

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-2-121-127>

УДК 693.98

Возведение фасадов кирпичных зданий из утепленных кирпичных панелей (простенков) заводского изготовления

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

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

© Белорусский национальный технический университет, 2024
Belarusian National Technical University, 2024

Реферат. Высокая трудоемкость возведения утепленных кирпичных стен привела к существенному сокращению потребления кирпича в Республике Беларусь. Учитывая, что в каждой области работает как минимум по одному кирпичному заводу, оснастному современным технологическим оборудованием, а запасы минерального сырья (песок, глина) для изготовления кирпича практически неисчерпаемы, разработка эффективного конструктивно-технологического решения утепленной кирпичной кладки является актуальной задачей. Как показывает практика, сегодня в основном возводимые кирпичные здания малоэтажные (3–5 этажей) – это общеобразовательные школы, детские садики, поликлиники, здания бытового назначения (прачечные, химчистки и др.), а также административные здания. Поэтажная планировка помещений этих зданий, как правило, кабинетная (количество оконных проемов – существенное). В связи с этим предлагается для снижения трудоемкости возведения фасадов таких зданий применять утепленные кирпичные панели (простенки) заводского изготовления. Отличительной особенностью предлагаемого решения утепленной кирпичной кладки от массово применяемых является то, что для повышения эксплуатационной эффективности она выполняется из двух отдельных конструктивных элементов: несущего и теплоизоляционно-декоративного. В статье подробно изложены организация и технология производства работ по изготовлению основных конструктивных элементов кирпичных утепленных фасадных панелей (простенков) в заводских условиях. Предлагаемое конструктивное решение фасада кирпичных зданий с кабинетной планировкой позволяет ручной технологический процесс возведения таких зданий перевести в механизированный – монтаж кирпичных утепленных панелей (простенков) заводского изготовления, что обеспечит существенное снижение трудоемкости возведения утепленных кирпичных стен. Разбивка возводимых зданий на ярусы, высота которых увязана с номенклатурой технологических операций и применяемыми строительными материалами, позволяет исключить из производства работ использование средств подмащивания (подмости), а также доставку на рабочее место каменщика поддонов с кирпичом и растворных ящиков.

Ключевые слова: утепленные кирпичные панели заводского изготовления, легкая штукатурная система, штифтовое соединение

Для цитирования: Черноиван, Н. В. Возведение фасадов кирпичных зданий из утепленных кирпичных панелей (простенков) заводского изготовления / Н. В. Черноиван // *Наука и техника*. 2024. Т. 23, № 2. С. 121–127. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-2-121-127>

Construction of Facades of Brick Buildings from Prefabricated Insulated Brick Panels (Piers) of Factory Manufacture

N. V. Chernoiivan¹⁾

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

Abstract. The high labor intensity of constructing insulated brick walls has led to a significant reduction in brick consumption in the Republic of Belarus. Considering that in each region there is at least one brick factory equipped with modern

Адрес для переписки

Черноиван Николай Вячеславович
Брестский государственный технический университет
ул. Московская, д. 267,
224017, г. Брест, Республика Беларусь
Тел.: +375 29 726-74-56
chernoiivan@inbox.ru

Address for correspondence

Chernoiivan Nikolai V.
Brest State Technical University
267 Moskovskaya str.,
224017, Brest, Republic of Belarus
Tel.: +375 29 726-74-56
chernoiivan@inbox.ru

technological equipment, and the reserves of mineral raw materials (sand, clay) for making bricks are practically inexhaustible, the development of an effective structural and technological solution for insulated brickwork is an urgent task. As practice shows, today the majority of brick buildings being erected are low-rise (3-5 floors) – these are secondary schools, kindergartens, clinics, buildings for household purposes (laundries, dry cleaners, etc.), as well as administrative buildings. The floor layout of the premises of these buildings is, as a rule, cabinet (the number of window openings is significant). In this regard, it is proposed to use factory-made insulated brick panels (piers) to reduce the labor intensity of constructing the facades of such buildings. A distinctive feature of the proposed solution for insulated brickwork from those commonly used is that, to increase operational efficiency, it is made of two separate structural elements: load-bearing and heat-insulating and decorative. The paper describes in detail the organization and technology of work on the production of the main structural elements of brick insulated facade panels (piers) in factory conditions. The proposed design solution for the facade of brick buildings with a cabinet layout allows the manual technological process of constructing such buildings to be converted into a mechanized one – installation of factory-made insulated brick panels (piers), which will significantly reduce the labor intensity of constructing insulated brick walls. The division of buildings under construction into tiers, the height of which is linked to the range of technological operations and the building materials used, makes it possible to exclude from the work the use of lifting equipment (scaffolding), as well as the delivery of pallets with bricks and mortar boxes to the bricklayer's workplace.

