



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2024-1>

УДК 699.865:692.23



ФАРЕНЮК Г.Г.,
Доктор техн. наук, професор,
директор, ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна
e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 249-72-34,
ORCID: 0000-0002-5703-3976



ФАРЕНЮК Є.Г.
Канд. техн. наук, директор,
Державна установа «Фонд
енергоефективності»
м. Київ, Україна
e-mail: info@cefund.org.ua,
тел.: +38 (044) 222-95-90,
ORCID: 0000-0001-8613-877x



ТИМОФЄЄВ М.В.
Канд. техн. наук, доцент,
провідний науковий спів-
робітник відділу будівельної
фізики та енергоефективності,
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»
м. Київ, Україна
тел.: (044) 249-37-20,
e-mail: tymofieiev@ndibk.gov.ua
ORCID: 0000-0001-9234-6567

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИБОРУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ УТЕПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

Сучасні огорожувальні конструкції житлових та громадських будівель є термічно неоднорідними і вибір конструктивних параметрів теплоізоляційних шарів потребує застосування коректних розрахункових формул та введення коефіцієнтів, які чітко визначають складні умови передачі теплоти. Особливість національної методології нормування показників енергоефективності, одним із яких є рівень теплоізоляції огорожувальних конструкцій, полягає у нормуванні не опору теплопередачі по основному полю конструкції, а показника, який визначає реальні тепловтрати через огороження – приведенного опору теплопередачі. Предметом пропонуваного дослідження є аналіз положень щодо удосконалення методу вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель, які були покладені в основу нового покоління нормативного документу ДСТУ 9191:2022. Метою є виявлення ключових змін у порівнянні із попереднім

національним стандартом ДСТУ Б В.2.6-189:2013 і на основі практичних розрахунків визначення необхідних опорів теплопередачі на прикладі світлопрозорих огорожувальних конструкцій у різних умовах експлуатації. Новизна і значимість полягає в ознайомленні з результатами практичних розрахунків, які дозволяють при визначенні рівня енергоефективності будівель приймати більш обґрунтовані та економічні конструктивні рішення. Нормативний документ нового покоління в цілому відповідає сучасним правилам надання необхідної нормативної інформації, застосовує однотипні з міжнародними позначення і термінологічні тлумачення, що ставить його на рівень європейських стандартів. Положення цього стандарту забезпечують на етапі проєктування визначення теплотехнічно обґрунтованої товщини шару утеплювального матеріалу в складі термічно неоднорідних зовнішніх стін, а при проєктуванні



світлопрозорих огорожувальних конструкцій – прийняття економічно обґрунтованих рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лінійний або точковий коефіцієнт теплопередачі, опір теплопередачі, нормативний документ, приведений опір теплопередачі, світлопрозорі огороження, теплоізоляційний матеріал, теплопровідне включення, теплопровідність, термічна однорідність, товщина шару утеплювача

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF SELECTING THERMAL-INSULATING MATERIAL FOR BUILDING INSULATION

ABSTRACT

Modern building envelopes of residential and public buildings are thermally heterogeneous. Thus, the choice of design parameters of thermal insulation layers requires the use of correct calculation formulas and the introduction of coefficients that clearly define the complex conditions of heat transfer. A special feature of the national methodology for standardizing energy performance indicators, one of which is the level of thermal insulation of building envelopes, is the standardization not of the thermal resistance along the main field of the structure, but of the indicator that determines the actual heat loss through the envelope of the reduced thermal resistance. The subject of this study is the analysis of provisions for improving the method of selecting thermal insulation material for insulating buildings. These provisions form the basis of the new generation of the standard DSTU 9191:2022. The aim is to identify key changes compared to the previous national standard DSTU B.2.6-189:2013. Based on calculations, the goal is to determine the required thermal resistance using the example of translucent building envelopes under various operating conditions. The novelty and significance lie in familiarization with the results of practical calculations. These calculations which allow to make more conscious and cost-effective design decisions when determining the level of energy performance of buildings. The new generation regulatory document generally meets modern rules for providing the necessary information, uses the same designations and terminology as international ones, which puts it at the same level with European standards. The provisions of this standard ensure that at the design stage it will be possible to determine a thermally justified thickness of the insulating material layer in the composition of thermally heterogeneous external walls. That will help to make economically justified decisions when designing translucent building envelopes.

