

УДК 69.022.32

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.300819.10.505

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ФАСАДІВ

БАБІЙ І. М.^{1*}, к. т. н., доц.,

МЕНЕЙЛЮК І. О.², к. т. н.,

КУЧЕРЕНКО Л. В.³, к. т. н., доц.

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (048) 771-69-69, e-mail: igor7617@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

² Кафедра технології будівельного виробництва, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, e-mail: meneyiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7075-2898

³ Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, 21021, Вінниця, Україна, e-mail: liliya13liliya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0348-3610

Анотація. *Постановка проблеми.* У вирішенні інженерно-технологічних питань, щодо вибору теплоізоляції одним із найголовніших і відповідальних постає завдання оцінювання термінів експлуатаційної ефективності технологічних систем навісних вентилязованих фасадів. Вирішення проблеми зводиться до визначення в задані проміжки часу найбільш вагомий показник якості системи, яким є опір теплопередачі. За експлуатаційну ефективність навісного вентилязованого фасаду прийнятий безремонтний період експлуатації, за якого система зберігає розрахунковий нормативний показник опору теплопередачі. **Мета дослідження.** Метою даної роботи є визначення експлуатаційної ефективності навісних вентилязованих фасадних систем із різними конструктивно-технологічними рішеннями. Для досягнення мети поставлено такі завдання: запропонувати формулу для визначення експлуатаційної ефективності; визначити термін експлуатаційної ефективності навісних фасадних систем із різними конструктивно-технологічними рішеннями для різних кліматичних районів України. **Висновок.** Використання в навісних вентилязованих фасадах як теплоізоляційного матеріалу мінераловатного утеплювача щільністю 40 кг/м³ – недоцільне. Для збільшення терміну ефективної експлуатації навісного вентилязованого фасаду необхідно застосовувати мінераловатний утеплювач із щільністю 150 кг/м³. Тоді виконувати ремонтні роботи фасадних систем під час нормативного терміну експлуатації не потрібно. Термін ефективної експлуатації фасадних систем із щільністю мінераловатного утеплювача 150 кг/м³ і товщиною 50 і 70 мм, для II і I кліматичних зон, відповідно, становить понад 25 років.

Ключові слова: навісні вентилязовані фасади; теплоізоляція фасадів; мінераловатний утеплювач; емісія волокон; експлуатаційна ефективність

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФАСАДОВ

БАБІЙ І. М.^{1*}, к. т. н., доц.,

МЕНЕЙЛЮК І. О.², к. т. н.,

КУЧЕРЕНКО Л. В.³, к. т. н., доц.

^{1*} Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (048) 771-69-69, e-mail: igor7617@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

² Кафедра технологии строительного производства, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская, 40, 61002, Харьков, Украина, e-mail: meneyiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7075-2898

³ Кафедра строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, Хмельницкое шоссе, 95, 21021, Винница, Украина, e-mail: liliya13liliya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

Аннотация. *Постановка проблемы.* При решении инженерно-технологических задач по выбору теплоизоляции одной из самых главных и ответственных является задача оценки сроков эксплуатационной эффективности технологических систем навесных вентилируемых фасадов. Решение такой задачи сводится к определению в заданные промежутки времени наиболее значимого показателя качества системы, которым является сопротивление теплопередаче. За эксплуатационную эффективность навесного вентилируемого фасада принят безремонтный период эксплуатации, при котором система сохраняет расчетный нормативный показатель сопротивления теплопередаче. **Целью** данной работы является определение эксплуатационной эффективности навесных фасадных систем с различными конструктивно-технологическими решениями. Для достижения цели поставлены следующие задачи: предложить формулу для определения эксплуатационной эффективности; установить срок эксплуатационной эффективности навесных фасадных систем с различными конструктивно-технологическими решениями для различных климатических районов Украины.