Keywords: factory-made insulated brick panels, light plaster system, pin connection

For citation: Chernoiivan N. V. (2024) Construction of Facades of Brick Buildings from Prefabricated Insulated Brick Panels (Piers) of Factory Manufacture. *Science and Technique*. 23 (2), 121–127. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2024-23-121-127> (in Russian)

Введение

Применяемая сегодня технология возведения кирпичных зданий является трудоемким, практически полностью немеханизированным технологическим процессом. Выполнение внутренних отделочных работ (оштукатуривание кирпичных стен) также достаточно трудоемкий технологический процесс, качественное выполнение которого возможно только при поддержании положительных температур в помещениях (в зимний период необходимо отопление помещений), что требует дополнительных финансовых расходов на отопление. Несмотря на практически неисчерпаемую сырьевую базу для выпуска кирпича, наличие в каждой области Республики Беларусь кирпичных заводов, оснащенных современным технологическим оборудованием, все вышеизложенные причины привели к существенному снижению объемов строительства кирпичных жилых зданий.

Анализ типовых проектов, по которым в Республике Беларусь продолжается массовое строительство кирпичных зданий, показал, что это общеобразовательные школы, детские садики, поликлиники, здания бытового назначения (прачечные, химчистки и др.), а также административные здания. Учитывая, что эти здания малоэтажные (3–5 этажей) и, как правило, строятся в стесненных условиях (жилая застройка микрорайона практически завершена) возведение их из монолитных или сборных железобетонных конструкций требует дополни-

тельных финансовых затрат на организацию поддержания комфортных условий проживания жителей домов, расположенных в зоне строительства объекта.

Позэтажная планировка помещений школ, детских садиков, поликлиник, как правило, кабинетная (количество оконных проемов – существенное), в связи с этим предлагается для снижения трудоемкости возведения фасадов таких кирпичных зданий перейти к применению утепленных кирпичных панелей (простенков) заводского изготовления. Такое конструктивное решение позволяет технологический процесс возведения фасадов кирпичных зданий перевести в механизированный – монтаж кирпичных утепленных панелей (простенков) заводского изготовления.

Применение предлагаемого конструктивно-технологического решения позволит за счет организации на территории кирпичных заводов цехов по производству утепленных кирпичных панелей (простенков) создать новые рабочие места (в том числе и для женщин).

Разработка конструктивно-технологического решения утепленных фасадных кирпичных панелей (простенков)

Основным недостатком массово применяемой технологии возведения утепленных кирпичных стен является высокая трудоемкость производства работ. Анализ структуры техно-

логического процесса кирпичной кладки позволяет сделать следующие выводы [1].

Большая номенклатура и объем полумеханизированных подготовительных процессов (установка и перестановка подмостей; подача и складирование кирпича на рабочем месте, подготовка кладочного раствора и пр.) оказывают существенное влияние на увеличение трудоемкости выполнения кладки. На производительность труда каменщиков и качество выполнения работ при возведении утепленной кирпичной кладки также существенное влияние оказывают климатические условия и квалификация каменщиков.

Для минимизации всех вышеприведенных основных недостатков существующей технологии возведения утепленных кирпичных стен предлагается фасады зданий с кабинетной поэтажной планировкой (общеобразовательные школы, детские садики, поликлиники и др.) возводить из утепленных фасадных кирпичных блоков (прстенков) заводского изготовления.

Следует отметить, что в конце 80-х гг. прошлого века по разработкам ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко в г. Москве было построено большое количество пятиэтажных общежитий из неутепленных кирпичных блоков заводского изготовления, которые эксплуатируются и в настоящее время.

Учитывая, что сегодня в Республике Беларусь уделяется большое внимание энергосбережению при эксплуатации зданий, предлагается следующая конструкция утепленной фасадной кирпичной панели заводского изготовления. Для повышения эксплуатационной эффективности утепленная фасадная кирпичная панель (прстенок) выполняется из двух конструктивных элементов: несущего и теплоизоляционно-декоративного (рис. 1).