KEYWORDS: linear or point coefficient of heat transfer, heat transfer resistance, regulatory document, reduced heat transfer resistance, translucent fences, heat insulating material, heat conductive inclusion, thermal conductivity, thermal homogeneity, insulation layer thickness

ВСТУП

Забезпечення сучасних вимог енергоефективності будівель можливо тільки при застосуванні огорожувальних конструкцій з високим рівнем теплоізоляції, що обумовлює особливості розрахунків їх теплотехнічних показників, які практично завжди є багатошаровими та термічно неоднорідними. Ключовими позиціями при визначенні конструктивних параметрів шару теплоізоляційного матеріалу огорожувальної конструкції є визначення його розрахункових величин в залежності від виду матеріалу і умов його експлуатації та теплових характеристик, що враховують вплив способів кріплення теплоізоляційного матеріалу на теплопередачу через конструкцію. Розділ з енергоефективності будівлі у складі проектної документації базується на нормативних вимогах та способах їх забезпечення. В проектуванні з цього приводу склався сталлий алгоритм прийняття відповідних проектних рішень. В даній роботі наведені аналіз методичних положень стандарту, що діяв упродовж попередніх років, і обґрунтування нових положень, що внесені до нової редакції стандарту, а також методичні положення щодо взаємозв'язку з іншими супутніми нормативними документами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Проектуванню теплоізоляційної оболонки будівлі, що складається із непрозорих матеріалів (стін, покриттів, перекриттів тощо), на всіх етапах розвитку будівельної теплотехніки в Україні приділялась прискіплива увага. У роботах Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК) ще у минулому столітті були розроблені методи визначення приведеного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій [1-3], результатом яких було видання першого у вітчизняній та іноземній практиці стандарту з визначення цього теплотехнічного показника [4]. У вітчизняних нормах ДБН Б В.2.6-31:2006 [5] методологія оцінювання тепловтрат через термічно неоднорідні огорожувальні конструкції отримала свій подальший розвиток, і норми застосовували такі нові на той час поняття, як лінійний або точковий коефіцієнт теплопередачі. Наведені в них приклади значень для приведених коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій розкривали конструктивні рішення існуючих будівель радянського періоду будівництва і носили ілюстративний характер. З активним переходом на застосування теплоізоляційних матеріалів у складі, наприклад, зовнішніх стін постало завдання забезпечення проектування відповідними нормативами. Такими нормативами стали міжнародні стандарти ДСТУ ISO 10211-1:2005 [5], ДСТУ ISO 10211-1:2005 [6] щодо способів визначення лінійних та точкових



коефіцієнтів теплопередачі, на базі яких із застосуванням чисельного моделювання двовірних та тривимірних теплових потоків з'явилась можливість визначати їх величини. Це дало змогу сформулювати у ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [8] відповідну базу даних для типових вузлових з'єднань. При цьому залишилась достатньо велика частина конструктивних рішень, що не підпадала під наведені у стандарті [8] дані. Тому багато дослідників [9-11] продовжили роботу, результати якої знайшли втілення у Зміні № 1 до стандарту [8]. Також ці розробки були втілені до навчального процесу у системі вищої освіти [12] та проаналізовані особливості забезпечення енергоефективності будівель з урахуванням ергономіки теплового середовища [13]. Таким чином, в нормативній базі були закладені основи методики розрахунків енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що базуються на трансмісійних тепловитратах через зовнішню оболонку будівлі у відповідності до ДСТУ Б EN ISO 13790:2012 [14] та знайшли втілення у відповідному ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [15]. На цей період деякі положення, наприклад, щодо визначення допустимого значення опору теплопередачі внутрішніх конструкцій R_{qmin} , що розмежовують приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 4 °С; температурного перепаду ΔT_{np} для огорожувальних конструкцій з коефіцієнтом скління менше або більше ніж 0,18; коефіцієнту скління фасадів будинку m_w ; розрахункового показника компактності будинку A_{bci} , містилися в ДБН 2.6-31:2016 [16]. Таке положення порушувало європейські принципи ієрархії нормування і потребувало з цього виводу перегляду і запровадження нових нормативів в Україні.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На теперішньому етапі стандарт ДСТУ 9191:2022 [17] повністю містить всю інформацію, що потрібна для необхідних теплотехнічних розрахунків.