Вывод. Использование в навесных вентилируемых фасадах в качестве теплоизоляционного материала минераловатного утеплителя с плотностью 40 кг/м^3 – нецелесообразно. Для увеличения срока эффективной эксплуатации навесного вентилируемого фасада необходимо применять минераловатный утеплитель с плотностью 150 кг/м^3 . Ремонт фасадной системы во время нормативного срока эксплуатации в таком случае не требуется. Срок эффективной эксплуатации фасадных систем с плотностью минераловатного утеплителя 150 кг/м^3 и его толщиной 50 и 70 мм для II и I климатических зон, соответственно, составляет более 25 лет.

Ключевые слова: навесные вентилируемые фасады; теплоизоляция фасадов; минераловатный утеплитель; эмиссия волокон; эксплуатационная эффективность

RESEARCH ON OPERATIONAL EFFICIENCY OF SYSTEMS OF EXTERNAL HEAT INSULATION OF FACADES

BABII I.M.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
MENEILYUK I.O.², *Cand. Sc. (Tech.)*,
KUCHERENKO L.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

^{1*} Department of Technology of Building Production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrikhsona Str., 65029, Odessa, Ukraine, tel. +38 (048) 771-69-69, e-mail: igor7617@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8650-1751

² Department of Technology of Building Production, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture; 40, Sumska Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, e-mail: meneviv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7075-2898

³ Department of Building, Urban and Architecture, Vinnytsia National Technical University, 95, Khmelnytske Shosse, 21021, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: liliya13liliya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0348-3610

Abstract. Problem statement. When solving engineering and technological problems in the choice of thermal insulation one of the most important and responsible tasks is the task of estimating the terms of operational efficiency of technological systems of hinged ventilated facades. The solution to this problem is to determine at the given intervals the most significant indicator of the quality of the system, which is the resistance of heat transfer. For operational efficiency of the hinged ventilated facade, a non-repair period of operation was adopted, in which the system retains the calculated normative index of heat transfer resistance. **Purpose.** The purpose of the article is to determine the operational efficiency of the hinged ventilated facade systems with various structural and technological solutions. To achieve this goal, the following tasks are defined: to propose a formula for determining operational efficiency; to determine the term of operational efficiency of hinged facade systems with various structural and technological solutions for various climatic regions of Ukraine. **Conclusion.** The use of hinged ventilated facades as thermal insulation material of mineral wool heater with a density of 40 кг/м^3 – is impractical. To increase the effective life of the hinged ventilated facade, it is necessary to use a mineral wool heater with a density of 150 кг/м^3 . This is due to the fact that the repair work of the facade systems, during the regulatory life, is not required. The effective life of facade systems with a density of mineral wool insulation of 150 кг/м^3 and a thickness of 50 mm and 70 mm, for II and I climatic zones, respectively, is more than 25 years.

Keywords: hinged ventilated facades, facade thermal insulation, mineral wool insulation, emissions of fibers, operational efficiency

Постановка проблеми. У вирішенні інженерно-технологічних питань щодо вибору теплоізоляції одним із найголовніших і відповідальних постає завдання оцінювання термінів експлуатаційної ефективності технологічних систем вентильованих фасадів. За такого оцінювання можливо проектувати системи із заданим комплексом фізико-механічних властивостей з мінімумом витрат матеріальних і енергетичних ресурсів. Вирішення проблеми зводиться до визначення найбільш значимого показника якості системи, яким є опір теплопередачі.

За експлуатаційну ефективність вентильованого фасаду прийнятий

безремонтний період експлуатації, коли система зберігає розрахунковий нормативний показник опору теплопередачі.

Аналіз публікацій. Утеплення і термомодернізація будівель в останні десятиліття – одне з пріоритетних питань економії ресурсів та енергозбереження. У той же час, у працях дослідників мало вивчене питання про терміни ефективної експлуатації систем теплоізоляції, в тому числі навісних вентильованих систем (НВФ) [1–3]. При цьому в нормативних документах є відомості, що середній термін експлуатації навісних вентильованих фасадів становить 50 років, а гарантійний термін – усього лише 5,5 року, з урахуванням суворого

дотримання нормативних вимог під час монтажу. Однак, як показали дослідження, обумовлених термінів експлуатації дотримуватися досить важко. Тому бачаться актуальними дослідження з визначення терміну ефективної експлуатації навісних вентилязованих фасадів із різними конструктивно-технологічними рішеннями для об'єктів, що будуються на території України.

