

Розвиток методики визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Improvement of the method for determining the necessary heat transfer resistance of building enclosures

**Пашинський В.А., д.т.н., проф., Пашинський М.В., к.т.н., доц.,
Фоміна Т.В., к.т.н., доц., (Центральноукраїнський національний
технічний університет, м. Кропивницький)**

**Pashynskiy V.A., Sc.D., prof, Pashynskiy M.V., PhD, assoc. prof.,
Fomina T.V., PhD, assoc. prof. (Central Ukrainian National Technical
University, Kropyvnytskyi)**

Розроблена методика визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за заданою величиною допустимих втрат тепла, кількістю градусо-днів опалювального періоду в певній адміністративній області України та розрахунковою температурою повітря в приміщенні. Виконане адміністративно-територіальне районування України за кількістю градусо-днів опалювального періоду при температурі повітря в приміщенні +20°C та отримана формула для перерахунку до інших значень температури повітря в приміщенні. Порівняно з проектуванням за ДБН В.2.6-31:2021, запропонована методика сприяє кращому вирівнюванню втрат тепла по території за рахунок диференціації необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

The study was carried out with the aim of developing a method of more precisely determining the required heat transfer resistance of building envelope, taking into account the climate conditions of their operation and permissible heat losses. The methodology is based on the dependence of heat loss on the heat transfer resistance and the mutual relationship between the number of heating degree days determined for different values of the air temperature in the premises.

The administrative-territorial zoning of Ukraine by the number of heating degree days at an indoor air temperature of +20°C is based on the published results of meteorological observations at 367 weather stations located at an altitude of up to 400 m above sea level. For each of the oblasts of Ukraine, Autonomous Republic of Crimea, and separately for the South Bank of Crimea, regional values with zoning coverage of 0.9 and 0.95 are set. In order to reduce the spread of data across the territory, the Odesa region and the Southern coast of Crimea are divided into groups of administrative districts.

The effect of using the proposed method of determining the heat transfer resistance of building envelopes is analyzed on the example of the walls of residential buildings. The walls are designed for the climate conditions of 24 regional centers of Ukraine, Simferopol, the capital of Crimea, and Yalta, located on the southern coast of Crimea. The

results of the experimental design showed that when designing according to DBN B.2.6-31:2021, the values of the required heat transfer resistance of the walls within the territory of Ukraine differ by only 14%, and the difference in heat loss through the designed walls in different cities reaches 89%. When designing according to the proposed method, the values of the required heat transfer resistance of the walls within the territory of Ukraine differ by 2.17 times, due to which the territorial variability of heat losses decreases to 20%.

The proposed method contributes to the equalization of heat losses through the building envelopes on the territory of Ukraine due to the differentiation of the necessary heat transfer resistance of the envelopes by region. The significant influence of the permissible amount of heat loss on the required value of the heat transfer resistance of the envelopes requires the determination and normalization of the permissible heat loss through the building envelopes of various types in buildings of various purposes.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, необхідний опір теплопередачі, кількість градусо-днів, втрати тепла.

Keywords: building envelope, required heat transfer resistance, heating degree days, heat losses.

Постановка проблеми. Основною тепловою характеристикою огорожувальних конструкцій, яка визначає втрати тепла через них, є опір теплопередачі. Вітчизняні норми проєктування ДБН В.2.6-31:2021 [1] вимагають, щоб опір теплопередачі був не меншим від мінімально допустимого значення, яке залежить від виду конструкції та розташування будівельного об'єкта в одній з двох температурних зон України. Таким чином, для огорожувальних конструкцій одного виду (стіни, покриття тощо) норми [1] встановлюють лише два значення опору теплопередачі. Настільки обмежений вибір не відображає різноманіття кліматичних умов України та призводить до значного розкиду величини річних втрат тепла через огорожувальні конструкції по території. Вирівняти втрати тепла через огороження в різних географічних районах можна за рахунок більш диференційованого вибору їх опору теплопередачі.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з даними статті [2], офіційні вимоги до теплових характеристик огорожувальних конструкцій на території України вперше були встановлені в "Урочному положенні" від 1896 року, яким була регламентована товщина стін з керамічної цегли у 2,5 цеглини, тобто близько 64...67 см. "Технічні вказівки та норми" 1929 року вводять поняття опору теплопередачі огороження та стійкості теплового режиму при періодичному опаленні. При одній топці печі протягом доби товщина стіни мала становити 640 мм. Норми проєктування 1954...1986 років базуються на розрахунковому визначенні необхідного опору теплопередачі для забезпечення комфортних санітарно-гігієнічних умов перебування в приміщеннях, згідно з якими різниця температури повітря в приміщенні та температури внутрішньої поверхні огороження не повинна перевищувати встановленого нормами допустимого значення.