По-перше, це стосується визначення приведенного опору теплопередачі. Запропоновано дві формули, що мають вигляд:

$$R_{\Sigma n} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i \left(\frac{A_i}{R_{\Sigma i}} \right) + \sum_k (l_k \cdot \Psi_k) + \sum_j (N_j - \chi_j)^D} \quad (1),$$

де

A_{Σ} – загальна площа огорожувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром з додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів, м²;

A_i – площа i -ої термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів та площі ділянок зовнішніх огорожень будівлі, які контактують з іншими теплопровідними включеннями, м²;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої термічно однорідної частини конструкції, м²·К/Вт;

Ψ_m – лінійний коефіцієнт теплопередачі m -го лінійного теплопровідного включення, враховуються теплопровідні включення, що визначені за примітками 1 і 2 п.5.5 [17], Вт/(м·К);

l_m – лінійний розмір (проекція) m -го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j -го точкового теплопровідного включення, Вт/К, що розраховують за тримірним температурним полем або приймають згідно з додатком Д [17];

N_j – загальна кількість j -их точкових теплопровідних включень, що розташовані на загальній площі огорожувальної конструкції без урахування площ внутрішніх укосів прорізів, шт.

Формула (2), що призначена для визначення приведенного опору теплопередачі характерної непрозорої частини огорожувальної конструкції із світлопрозорими прорізами, має вигляд:

$$R_{\Sigma np, k} = \frac{\sum_i A_{i, k} + \sum_i A_{i, sl, k}}{\sum_i \frac{A_{i, k}}{R_{\Sigma i}} + \sum_m (l_{m, k} \cdot \Psi_m) + \sum_j (N_{j, k} \cdot \chi_j)}$$

де

$A_{i, k}$ – площа термічно однорідної k -ої частини огорожувальної конструкції без урахування прорізів, м²;

$A_{i, sl, k}$ – площа укосів прорізів на i -ій ділянці зовнішнього огороження, що присутня на k -ій частині огорожувальної конструкції, м²;

$N_{j, k}$ – кількість j -их точкових теплопровідних включень, що розташовані на площі $A_{i, k}$, шт.;

$l_{m, k}$ – лінійний розмір (проекція) m -го лінійного теплопровідного включення, що розташований на k -ій частині огорожувальної конструкції, м;

$R_{\Sigma p}$, Ψ_m , χ_j – те саме, що в формулі (1).

Формула (1) визначає узагальнене значення для всієї конструкції будівлі із урахуванням всіх лінійних та точкових коефіцієнтів (укоси вікон або дверей, міжповерхове або цокольне перекриття, покриття, зовнішні або внутрішні кути тощо).

Нова формула (2) дозволяє визначати товщину утеплювача на окремі ділянки огороження, наприклад, зовнішній стіні відповідного приміщення або покриття з світловими ліхтарями. Також формула (2) застосовується при визначенні нормативних вимог до світлопрозорих конструкцій.

На відміну від [8] в [17] прийнято європейські позначення лінійних коефіцієнтів через Ψ та точкових – через χ відповідно, а також коефіцієнтів теплообміну внутрішньої та зовнішньої поверхонь відповідно через h_{si} та h_{se} . До того ж у [17] розширено перелік ситуацій для h_{si} та h_{se} стосовно експлуатації відповідних огорожувальних конструкцій з уточненими тепловими потоками, що мають різні напрямки – вертикальні або горизонтальні. Такі редакційні нововведення дозволяють гармонізувати



даний і наступні нормативні документи зі схожими європейськими і вживати однотипні позначення, тим більше, що вони використані у новій редакції ДСТУ 9190:2022 [18] і розповсюджуються, наприклад, на визначення теплопередачі до ґрунту.

По-друге, стандарт [17] містить всі необхідні для обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх огорожувальних конструкцій характеристик стосовно визначення:

- коефіцієнта термічної однорідності огорожувальної конструкції r (додаток Ж);
- еквівалентної температури зовнішнього повітря $\theta_{e,eq}$, з урахуванням впливу сонячної радіації;
- різниці температур $\Delta\theta_{int-si}$ для огорожувальних конструкцій з коефіцієнтом скління не більше ніж 0,30 (додаток К);
- розрахунку мінімально допустимого приведенного опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій в зовнішніх огороженнях приміщень із коефіцієнтом скління більшим ніж 0,30 (додаток Л);
- розрахункового показника компактності будівлі L_B (додаток М).

В стандарті уточнено значення розрахункової теплопровідності в умовах експлуатації «А» та «Б» виробів із спіненого пінополістиролу густиною 15-50 кг/м³ та ніздрюватого бетону густиною 150 кг/м³. Залишено в незмінному вигляді інформацію про лінійні та точкові коефіцієнти теплопередачі для типових вузлових з'єднань. Тим більше, що з 2022 року почав діяти ДБН В.2.6-31:2021 [19], який встановив для огорожувальних конструкцій підвищені вимоги до мінімально допустимих значень приведенного опору теплопередачі.