Мета роботи – визначення експлуатаційної ефективності навісних вентилязованих фасадних систем із різними конструктивно-технологічними рішеннями.

Для досягнення слід виконати такі завдання:

- запропонувати формулу для визначення експлуатаційної ефективності;
- визначити термін експлуатаційної ефективності навісних фасадних систем із різними конструктивно-технологічними рішеннями для різних кліматичних районів України.

Виклад матеріалу. В теплоізоляційних навісних системах вентилязованих фасадів одним з основних матеріалів, який багато в чому характеризує експлуатаційну ефективність, бачиться мінераловатний утеплювач.

Згідно з даними, отриманими експериментально-теоретичним шляхом [4], встановлено вплив кліматичних і технологічних факторів на теплопровідність мінераловатних утеплювачів різної щільності. Становило інтерес перевірити їх достовірність і визначити коефіцієнт збіжності результатів досліджень. Для цих цілей скористатися простим розрахунком не уявляється коректним. Тому в подальшому використовувалися результати досліджень навісних вентилязованих фасадів у натурних умовах.

Результати досліджень температури повітряного зазору систем навісних вентилязованих фасадів, отримані в натурних умовах за допомогою тепловізора, дозволили встановити опір теплопередачі утеплювача:

$$R_{\text{ут}}^{\text{експ}} = R_{\text{пр}}^{\circ} - R_{\text{фасконстр.}}^{\text{пр}} - R_{\text{о.обл.}}^{\text{пр}} \quad (1)$$

де $R_{\text{о.констр.}}^{\text{пр}}$, $R_{\text{о.обл.}}^{\text{пр}}$ – зведений опір теплопередачі частин конструкції від внутрішньої поверхні до повітряного прошарку та від повітряного прошарку до зовнішньої поверхні конструкції відповідно, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; $R_{\text{о}}^{\text{пр}}$ – зведений опір теплопередачі всієї конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, згідно з формулами, запропонованими В. Г. Гагаріним, В. В. Козловим, Є. Ю. Цикановським [5; 6].

Аналіз порівняння результатів, отриманих у лабораторних умовах експериментально-теоретичним шляхом, із результатами згідно з розрахунками за формулою (1) дав можливість визначити відповідність результатів досліджень лабораторних із натурними. Таку величину прийнято називати збіжністю результатів.

Отримана величина збіжності дозволяє розраховувати зміну в часі величини опору теплопередачі технологічних систем теплоізоляції навісних фасадів.

Таким чином, у загальному вигляді формула для визначення експлуатаційної ефективності має вигляд:

$$E_E = n_e \times k_{\text{зб}} \times k_{\text{у.е.}}; \quad (2)$$

де: n_e – розрахунковий показник опору теплопередачі системи, отриманий на основі дійсних досліджень [4];

$k_{\text{зб}}$ – коефіцієнт збіжності (відношення розрахункових до результатів, отриманих після визначеного терміну експлуатації НВФ у натурних умовах);

$k_{\text{у.е.}}$ – коефіцієнт умов експлуатації запроєктованої системи, який показує їх особливості. За швидкості повітряних потоків у вентилязованому прошарку до 1 м/с він дорівнює 1. За більш високих швидкостей цей показник дорівнює 0.5...0.8.

Дослідження за допомогою тепловізора будівель із навісними фасадними системами, з мінераловатними утеплювачами щільностями 40, 80, 150 $\text{кг}/\text{м}^3$, які експлуатувалися протягом понад 5 років, показали такі результати в процесі розрахунку. Встановлено, що у разі використання як утеплювача мінеральної вати із щільністю 40 $\text{кг}/\text{м}^3$ у НВФ опір теплопередачі його склав через 5 років 0.8 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, що порівнюється з 4,2

умовними роками. Таким чином, коефіцієнт збіжності ($\kappa_{зб}$) склав 1,19. Для мінеральної вати щільністю 80 кг/м^3 $\kappa_{зб} = 0,9$, а для щільності мінеральної вати 150 кг/м^3 – $\kappa_{зб} = 0,95$.