Несущий элемент это – кирпичная кладка из полнотелого керамического кирпича на цементном растворе. Его термическое сопротивление теплопередаче в теплотехнических расчетах не учитывается. Расчеты, выполненные с учетом [2], показали, что для кирпичных зданий высотой пять этажей и менее толщина несущих стен 250 мм является достаточной при условии, что кладка выполнена из полнотелого керамического кирпича марки не менее М100 на цементном растворе марки не ниже М50. Предлагаемая конструкция несущего элемента позволяет за счет уменьшения толщины кладки

несущих стен зданий высотой пять этажей и менее, принятой в типовых проектах, почти в два раза уменьшить расход материалов (кирпич, кладочный раствор) на 1 м³ кладки, а также существенно снизить нагрузку на фундаменты. Для закрепления (навески) на несущий элемент теплоизоляционно-декоративного слоя (облицовочной стеновой панели) одновременно с выполнением кладки в горизонтальные швы устанавливаются стеклопластиковые анкеры-кронштейны диаметром 8 мм (рис. 1). Количество (шаг расстановки) стеклопластиковых анкеров-кронштейнов определяется рас-четом.

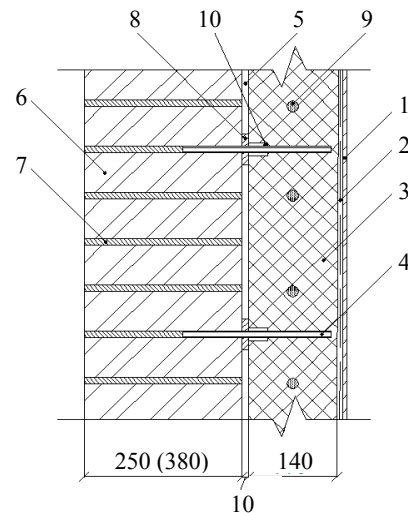


Рис. 1. Конструктивное решение утепленной кирпичной панели: 1 – декоративно-защитный слой; 2 – армирующий слой (ССШ-160); 3 – плитный утеплитель; 4 – стеклопластиковый анкер-кронштейн; 5 – воздушная прослойка; 6 – кирпичная кладка (несущая конструкция); 7 – шов кладки (цементно-песчаный раствор); 8 – фиксатор; 9 – соединительные штифты; 10 – втулка

Fig. 1. Constructive solution for insulated brick panel: 1 – decorative and protective layer; 2 – reinforcing layer (SSSh-160); 3 – plate insulation; 4 – fiberglass anchor bracket; 5 – air layer; 6 – brickwork (load-bearing structure); 7 – masonry seam (cement-sand mortar); 8 – fixator; 9 – connecting pins; 10 – bushing

Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель предназначена для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче кладки, а также защиты кирпичной кладки несущего элемента от атмосферных воздействий [3]. Теплоизоляционная облицовочная панель представляет собой конструктивный элемент заводского изготовления. В качестве утеплителя в ней рекомендуется применять теплоизоляционные материалы заводского изготовления – плиты пенополистирольные или минераловатные.

Для снижения транспортных расходов рекомендуется утепленные кирпичные панели изготавливать в специализированных цехах, расположенных на территории действующих кирпичных заводов.

Геометрические размеры (длина и ширина) утепленных фасадных кирпичных панелей (простенков) рекомендуется принимать, руководствуясь следующим:

- архитектурным решением фасадов и поэтажной планировкой здания (геометрические размеры и размещение оконных и дверных проемов, высота этажа);

- техническими характеристиками грузозахватных приспособлений (захватов, строп и т.д.), имеющимися в строительной организации.

Для снижения трудоемкости возведения кирпичных зданий с использованием утепленных кирпичных простенков оштукатуривание внутренних поверхностей несущего элемента выполняется в цеху.

Отделкой наружной поверхности кирпичной кладки блоков служит теплоизоляционная облицовочная стеновая плита (рис. 2), которая изготавливается в специализированном цеху.

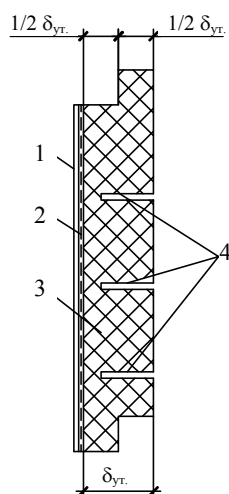


Рис. 2. Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель: 1 – декоративно-защитный слой (включает штукатурку и окраску); 2 – армирующий слой (ССШ-160); 3 – теплоизоляция из плитного утеплителя; 4 – пазы для установки стеклопластиковых анкеров-кронштейнов

Fig. 2. Thermal insulation facing wall panel: 1 – decorative and protective layer (includes plaster and paint); 2 – reinforcing layer (SSSh-160); 3 – thermal insulation from plate insulation; 4 – grooves for installing fiberglass anchors-brackets

Крепление ее к кирпичной кладке осуществляется приклеиванием клеевыми полимерными составами ilmax thermofix, ilmax КС-1 зима [4].