В редакцію [17] не включено метод розрахунку міцності утеплювача в конструкціях покриттів та перекриттів, що був у попередній редакції, як такий, що не має прямого відношення до теплотехнічних властивостей матеріалів для утеплення огорожень.

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЇХ АПРОБАЦІЯ

Введені положення спрощують обґрунтування призначення товщини утеплювача в складі зовнішньої огорожувальної конструкції. Іншою є ситуація визначення мінімально допустимого значення

приведеного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень (вікон, вітражів або світлопрозорих фасадів), що базуються на запропонованій у додатку Л [17] методиці. За результатами розрахунків за умов І-ї температурної зони при нормативному значенні приведенного опору теплопередачі зовнішніх стін на рівні 4 м²·К/Вт були визначені значення мінімального опору теплопередачі світлопрозорих огорожень. Рисунки демонструють стає зростання потрібного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень в залежності від коефіцієнту скління $m_{gl,k}$ для двох величин різниці температур $\Delta\theta_{int-si,max}$, що дорівнюють відповідно 4 °С (рис. 1) для житлових приміщень та 5 °С (рис. 2) для нежитлових приміщень у відповідності до таблиці 3 [17]. Закономірно встановлено, що світлопрозорі фасадні системи потребують підвищених значень приведених опорів теплопередачі.

Подібні розрахунки, що виконані для II-ї

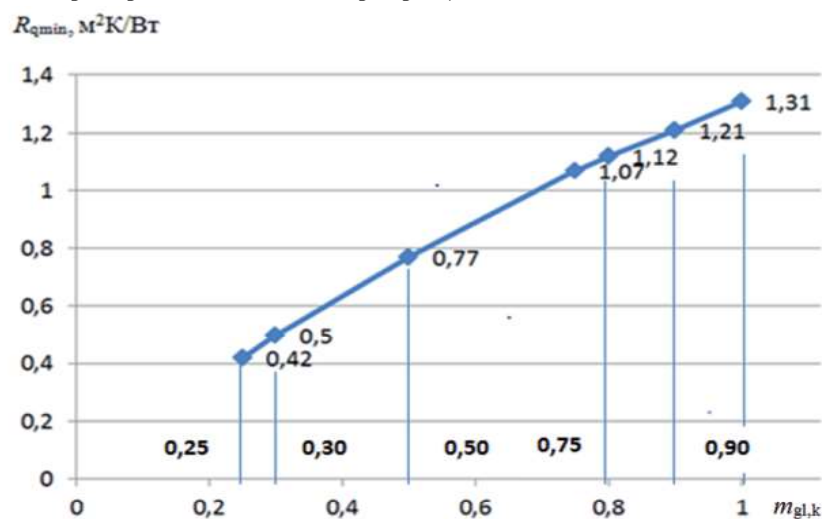


Рисунок 1 – Мінімальний опір теплопередачі світлопрозорих огорожень (зовнішня стіна 4,0 м²·К/Вт) за $\Delta\theta_{int-si,max} = 4$ °С

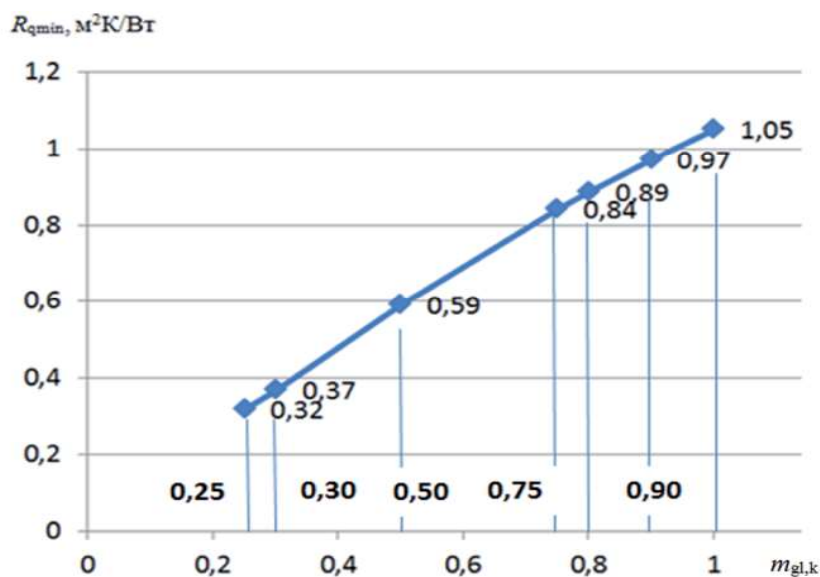


Рисунок 2 – Мінімальний опір теплопередачі світлопрозорих огорожень (зовнішня стіна 4,0 м²·К/Вт) за $\Delta\theta_{int-si,max} = 5$ °С