Слід зазначити, що отримані значення коефіцієнтів збіжності справедливі тільки за умови точного дотримання запропонованої методики [7] і повної відповідності розглянутих технологічних систем.

Для аналізу практичного використання результатів досліджень як вихідних порівнюваних розрахункових технологічних схем прийняті системи НВФ із декількома конструктивно-технологічними рішеннями. Конструктив їх прийнято згідно ДСТУ Б.В.-2.6-33 такий:

- стіна з газобетонного блока товщиною 300 мм, щільністю 500 кг/м^3 і теплопровідністю $0,25 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$;

- шар теплоізоляції:

- для II температурної зони – одношарова теплоізоляція товщиною 50 мм (порівнювалися три системи з різними щільностями мінераловатного утеплювача. 1-ша система – 40 кг/м^3 , 2-га система – 80 кг/м^3 та 3-тя – 150 кг/м^3 , із середньою теплопровідністю $0,042 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$) (табл. 1);

- для I температурної зони – двох шарова теплоізоляція товщиною 70 мм (порівнювалися дві системи з різними щільностями мінераловатного утеплювача: 4-та система – 80 кг/м^3 (70 мм), 5-та система – « 80 (50мм) + 150 (20 мм) кг/м^3 », та середньою теплопровідністю $0,044 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$) (табл. 2);

- облицювальні панелі з керамічної плитки товщиною 6 мм, теплопровідністю $0,96 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$.

На наступному етапі становило інтерес визначити можливість використання мінераловатного утеплювача різної щільності в разі їх застосування без улаштування вітрозахисної мембрани за критерієм емісії волокон як елемента підвищеної пожежонебезпеки.

Дослідження показують, що період ефективної експлуатації вентиляційних фасадних систем багато в чому залежить від обраної щільності мінераловатного

утеплювача. Встановлено, що під час вивітрювання утеплювача, тобто емісії волокон з його поверхні, змінюється його опір теплопередачі [4].

У таблиці 1 наведено результати розрахунку опору теплопередачі фасадних систем різної щільності, згідно з розрахунковими схемами, розглянутими вище. Розрахунки проведені відповідно до методики оцінювання експлуатаційної ефективності.

Із таблиці 1 видно, що використання мінераловатного утеплювача щільністю 40 кг/м^3 без вітрозахисної мембрани недоцільне. Це викликано тим, що, як показали результати досліджень, через п'ять років опір теплопередачі стає меншим нормативного. Для міста Одеси він становить $2,8 \text{ м}^2\cdot\text{K/Вт}$. Тому в подальшому виконаний аналіз економічних показників тільки для систем з утеплювачами щільністю 80 і 150 кг/м^3 .

Для першої кліматичної зони, з таким само конструктиві стіни (газобетон товщиною 300 мм), визначимо мінімально необхідну товщину утеплювача відповідно до теплотехнічного розрахунку і результатів досліджень із вивітрювання.

У таблиці 2 наведено результати розрахунку опору теплопередачі фасадних систем з одно- і двошаровою теплоізоляцією на основі утеплювача різної щільності, згідно з розрахунковою схемою. Розрахунки проведені відповідно до методики оцінювання експлуатаційної ефективності.

Слід зазначити, що в практиці проектування для розрахунків опору теплопередачі системи навісного вентиляційного фасаду необхідно керуватися певними правилами, а саме: виходячи з наведених вище досліджень щодо зменшення товщини матеріалу теплоізоляції виходить таке. Внаслідок емісії волокон із поверхні мінераловатного утеплювача відповідно зменшиться й опір теплопередачі системи в цілому. Таким чином, вихідний розрахунковий показник опору теплопередачі конструкції фасадної системи, відповідно до встановленого дослідженнями правила, повинен

перевищувати його нормативну величину через 25 умовних років експлуатації, в середньому, на 24 % для другої кліматичної зони і на 20 % – для першої.