Для обеспечения надежного крепления теплоизоляционной облицовочной стеновой панели с кирпичной кладкой простенка предусмотрены стеклопластиковые анкеры-кронштейны (поз. 4, рис. 1), которые устанавливаются в кирпичной кладке в процессе ее возведения.

Технология производства работ по изготовлению кирпичных утепленных фасадных панелей (простенков)

Исходя из конструктивного решения кирпичных утепленных фасадных панелей (простенков) заводского изготовления, предлагается следующая последовательность производства работ.

Учитывая, что фасадная панель состоит из двух различных конструктивных элементов – несущего (кирпичная кладка) и теплоизоляционно-декоративного (теплоизоляционная облицовочная стеновая панель), – рекомендуется для обеспечения требуемого качества выпускаемой продукции организационно производство работ разделить на три отдельных технологических потока. Анализ комплекса технологических операций, которые необходимо выполнить для изготовления кирпичных утепленных фасадных панелей и конструктивных элементов, из которых они состоят, позволяет рекомендовать следующую структуру организации специализированных технологических потоков. Необходимо отметить, что строительные работы во всех специализированных технологических потоках выполняются параллельно (независимо друг от друга) каждый в своем цеху (участке).

Первый технологический поток включает: изготовление несущего конструктивного элемента (кирпичная кладка) и оштукатуривание внутренних поверхностей кирпичной кладки. Работы по изготовлению несущего элемента выполняются в специализированном цеху, который состоит из двух технологических участков.

На первом участке выполняется кирпичная кладка простенков с одновременной установ-

кой в горизонтальные швы кладки стеклопластиковых анкеров-кронштейнов диаметром 8 мм. Количество и шаг расстановки анкеров по вертикали и горизонтали для каждого типа (геометрических размеров) блоков принимается по проекту. Для снижения трудоемкости подготовительных операций каждое рабочее место каменщика оборудовано стационарными средствами подмащивания (подмостями), которые позволяют регулировать высоту яруса.

По завершении работ по кирпичной кладке готовый несущий элемент с помощью траверсы и грузовой тали перемещают на участок в цеху, где выполняется оштукатуривание внутренних поверхностей кирпичного простенка.

Второй технологический поток включает изготовление теплоизоляционной облицовочной стеновой панели и устройство декоративно-защитного и окрасочного слоев на наружной поверхности панели. Эти технологические операции выполняются в специализированном цеху, который состоит из двух технологических участков.

На первом участке непосредственно изготавливают теплоизоляционную облицовочную стеновую панель.

Сегодня для тепловой изоляции наружных стен массово выпускаются плиты размерами 500×1000 или 600×1200 мм. В связи с этим для производства теплоизоляционных облицовочных панелей требуемой номенклатуры (геометрических размеров) необходимо осуществить соединение (стык) заготовок из плит заводского изготовления. Выполненные исследования и лабораторные испытания позволяют рекомендовать для соединения плитных теплоизоляционных материалов стык на деревянных штифтах диаметром 10 мм, рекомендуемый шаг установки штифтов – 75 мм [5–7].

Рекомендуется следующая технологическая последовательность изготовления теплоизоляционных облицовочных панелей.

На первом этапе согласно проектной документации из теплоизоляционных плит заводского изготовления нарезаются заготовки. Затем на торцевых поверхностях заготовок с помощью ручной электродрели сверлом диаметром 6 мм просверливают отверстия глуби-

ной 20 + 5 мм. Установка штифтов в отверстия выполняется с помощью киянка без использования клея. После установки штифтов в проектное положение производится герметизация стыка с использованием нейтрального силиконового герметика Soudal. Жесткость (в плоскости и из плоскости) изготовленной теплоизоляционной плиты обеспечивается за счет наклеивания на стыки с помощью клеевого полимерного состава КС-1 двусторонних полосок из армирующего материала (стеклосетка марки ССШ-160) шириной 200 мм.

После завершения работ по изготовлению теплоизоляционной облицовочной стеновой панели ее перемещают на специализированный участок, где выполняют декоративно-защитное покрытие и наносят окрасочные слои на наружную поверхность. Технологическая последовательность этой операции аналогична устройству легкой штукатурной системы [4].

