praktika Sovremennoi Nauki: Materialy Mezhdunar. (Zaochn.) Nauch.-Prakt. Konf., Minsk, 8 Iyunya 2017 g.* [Theory and Practice of Modern Science: Proceedings of the International (Correspondence) Scientific and Practical Conference, Minsk, June 8, 2017]. Minsk, Navukovy Svet Publ. 20–26 (in Russian).
7. Plotnikov V. V., Basharin E. S., Dubovskoi P. V., Kireenkova E. A., Ryzhenok M. S., Sinitsyna A. V., Plotnikova S. V., Golenok A. I. (2020) Development of Butt Joint of Enclosing Structures for Large-Panel Energy-Efficient Residential Buildings in the Bryansk Region. *Innovatsii v Stroitel'stve – 2020: Sb. Dokl. Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Posvyashch. 60-Letiyu Stroit. In-ta FGBOU VO «BGITU», Bryansk, 25 Dekab. 2020 g.* [Innovations in Construction – 2020: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 60th Anniversary of the Construction Institute of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bryansk State University of Engineering and Technology”, Bryansk, December 25, 2020]. Bryansk, Bryansk State University of Engineering and Technology. 230–234 (in Russian).
8. Leonova A. N., Kurochka M. V. (2018) Methods to Improve Energy Efficiency of Buildings During Reconstruction. *Vestnik MGSU = Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 13 (7), 805–813. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.7.805-813> (in Russian).
9. Novoseltseva E. L., Shalaginova N. V., Charushina M. S. (2017) Improving the Energy Efficiency of the Joints of Panel Houses of New and Old Series. *Obshchestvo. Nauka. Innovatsii: Sb. St. Vseros. Ezhegod. Nauch.-Prakt. Konf., Kirov, 1–29 Apr. 2017 g.* [Society. Science. Innovations: Proceedings of the All-Russian Annual Scientific and Practical Conference, Kirov, April 1–29, 2017]. Kirov, Scientific Publishing House of Vyatka State University. 1640–1649 (in Russian).
10. Andreyko I. V., Kaydanovskaya E. A. (2020) Problems of Modernization of Residential Buildings in the 1950s–70s. *Traditsii, Sovremennye Problemy i Perspektivy Razvitiya Stroitel'stva: Sb. Nauch. St.* [Traditions, Modern Problems and Prospects of Construction Development: Collection of Scientific Articles]. Grodno, 3–5 (in Russian).
11. TK 100289293.1211–2020. *Manufacturing Plan for the Production of a Light Plaster System “Ilmax”*. Minsk, JSC “Stroykompleks”. 174 (in Russian).
12. Chernoiivan V. N., Novoseltsev V. G., Chernoiivan N. V. (2012) *Thermal Insulation Cladding Wall Panel*. Patent No 8892 Republic of Belarus (in Russian).
13. Derevyagin V. S. (1947) *Metal-Free Composite Beams and Metal-Wood Prefabricated Trusses*. Moscow, Stroyizdat Publ. 80 (in Russian).
14. Chernoiivan V. N. (2007) (Head) *Development of Scientifically Based Principles for the Implementation of Thermal Rehabilitation of Enclosing Structures of Operated Buildings on the Basis of a Thermal Shield*: Research Report, No GR [State Registration] 20063374 (Industry). Brest, Brest State Technical University. 32 (in Russian).
15. State Standard 17177–94. *Materials and Products for Building Heat-Insulating. Test Methods*. Moscow, Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization and Technical Regulation in Construction, 1996. 40 (in Russian).

Received: 17.07.2022

Accepted: 04.10.2022

Published online: 30.11.2022