У свою чергу, результати розрахункових досліджень показали, що утеплювач із високою щільністю, 150 кг/м^3 , після умовних 25 років експлуатації характеризується нормативним показником опору теплопередачі. Необхідно відзначити, що навіть за швидкості вітрового потоку в

лабораторній установці, яка в кілька разів перевищує реальні величини, емісія волокон настільки мала, що нею можна знехтувати. Тому для підвищення пожежної безпеки фасаду і зменшення ризиків порушення культури виробництва за такої щільності утеплювача вітрозахисна мембрана (в основному, як досить горючий матеріал (клас Г2)) в системі теплоізоляції не потрібна.

Таблиця 1

Результати досліджень технологічних систем при експлуатації через задані проміжки часу для II температурної зони / The results of studies of technological systems during operation at specified intervals for the II temperature zone

Щільність утеплювача в системі, кг/м^3	$R_{\text{поч.}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$R_{\text{рік}}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$						
		1 рік	3 роки	5 років	7 років	8 років	9 років	27 років
40	3,395	3,187	2,981	2,528	–	–	–	–
80	3,498	3,321	3,142	3,002	2,900	2,836	2,783	–
150	3,470	3,379	3,248	3,163	3,130	3,047	3,026	2,790

Таблиця 2

Результати досліджень технологічних систем при експлуатації через задані проміжки часу для I температурної зони / The results of studies of technological systems during operation at specified intervals for the I temperature zone

Щільність утеплювача в системі, кг/м^3 (товщина шару теплоізоляції, мм)	$R_{\text{поч.}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	$R_{\text{рік}}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$						
		1 рік	3 роки	5 років	7 років	8 років	9 років	27 років
80 (70 мм)	3,974	3,797	3,618	3,478	3,376	3,312	3,259	–
80 (50 мм) + +150 (20 мм)	3,946	3,855	3,724	3,639	3,606	3,523	3,502	3,266

У разі використання мінераловатного утеплювача із щільністю 80 кг/м^3 через 25 умовних років експлуатації система теплоізоляції не відповідає нормативному значенню. Причому для такої системи нормативний показник зберігається в разі експлуатації протягом 8–9 років. Тому для таких систем можна рекомендувати улаштування вітрогідрозахисної мембрани, але тільки з негорючих матеріалів (клас горючості НГ).

Відомо, що під час горіння мембрани температура в повітряному прошарку піднімається понад $700 \text{ }^\circ\text{C}$. Це, у свою чергу, може спричинити випаровування

фенолоформальдегідних смол (у виробках із мінеральної (кам'яної) вати на синтетичному в'язучому (фенолоформальдегідні смоли), яке відбувається за температури близько $300...350 \text{ }^\circ\text{C}$, тобто починається процес деструкції зв'язуючого, що сполучає волокна мінеральної вати) і займання захисно-декоративного екрана, наприклад, влаштованого з композитних панелей з низьким класом горючості (Г3-Г4).

Висновки

Встановлено:

1. Використання в вентильованих фасадах як теплоізоляційного матеріалу мінераловатного утеплювача із щільністю

40 кг/м³ – недоцільне.

2. Для збільшення терміну ефективної експлуатації вентиляованого фасаду необхідно застосовувати мінераловатний утеплювач із щільністю 150 кг/м³ без вітрозахисної мембрани, а з 80 кг/м³ – з нею. Ремонт фасадних систем під час

нормативного терміну експлуатації виконувати не потрібно.