Третий технологический поток заключительный, он включает закрепление теплоизоляционной облицовочной панели к кирпичной кладке несущего элемента и подготовку готовой конструкции к транспортированию на объект.

Для повышения адгезии между поверхностью основания (кирпичная кладка) и теплоизоляционной облицовочной панелью, снижения водопоглощения материала основания (кирпича) наружную поверхность кирпичного простенка перед приклеиванием обрабатывают грунтовкой. Для грунтования поверхности кирпичной кладки рекомендуется применять грунт укрепляющий *Itmax 4120*. Грунтовку наносят валиком или кистью сплошным слоем по всей поверхности без пропусков и разрывов. Грунтование необходимо производить в два слоя. Время высыхания грунтовки 100–120 мин в зависимости от микроклимата в цеху и структуры основания.

Запыление и загрязнение огрунтованной поверхности не допускается.

Крепление теплоизоляционных облицовочных стеновых панелей к кирпичной кладке осуществляется на клею. Для приклеивания теплоизоляционной облицовочной панели при температуре воздуха в цеху от –5 до +15 °С

применяются составы клеевые полимерные ilmax thermofix, ilmax КС-1зима.

Приготовление клеящих составов следует начинать приблизительно за 30 мин до начала выполнения работ.

Учитывая, что кирпичные панели (простенки) изготавливаются в цеху, поверхности кирпичной кладки не будут иметь существенных неровностей. В связи с этим рекомендуется наклейку теплоизоляционных облицовочных стеновых панелей выполнять методом зубчатого основания (сплошного приклеивания). В этом случае клеящий состав наносится полосою по всей внутренней поверхности облицовочной панели слоем толщиной 3 мм и разравнивается при помощи зубчатого шпателя.

При приклеивании теплоизоляционных облицовочных стеновых панелей рекомендуется придерживаться такой последовательности.

Подготовленную к приклеиванию панель (нанесен клеящий состав, просверлены отверстия под стеклопластиковые анкеры-кронштейны) располагают в нескольких сантиметрах от поверхности кирпичной кладки простенка, совмещают отверстия в панели с выпусками стеклопластиковых анкеров-кронштейнов кладки. Затем, используя полутерок (правило), панель плотно прижимают к кладке.

Если клеящий состав выдавился из-под панели и попал на торцевую грань кирпичного простенка, его следует удалить. Площадь клеевого соединения должна быть не менее 40 % от площади приклеиваемой панели.

Все работы выполняются в специально оборудованном помещении (цеху).

Рекомендуемая технология возведения зданий из кирпичных утепленных фасадных панелей (простенков)

Изготовленные в цеху на территории кирпичного завода кирпичные утепленные фасадные панели (простенки) автотранспортом доставляются на строительную площадку. Целесообразно, чтобы исключить дополнительные погрузочно-разгрузочные операции и складирование простенков на открытом приобъектном складе, монтаж простенков вести «с колес» следующим образом.

На первом этапе бригада каменщиков отдельным технологическим потоком выполняет кирпичную кладку стен первого этажа строящегося здания. Кладка ведется от обреза фундамента до отметки низа оконных проемов. По завершении работ по кирпичной кладке с помощью геодезических инструментов выполняют выноски проемов на фасаде и закрепляют их местоположение краской.

Затем с помощью автомобильного строительного крана, используя вакуумный захват типа ARLIFTER-F/R-1500, производят монтаж кирпичных утепленных фасадных панелей (простенков). Учитывая небольшие объемы работ, горизонтальные швы между монтируемыми простенками и ранее возведенной кирпичной кладкой, а также по высоте фасадных панелей рекомендуется выполнять на полиуретановой клеевой композиции.

ВЫВОДЫ

1. По результатам выполненных исследований предложено эффективное конструктивно-технологическое решение возведения фасадов кирпичных зданий из утепленных кирпичных панелей (простенков) заводского изготовления.

2. Внедрение предлагаемой разработки в практику строительства позволит:

- существенно снизить трудоемкость и повысить качество работ при возведении зданий школ, дошкольных учреждений, поликлиник и других объектов, возводимых из кирпича;
- перевести технологический процесс возведения утепленной кирпичной кладки из ручного в полумеханизированный.