Таблиця 1 – Пропозиції щодо призначення приведенного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень

Коефіцієнт скління	Розраховане значення опору теплопередачі світлопрозорого огороження в температурній зоні України, м ² ·К/Вт	
	I	II
$m_{gl,k} \leq 0,5$	0,75	0,70
$0,5 < m_{gl,k} \leq 0,8$	0,90	0,80
$m_{gl,k} > 0,8$	1,05	1,00

температурної зони із приведеним опором теплопередачі зовнішніх стін на рівні 3,5 м²·К/Вт, дозволили встановити перехідні величини для мінімально допустимих значень приведенного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень, які представлено в табл. 1.

Табл. 1 відображає сучасні тенденції у будівництві з використанням значної площі світлопрозорих частин зовнішніх стін. Діапазон значень $m_{gl,k} \leq 0,5$ характеризує вікна; $0,5 < m_{gl,k} \leq 0,8$ – вітражі та $m_{gl,k} > 0,8$ – світлопрозорі фасади. Вказані орієнтовні величини мають значення, наближені до запропонованих в табл. 1 [19] нормативних величин 0,9 м²·К/Вт для I-ї температурної зони та 0,7 м²·К/Вт для II-ї температурної зони. А оскільки сучасне проєктування направлене на реалізацію вимоги ДБН В.1.2-11:2021 [20] щодо системного принципу забезпечення енергетичної ефективності будівель, то при досягненні необхідного класу енергоефективності будівлі логічно використовувати світлопрозорі огороження із зниженими значеннями приведенного опору теплопередачі у відповідності до положень 5.2.1 або 5.2.2 [19]. Такий підхід дозволить зменшувати вартість світлопрозорих огорожень при забезпеченні ними достатніх комфортних умов.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз нових положень стандарту ДСТУ 9191:2022 демонструє наявність достатнього нормативного матеріалу для використання у проєктуванні методу вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
2. Потребує розширення база даних щодо лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі інших вузлових з'єднань, таких як зовнішні або внутрішні кути стін, парапети або карнизи, цокольні вузли тощо. З цього приводу потрібен аналіз сучасних європейських нормативних документів.
3. На рівні термінології необхідно дати нове тлумачення визначенню опалювано-

го об'єму будівлі, в якому потрібно враховувати об'єми повітря, що обмежуються умовною площиною внутрішньої поверхні зовнішньої стіни та внутрішньої поверхні світлопрозорого огороження, а з боків – укосами. Таке уточнення важливо для існуючих будівель, особливо громадського призначення зі стінами значної товщини.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ

СПИСОК

1. Методические рекомендации по определению теплотехнических показателей ограждающих конструкций в лабораторных условиях. Київ, ДП «НДІБК», 1982. 23 с.
2. Методические рекомендации по обеспечению теплотехнических качеств ограждающих конструкций инвентарных зданий. Київ, ДП «НДІБК», 1984. 19 с.
3. В.П. Хоменко, Г.Г. Фаренюк. Справочник по теплозащите зданий. Київ, Будівельник, 1986. 215 с.
4. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Москва, Издательство стандартов, 1985. 24 с.
5. ДБН Б В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 71 с.
6. ДСТУ ISO 10211-1:2005 (ISO 10211-1:1995, IDT). Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 1. Загальні методи. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 75 с.
7. ДСТУ ISO 10211-2:2005 (ISO 10211-2:2001, IDT). Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 71 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: Мінрегіон України, 2014. 51 с.
9. Філоненко О.І., Олексієнко О.Б., Геращенко О.О. Дослідження теплотахисних властивостей огорожувальних конструкцій при термомодернізації будівель. Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. № 2(76). Харків: ХНУБА, 2014. С. 147–151.