3. Термін ефективної експлуатації фасадних систем із щільністю мінераловатного утеплювача 150 кг/м³ і товщиною 50 і 70 мм для II і I кліматичних зон, відповідно, становить понад 25 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гусев Б. В. Изменение линейных размеров минераловатных плит в условиях эксплуатационных воздействий / Б. В. Гусев, В. А. Езерский, П. В. Монастырев // Промышленное и гражданское строительство. – 2004. – № 8. – С. 32–34.
2. Матросов Ю. А. Новые государственные нормы Украины «Тепловая изоляция зданий» по показателю энергоэффективности / Ю. А. Матросов, Г. Г. Фаренюк // Жилищное строительство. – 2007. – № 11. – С. 8–13.
3. Dagnall M. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed façade system / M. Dagnall, A. Windov, A. Leung, D. Thompson // Proceedings of Building Simulation : 12th Conference of International Building Performance Simulation Association (14–16 November). – Sydney, 2011. – Pp. 808–815.
4. Бабій І. М. Визначення емісії волокон мінераловатного утеплювача в вентиляованих фасадах / І. М. Бабій, І.О. Менеїлюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2014. – № 2 (17). – С. 26–31.
5. Гагарин В. Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Часть 1 / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // АВОК. – № 2. – 2004. – С. 35–41. – Режим доступа : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2335
6. Гагарин В. Г. Моделирование эмиссии волокон из минераловатного утеплителя навесной фасадной системы с вентилируемой прослойкой / В. Г. Гагарин, С. В. Гувернюк, К. И. Лушин // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 9. – С. 27–29.
7. Менеїлюк І. А. Разработка методики определения эмиссии волокон минераловатного утеплителя в вентилируемых фасадах / И. А. Менеїлюк // Вісник ОДАБА. – 2014. – Вип. 55. – С. 171–176.

REFERENCES

1. Gusev B.V., Yezerskiy V.A. and Monastirev P.V. *Izmeneniye lineynykh razmerov mineralovatnykh plit v usloviyakh ekspluatatsionnykh vozdeystviy* [Changing the linear dimensions of mineral wool slabs under operational conditions]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo* [Industrial and civil engineering]. 2004, no. 8, pp. 32–34. (in Russian).
2. Matrosov Yu.A. and Farenjuk G.G. *Novyye gosudarstvennyye normy Ukrainy «Teplovaya izolyatsiya zdaniy» po pokazatelyu energoeffektivnosti* [New state standards of Ukraine “Thermal insulation of buildings” in terms of energy efficiency]. *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. [Housing construction]. 2007, no. 11, pp. 8–13. (in Russian).
3. Dagnall M., Windov A., Leung A. and Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed façade system. *Proceedings of Building Simulation : 12th Conference of International Building Performance Simulation Association (14–16 November)*, Sydney, 2011, pp. 808–815.
4. Babiy I.M. and Meneilyuk I.O. *Vyznachennya emisiyi volokon mineralovatnoho uteplyuvacha v ventil'ovanykh fasadakh* [Determination of emission of mineral wool heater fibers in ventilated facades]. *Suchasni tekhnolohiyi, materialy y konstruktsiyi v budivnytstvi* [Modern Technologies, Materials and Structures in Construction]. Vinnitsya: UNIVERSUM, 2014, no. 2 (17), pp. 26–31. (in Ukrainian).
5. Naharin V.H., Kozlov V.V. and Tsykanovskiy E.YU. *Teplozakhyst fasadiv z ventyl'ovanyim povitryanym zazorom. Chast'1.* [Thermal protection of facades with a ventilated air gap. Part 1.] AVOK, 2004, no. 2, pp. 35–41 (in Russian).
6. Naharin V.H., Huvernyuk S.V. and Lushyn K.I. *Modelyuvannya emisiyi volokon z nanesty uteplyuvacha navisnyy fasadnoy systemy z ventyl'ovanyim prosharkom* [Modeling the emission of fibers from mineral wool insulation of a curtain facade system with a ventilated interlayer]. *Promyslove ta tsyvil'ne budivnytstvo* [Industrial and civil engineering]. 2013, no. 9, pp. 27–29. (in Russian).
7. Meneilyuk I.A. *Rozrobka metodyky vyznachennya emisiyi volokon mineralovatnoho uteplyuvacha v ventyl'ovanykh fasadakh* [Development of methods for determining the emission of mineral wool insulation in ventilated facades]. *Visnyk ODABA* [Bulletin of OSACEA]. 2014, vol. 55, pp. 171–176. (in Russian).

Надійшла до редакції 30.06.2019 р.