ЛИТЕРАТУРА

1. К оценке эксплуатационной эффективности многослойной кирпичной кладки несущих стен с плитным утеплителем / В. Н. Черноиван [и др.] // Строительная наука и техника. 2013. № 2. С. 27–31.
2. Каменные и армокаменные конструкции: СП 5.02.01–2021. Введ. 10.06.21. Минск: Минстройархитектуры, 2021. 123 с.
3. Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель: пат. № 8892 Респ. Беларусь, МПК (2012) Е 04В 1/76 / В. Н. Черноиван, В. Г. Новосельцев, Н. В. Черноиван. Опубл. 30.12.2012.

4. Технологическая карта на устройство легкой штукатурной системы «Илмакс»: ТК 100289293.1211–2020. Введ. 03.08.2020. Минск: ОАО «Стройкомплекс». 2020. 174 с.
 5. 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>.
 6. Деревягин, В. С. Безметалльные составные балки и метало-деревянные сборные фермы / В. С. Деревягин. М.: Стройиздат, 1947. 80 с.
 7. 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.
 8. Композиционные материалы: в 8 т. / редкол.: Л. Браутман [и др.]. М.: Машиностроение, 1978. Т. 8: Анализ и проектирование конструкций / Л. Браутман, Р. Крок, К. Чамис. 1978. 264 с.
 9. Бартевев, Г. М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г. М. Бартевев. М.: Наука, 1984. 279 с.
 10. Леонович, С. Н. Технология реконструкции зданий и сооружений / С. Н. Леонович, В. Н. Черноиван, Н. В. Черноиван. М.: Инфра-М, 2023. 521 с.
 11. Оценка влияния материала теплоизоляционного слоя на эксплуатационные характеристики утепленной кирпичной кладки / В. Н. Черноиван [и др.] // Вестник Полотского государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. 2021. № 16. С. 112–116.
- Поступила 06.10.2023
 Подписана к печати 14.12.2023
 Опубликовано онлайн 29.03.2024
- REFERENCES
1. Chernoiivan V. N., Novoseltsev V. G., Chernoiivan N. V., Kovenko Yu. G., Matvienko E. V. (2013) To Assessment of Operational Efficiency of Multilayer Brick Masonry of Bearing Walls with Slab Insulation. *Stroitel'naya Nauka i Tekhnika* [Construction Science and Technology], (2), 27–31 (in Russian).
 2. SP [Building Regulations] 5.02.01–2021. *Stone and Reinforced Stone Structures*. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction, 2021. 123 (in Russian).
 3. Chernoiivan V. N., Novoseltsev V. G., Chernoiivan N. V. (2012) *Thermal Insulation Cladding Wall Panel*: Patent No 8892 Republic of Belarus (in Russian).
 4. TK [Flowchart] 100289293.1211–2020. Technological Map for the Installation of the Light Plaster System “Ilmax”. Minsk, Stroikompleks, 2020. 174 (in Russian).
 5. Chernoiivan V. N., Chernoiivan N. V. (2022) Thermal Rehabilitation of Facades of Operated Panel Buildings. *Nauka i Tekhnika = Science & Technique*, 21 (6), 511–516. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-6-511-516> (in Russian).
 6. Derevyagin V. S. (1947) *Metal-Free Composite Beams and Metal-Wood Prefabricated Trusses*. Moscow, Stroizdat Publ. 80 (in Russian).
 7. Chernoiivan V. N. (Supervisor) (2007) *Development of Scientifically-Based Principles for the Implementation of Thermal Rehabilitation of Enclosing Structures of Buildings in Use Based on Thermal Screen*. Research Report, No. State Registration 20063374 (Industry). Brest, Brest State Technical University. 32 (in Russian).
 8. Brautman L., Krok R., Chamis K. (1978) *Composite Materials. Vol. 8: Analysis and Structural Design*. Moscow, Mashinostroenie Publ. 264 (in Russian).
 9. Bartenev G. M. (1984) *Strength and Mechanism of Polymer Destruction*. Moscow, Nauka Publ. 279 (in Russian).
 10. Leonovich S. N., Chernoiivan V. N., Chernoiivan N. V. (2023) *Building Reconstruction Technology and Structures*. Moscow, Infra-M Publ. 521 (in Russian).
 11. Chernoiivan V. N., Novoseltsev V. G., Chernoiivan N. V., Torkhova A. V. (2021) Assessment of the Influence of the Heat- Insulating Layer Material on the Performance Characteristics of Insulated Brickwork. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye Nauki = Vestnik of Polotsk State University. Part F. Constructions. Applied Sciences*, 16, 112–116 (in Russian).
- Received: 06.10.2023
 Accepted: 14.12.2023
 Published online: 29.03.2024