У нормах теплової ізоляції України прийнята спрощена методика визначення мінімально необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за належністю до однієї з температурних зон України. У наказі Міністерства у справах будівництва і архітектури від 27.12.1993 року [3] та в ДБН В.2.6-31:2006 [4] територія України була розділена на чотири температурні зони, а в наступних виданнях норм теплової ізоляції кількість температурних зон зменшена до двох. З кожною новою редакцією ДБН В.2.6-31 від 2013, 2016 і 2021 років реалізувалася тенденція до збільшення мінімально необхідних значень опору теплопередачі, у результаті чого в чинних ДБН В.2.6-31:2021 [1] вони стали приблизно у п'ять разів більшими порівняно з нормами 1954...1986 років. Таке поліпшення теплових характеристик досягається за рахунок упровадження комплексних конструкцій огорожень з використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів та обумовлює істотне зменшення втрат тепла на опалення будівель.

Другим фактором, який визначає втрати тепла через огороження, є температура атмосферного повітря. Узагальнені в [5] результати досліджень дозволяють представити її у формі квазістаціонарного випадкового процесу. Ця модель враховує як сезонні та добові циклічні зміни, так і випадкові міждобові коливання температури. Для аналізу втрат тепла достатньо мати річну функцію математичного сподівання температури повітря, задану послідовністю з 12-ти середньомісячних значень. Такі послідовності для базової мережі з 57 метеостанцій України наведені в ДСТУ [6], де вказані також необхідні для подальшого аналізу середні температури й тривалості опалювального періоду, протягом якого температура повітря не перевищує $+8^{\circ}\text{C}$. Більший обсяг даних містить довідник [7] та монографія [5], у якій наведені середньомісячні температури повітря для 485 пунктів спостереження України.

З метеорології відомо, що з ростом висоти над рівнем моря температура повітря знижується приблизно на 6°C з кожним кілометром висоти, що не враховується при виборі опору теплопередачі огорожень за нормами [1]. В роботі [8] обґрунтовані коефіцієнти географічної висоти, які збільшують опір теплопередачі огорожувальних конструкцій при їх розміщенні вище 400 м над рівнем моря.

Аналіз втрат тепла через огорожувальні конструкції в різних районах України [9] показав, що обмежений вибір значень опору теплопередачі лише для двох температурних зон не повною мірою відображає різноманітність кліматичних умов України. Це обумовлює значний розкид величин втрат тепла через огорожувальні конструкції в різних географічних районах і спонукає до більш диференційованого вибору значень опору теплопередачі з метою вирівнювання величини втрат тепла по усій території України.

Мета дослідження полягає в розробленні методики визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій з урахуванням кліматичних умов їх експлуатації та допустимих втрат тепла.

Передумови й методика визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Рациональне значення опору теплопередачі слід призначати з умови обмеження втрат тепла через огорожувальну конструкцію. Допустимі втрати тепла можна визначити, виходячи з встановлених у ДБН [1] показників енергетичної ефективності будівель, методики їх визначення [10] та встановлених наказом [11] граничних значень. Для цього необхідно розробити практичну методику визначення допустимих значень питомих втрат тепла через усі елементи теплозахисної оболонки будівель. Оскільки розроблення такої методики є задачею окремого дослідження, у подальшому будемо вважати втрати тепла через один квадратний метр огорожувальної конструкції на протязі опалювального періоду відомою та наперед заданою величиною.

Фактичні втрати тепла через один квадратний метр огорожувальної конструкції протягом опалювального періоду визначаються за формулою, отриманою з відомих залежностей будівельної теплофізики:

$$Q = 0,0206 \times \frac{G_{heat}}{R_0}, \text{ Мкал}, \quad (1)$$

де G_{heat} – кількість градусо-днів опалювального періоду;

R_0 – опір теплопередачі огорожувальної конструкції;

0,0206 – коефіцієнт переходу від ват-годин до мегакалорій.