10. Суртаєв В. В. Застосування конструкцій зовнішніх огорожень будівель з підвищеним теплозахистом. Вісник Криворізького національного університету. 2015. № 40. С. 128-134.
11. Прищенко А.М. Вузлові з'єднання зовнішніх стін з підвищеними теплотехнічними показниками як засіб забезпечення енергоефективності будівель: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Київ, 2015. 24 с.
12. Тимофєєв М.В. Фаренюк Г.Г. Розрахунки енергоефективності будівель / Навчальний посібник, МОНУ. Київ: КНУБА, 2014. 140 с.
13. Фаренюк Г.Г., Філоненко О.І., Тимофєєв М.В. Енергоефективність громадських будівель з урахуванням ергономіки теплового середовища. Комунальне господарство міст. Наук. техн. збірник. Серія: Техн. науки та архітектура. 2017. №135. С. 119-124.
14. ДСТУ Б EN ISO 13790:2012 (EN ISO 13790:2008, IDT). Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження. Київ: НДІБК, 2011. 229 с.
15. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Київ: Мінрегіон України, 2015. 145 с.
16. ДБН 2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ: Мінрегіон України, 2017. 37 с.
17. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63 с.
18. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 156 с.
19. ДБН 2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Мінрегіон України, 2022. 27 с.
20. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ: Мінрегіон України, 2022. 26 с.

REFERENCES

1. NIISK.(1982).Methodological recommendations for determining heat-technical parameters of enclosing structures in laboratory conditions. Kyiv: NIISK.
2. NIISK.(1984).Methodological recommendations for ensuring the heat-technical qualities of the enclosing structures of the existing inventory.

3. V.P. Khomenko, H.G. Farenjuk. (1986). Handbook on heat protection issued. Kyiv: Budivelnik.
4. GOST 26254-84. (1985). Buildings and structures. The method of determining heat transfer resistance of enclosing structures. Moscow: Izdatelstvo standartov.
5. DBN B V.2.6-31:2006. (2006). Thermal insulation of buildings. Kyiv: Ministry of Construction, Architecture, and Housing and Communal Services of Ukraine.
6. DSTU ISO 10211-1:2005. (2005). Heat-conducting inclusions in building structures. calculation of heat flows and surface temperatures. Part 1. General methods. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine.
7. DSTU ISO 10211-2:2005. (2005). Heat-conducting inclusions in building structures. Calculation of heat flows and surface temperatures. Part 2. Linear heat-conducting inclusions. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine.
8. DSTU B V.2.6-189:2013. (2014). Methods of choosing thermal insulation material for building insulation. Kyiv. Ministry of Construction.
9. Filonenko, O. I., Oleksienko, O. B., & Gerashchenko, O. O. (2014). Research of heat-shielding properties of enclosing structures during thermal modernization of buildings. Scientific Bulletin of Construction: Collection of Scientific Papers, 2(76), 147-151. Kharkiv: Khnuba.
10. Surtaev, V. V. (2015). Application of constructions of external enclosures of buildings with increased heat protection. Bulletin of Kryvorizkiy National University, 40, 128-134.
11. Prishchenko, A. M. (2015). Nodal connections of external walls with increased thermal performance as a means of ensuring energy efficiency of buildings: Autoref. thesis Ph.D. technical Sciences: 05.23.01. (24 p.). Kyiv.
12. Timofeev, M. V., & Farenjuk, H. H. (2014). Calculations of building energy efficiency: Textbook, Ministry of Education and Science of Ukraine. Kyiv: KNUBA.
13. Farenjuk H.G., Filonenko O.I., Timofeev M.V. (2017). Energy efficiency of public buildings taking into account the ergonomics of the thermal environment. Communal management of cities. Sciences technical collection. Series: Tech. sciences and architecture, 135, 119-124.
14. DSTU B EN ISO 13790:2012. (2011). Energy efficiency of buildings. Calculation of energy



consumption for heating and cooling. Kyiv: NIISK.

15. DSTUBA.2.2-12:2015. (2015). Energy efficiency of buildings. The method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply. Kyiv: Ministry of Regional Development.
16. DBN 2.6-31:2016. (2017). Thermal insulation of buildings. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
17. DSTU 9191:2022. (2022). Thermal insulation of buildings. The method of choosing thermal insulation material for insulating buildings. Kyiv: "UkrNDNC".
18. DSTU 9190:2022. (2022). Energy efficiency of buildings. Method for calculating energy consumption during heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply. Kyiv: "UkrNDNC".
19. DBN 2.6-31:2021. (2022). Thermal insulation and energy efficiency of buildings. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
20. DBN V.1.2-11:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 30.06.2024