Кількість градусо-днів опалювального періоду G_{heat} обчислюється через тривалість t_{heat} та середню температуру θ_{heat} опалювального періоду, а також розрахункову температуру повітря в приміщенні θ_{in} :

$$G_{heat} = (\theta_{in} - \theta_{heat}) \times t_{heat}. \quad (2)$$

Якщо виконати територіальне районування України за кількістю градусо-днів опалювального періоду G_{heat} , необхідний опір теплопередачі огороження легко визначити з формули (1) за допустимим значенням втрат тепла Q . Проблема полягає у тому, що ДБН [1] встановлюють три різні розрахункові значення температури внутрішнього повітря θ_{in} :

+22°C – для закладів дошкільної освіти та охорони здоров'я,

+20°C – для житлових будинків, готелів та інших громадських закладів,

+18°C – для спортивних закладів.

Це обумовлює необхідність територіального районування трьох величин G_{heat} , що відповідають вказаним температурам θ_{in} . Для усунення цього недоліку за даними 57 метеостанцій України з ДСТУ [6] обчислені кількості градусо-днів для широкого діапазону температур внутрішнього

повітря від $+16^{\circ}\text{C}$ до $+24^{\circ}\text{C}$ та встановлена їх залежність від кількості градусо-днів G_{20} , що відповідає $\theta_{in} = +20^{\circ}\text{C}$:

$$G_{heat} = [1 + 0,034 \times (\theta_{in} - 20)] \times G_{20} + 57,1 \times (\theta_{in} - 20). \quad (3)$$

Відносні похибки апроксимуючої формули (3) не виходять за межі $-1,3\% \dots +2,0\%$.

Підставивши (3) до (1), можна отримати робочу формулу для визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальної конструкції за допустимим значенням річних втрат тепла:

$$R_0 = \frac{[1 + 0,034 \times (\theta_{in} - 20)] \times G_{20} + 57,1 \times (\theta_{in} - 20)}{48,5 \times Q_0}, \quad (4)$$

де θ_{in} – розрахункове значення температури повітря в приміщенні;

G_{20} – кількість градусо-днів опалювального періоду при температурі внутрішнього повітря $\theta_{in} = +20^{\circ}\text{C}$;

Q_0 – допустиме значення втрат тепла (у мегакалоріях) через один квадратний метр огороження протягом опалювального періоду.

Кількість градусо-днів опалювального періоду на території України. Для забезпечення практичного використання формули (4) виконане адміністративно-територіальне районування України за кількістю градусо-днів опалювального періоду G_{20} для температури в приміщенні $\theta_{in} = +20^{\circ}\text{C}$. Оскільки наведених в ДСТУ [6] даних 57 метеостанцій недостатньо для здійснення територіального районування України, використана інформація з монографії [5], де наведені послідовності середньомісячних значень температури повітря на 485 пунктах спостереження.

У роботі [8] показано, що основна частина території України має висоту над рівнем моря, не більшу за 400 м. Для гірських місцевостей з висотою понад 400 м над рівнем моря у [8] отримані поправки до опору теплопередачі, представлені у вигляді коефіцієнтів географічної висоти.

Виходячи з викладених міркувань, з [5] вибрані дані для 367 рівнинних пунктів спостереження, які створюють досить густу мережу на території України. При формуванні бази даних вилючені пункти спостереження з надто малою тривалістю спостережень, а також об'єднані дані декількох пунктів спостереження, які розміщені в одному крупному місті та не мають значних відмінностей висоти над рівнем моря, середньомісячних температур повітря чи інших географічних параметрів.

Для кожного з обраних пунктів спостереження обчислена кількість градусо-днів G_{20} шляхом чисельного інтегрування функції середніх температур атмосферного повітря в межах тривалості опалювального періоду (при температурі повітря, меншій за $+8^{\circ}\text{C}$), що відповідає формулі

(2). Порівняння з наявними даними ДСТУ [6] підтвердило достатню точність обчислення кількості градусо-днів опалювального періоду G_{20} . Для 50 з 57 метеостанцій похибка не виходить за межі $-1\% \dots +2\%$ і в середньому становить $0,7\%$.

Згідно з методикою [12], обласні значення кількості градусо-днів визначаються за формулою, яка базується на нормальному розподілі значень G_{20} в межах кожної області

$$G_P = M_G + t_P \cdot S_G \quad (5)$$

де M_G та S_G – середнє значення й стандарт вибірки кількості градусо-днів для метеостанцій області;

t_P – аргумент функції нормального розподілу, що відповідає забезпеченості P обласного значення кількості градусо-днів;

При забезпеченості $P = 0,9$ $t_P = 1,282$, а при $P = 0,95$ $t_P = 1,645$. Рівень забезпеченості $P = 0,9$ означає, що обласне значення (5) встановлене в запас надійності приблизно для 90% території області.

Статистичні характеристики кількості градусо-днів опалювального періоду та округлені до 10 градусо-днів обласні значення G_{20} для забезпеченості районування $0,9$ і $0,95$ наведені в таблиці 1 для 24 адміністративних областей України, степової частини АР Крим та окремо – Південного берега Криму з особливо теплим кліматом.

В останньому стовпці таблиці 1 наведені відношення найбільших по території області значень G_{20} до найменших, які характеризують міру розкиду кількості градусо-днів в межах області та імовірні запаси їх територіального районування. Найбільший розкид кількості градусо-днів спостерігається на територіях Південного берега Криму, де найбільше по регіону значення перевищує найменше на 50% , та в Одеській області де ця різниця становить 40% . Детальний аналіз наявних даних дозволив розділити території кожного з цих регіонів на групи адміністративних районів, для кожної з яких за описаною вище методикою визначені статистичні характеристики та розрахункові значення кількості градусо-днів $G_{0,9}$ і $G_{0,95}$. Ці дані наведені в додаткових рядках таблиці 1 під рядками для області в цілому. Отримані розрахункові значення відрізняються від загальних по області у більший та в менший бік, а розкид значень G_{20} у межах груп районів не перевищує $1,31$. Це вказує на диференціацію та вищу точність визначення кількості градусо-днів $G_{0,9}$ і $G_{0,95}$.

Для обчислення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за формулою (4) рекомендується використовувати кількості градусо-днів опалювального періоду $G_{0,9}$ чи $G_{0,95}$ з таблиці 1. Характер територіальної мінливості значень $G_{0,9}$ проілюстрований схематичною картою з рисунка 1. Найбільша кількість градусо-днів опалювального періоду спостерігається в північно-східних областях, а найменша – в південних регіонах і на Закарпатті.

Таблиця 1. Результати адміністративно-територіального районування кількості градусо-діб опалювального періоду G_{20} при $\theta_{in} = +20^{\circ}\text{C}$

№	Області України	Кількість ПС	Статистичні характеристик.		Обласні значення		Роз-кид G_{20}
			M_G	S_G	$G_{0,9}$	$G_{0,95}$	
1	Вінницька	16	3812	196,7	4060	4140	1,27
2	Волинська	6	3630	56,3	3700	3720	1,05
3	Дніпропетровська	13	3669	141,9	3850	3900	1,16
4	Донецька	14	3836	148,0	4030	4080	1,15
5	Житомирська	13	3943	96,2	4070	4100	1,08
6	Закарпатська	10	3192	266,4	3530	3630	1,32
7	Запорізька	13	3413	193,0	3660	3730	1,21
8	Івано-Франківська	15	3760	250,6	4080	4170	1,25
9	Київська	17	3925	81,7	4030	4060	1,06
10	Кіровоградська	12	3708	126,0	3870	3920	1,13
11	Крим, степова зона	31	2816	160,0	3020	3080	1,23
12	Крим, Південний берег	18	2017	261,9	2350	2450	1,50
	Феодосійський район, зона м. Севастополь	8	2256	145,8	2440	2500	1,22
	Ялтинський район	10	1827	148,9	2020	2070	1,31
13	Луганська	9	4015	129,7	4180	4230	1,11
14	Львівська	29	3593	142,0	3780	3830	1,16
15	Миколаївська	9	3249	180,9	3480	3550	1,19
16	Одеська	19	3109	293,0	3490	3590	1,40
	Райони: Ізмаїльський, Білгород-Дністровський, Болградський	8	2841	130,8	3010	3060	1,16
	Райони: Березівський, Одеський, Подільський, Роздільнянський	11	3304	208,2	3570	3650	1,19
17	Полтавська	16	3920	143,7	4100	4160	1,13
18	Рівненська	4	3694	65,7	3780	3800	1,04
19	Сумська	14	4215	133,9	4390	4440	1,11
20	Тернопільська	7	3719	119,3	3870	3920	1,09
21	Харківська	17	4093	129,5	4260	4310	1,11
22	Херсонська	17	3126	123,8	3290	3330	1,14
23	Хмельницька	11	3808	122,1	3970	4010	1,12
24	Черкаська	19	3829	106,6	3970	4000	1,11
25	Чернівецька	2	3433	106,2	3570	3610	1,04
26	Чернігівська	16	4161	127,0	4320	4370	1,12
	Мінімум	2	1827	56,3	2020	2070	1,04
	Максимум	30	4215	302,2	4390	4440	1,65
	Розкид		2,31	5,37	2,17	2,14	

Результати експериментального проектування стін для 26 міст України узагальнені в таблиці 2, де вказані межі зміни опору теплопередачі та втрат тепла через стіни, а також показники їх територіального розкиду, рівні відношенню найбільшого по території України показника до найменшого.

Таблиця 2

Зведені результати експериментального проектування

Показники	За ДБН [1]	За (4) при Q_0	
		10 Мкал/м ²	20 Мкал/м ²
Опір теплопередачі, м ² ×К/Вт	3,5...4,0	4,2...9,0	2,1...4,5
Річні втрати тепла, Мкал/м ²	10,9...20,6	8,0...9,6	15,9...19,2
Розкид опору теплопередачі	1,14	2,17	2,17
Розкид втрат тепла	1,89	1,20	1,20

З таблиці видно, що при проектуванні за ДБН [1] значення необхідного опору теплопередачі стін в межах території України відрізняються лише на 14%, а різниці втрат тепла через запроєктовані стіни в різних містах сягають 89%. При проектуванні за запропонованою методикою значення необхідного опору теплопередачі стін в межах території України відрізняються у 2,17 рази, але при цьому відмінності втрат тепла зменшуються до 20%. Отже, запропонована методика сприяє вирівнюванню втрат тепла по території України за рахунок диференціації необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Таблиця 2 вказує також на значний вплив допустимих втрат тепла на необхідне значення опору теплопередачі огорожень. При допустимих річних втратах тепла $Q_0 = 20$ Мкал/м² опір теплопередачі стін необхідно встановлювати в межах від 2,1 до 4,5 м²×К/Вт, що виходить за межі вимог ДБН В.2.6-31:2021 [1], але в середньому наближається до них. Для зменшення річних втрат тепла до 10 Мкал/м² опір теплопередачі стін необхідно підвищити до 4,2...9,0 м²×К/Вт.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Розроблена методика дозволяє визначати необхідний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, виходячи з величини допустимих втрат тепла та кількості градусо-днів опалювального періоду. Температура повітря в приміщенні враховується шляхом коригування кількості градусо-днів за отриманою апроксимуючою залежністю.

2. За опублікованими результатами метеорологічних спостережень на 367 метеостанціях і метеопостах, розташованих на висоті до 400 м над рівнем моря, виконане адміністративно-територіальне районування України за кількістю градусо-днів опалювального періоду при температурі повітря в приміщенні +20°C.

3. Результати експериментального проектування стін житлових будівель для кліматичних умов 26 міст України показали, що порівняно з проектуванням за вимогами ДБН В.2.6-31:2021, запропонована методика сприяє вирівнюванню втрат тепла по території за рахунок диференціації необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для кожної з адміністративних областей України.

4. На необхідне значення опору теплопередачі огорожень істотно впливає допустима величина втрат тепла, що вимагає визначення та унормування допустимих втрат тепла через огорожувальні конструкції різних видів у будівлях різного призначення.

References

1. DBN V.2.6-31:2021. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliatsiia ta enerhoefektyvnist budivel. K., 2022, 23 p.
2. Serheichuk O.V. Istoriia ta perspektyvy rozvytku norm z enerhoefektyvnosti budivel v Ukraini. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi. Vypusk № 9*. K.: KNUBA, 2017, Pp. 211-221. URL: https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/21/2017_9/39.pdf.
3. Pro vvedennia v diiu novykh normatyviv oporu teploperedachi ohorodzhuiuchykh konstruktsii zhytlovo-tsyvilnykh budynkiv i sporud dlia novoho budivnytstva, rekonstruktsii ta kapitalnykh remontiv: Nakaz Minbudu Ukrainy vid 27.12.1993 № 247. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0247307-93#Text>
4. DBN V.2.6-31:2006. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliatsiia budivel. K., 2006, 65 p.
5. Pashynskiy V.A., Pushkar N.V., Kariuk A.M. Temperaturni vplyvy na ohorodzhuvalni konstruktsii budivel. Odesa: ODABA, 2012, 180 p.
6. DSTU-N B V.1.1-27:2010 Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. *Budivelna klimatolohiia*. K., 2010, 101 p.
7. Kinash R.I. Burnaiev O.M. Temperaturnyi rezhym povitria i gruntu v Ukraini. *Lviv: Vydavnytstvo naukovo-tekhnichnoi literatury*, 2001, 800 p.
8. Pashynskiy V.A., Nastoiashchyi V.A., Pashynskiy M.V., Karpushyn S.O. Urakhuvannia heografichnoi vysoty pry proiektuvanni ohorodzhuvalnykh konstruktsii u hirs'kii mistsevoosti. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy : Zbirnyk naukovykh prats*. Rivne, 2024, vypusk 45. Pp. 214-222. URL: <https://bud.nuwm.edu.ua/index.php/budres/article/view/588/595>
9. Pashynskiy V.A., Nastoiashchyi V.A., Pashynskiy M.V., Bohatyrov D.V. Vplyv pidvyshchennia normatyvnykh vymoh na riven teplovoi nadiinosti ta vtraty tepla cherez stiny u pokryttia zhytlovykh i hromadskykh budivel. *Tsentrlnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky. № 9 (40), ch. 1*. Kropyvnytskyi: TsNTU, 2024. Pp. 64-74. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.64-74](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.64-74).
10. DSTU 9190:2022. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pid chas opalennia, okholodzhennia, ventyliatsii, osviltennia ta hariachoho vodopostachannia. DP «UkrNDNTs», 2022, 132 p.
11. Pro zatverdzhennia Minimalnykh vymoh do enerhetychnoi efektyvnosti budivel. Nakaz Ministerstva rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy vid 27.10.2020 № 260.

12. Pashynskiy V.A. Metodyka administratyvno-terytorialnoho raionuvannya klimatychnykh navantazhen na budivelni konstrukttsii. *Resursoekonomni materialy, konstrukttsii, budivli ta sporudy: Zbirnyk naukovykh prats.* Rivne, випуск 32, 2016. Рр. 387-393.

Література

1. ДБН В.2.6-31:2021. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К., 2022, 23 с.

2. Сергейчук О.В. Історія та перспективи розвитку норм з енергоефективності будівель в Україні. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі.* Випуск № 9. К.: КНУБА, 2017, с. 211-221. Режим доступу: https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/21/2017_9/39.pdf

3. Про введення в дію нових нормативів опору теплопередачі огорожуючих конструкцій житлово-цивільних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкцій та капітальних ремонтів: Наказ Мінбуду України від 27.12.1993 № 247. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0247307-93#Text>

4. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К., 2006, 65 с.

5. Пашинський В.А., Пушкар Н.В., Карюк А.М. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель. Одеса: ОДАБА, 2012, 180 с.

6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К., 2010, 101 с.

7. Кінаш Р.І. Бурнаєв О.М. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001, 800 с.

8. Пашинський В.А., Настоящий В.А., Пашинський М.В., Карпушин С.О. Урахування географічної висоти при проєктуванні огорожувальних конструкцій у гірській місцевості. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Збірник наукових праць.* Рівне, 2024, випуск 45. С. 214-222. Режим доступу: <https://bud.nuwm.edu.ua/index.php/budres/article/view/588/595>

9. Пашинський В.А., Настоящий В.А., Пашинський М.В., Богатирьов Д.В. Вплив підвищення нормативних вимог на рівень теплової надійності та втрати тепла через стіни й покриття житлових і громадських будівель. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 9 (40), ч. 1.* Кропивницький: ЦНТУ, 2024. С. 64-74. Режим доступу: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.64-74](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.64-74)

10. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП «УкрНДНЦ», 2022, 132 с.

11. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 № 260.

12. Пашинський В.А. Методика адміністративно-територіального районування кліматичних навантажень на будівельні конструкції. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць.* Рівне, випуск 32, 2016. С. 387–393.