

2. DSTU N B A.2.2.5: 2007. Proektuvannya. Nastanova z rozroblennya ta skladannya enerhetychnoho pasporta budynkiv pry novomu budivnytstvi ta rekonstruktsiyi [Designing. Guidelines for the development and assembly of energy passports for buildings under new construction and reconstruction]. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2008. 44 p. (ukr)
3. DSTU B A.2.2-12:2015. Enerhetychna efektyvnist' budivel'. metod rozrakhunku enerhospozhyvannya pry opalenni, okholodzhenni, ventylyatsiyi, osvittleni ta haryachomu vodopostachanni [Energy efficiency of buildings. Method of calculation of energy heating, cooling, ventilation, lighting and hot water]. K.: Minrehion Ukrainy. 2015. 205 p. (ukr)
4. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budvel'na klimatolohiya [Construction climatology]. K.: Minrehion Ukrainy. 2010. 127 p. (ukr)
5. [Electronic resource]: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR.
6. [Electronic resource]: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/iwec2>
7. [Electronic resource]: <https://energyplus.net/>
8. EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program. Crawley D.B., Lawrie L.K., Winkelmann F.C., Buhl W.F., Huang Y.J., Pedersen C.O., Strand R.K., Liesen R.J., Fisher D.E., Wittef M.J., Glazer J. *Energy and Buildings*. 2001. № 33. Pp. 319-331.
9. [Electronic resource]: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=tashkent@meta.ua>
10. [Electronic resource]: <http://www.meteonorm.com>
11. W. Beckman, S. Klein, J. Duffy. Calculation of systems of solar heat supply. M.: Energoizdat, 1992.
12. EN 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. — CEN. European Committee for Standardization, 2008. 53 p.
13. EN ISO 13786:2007. Thermal performance of building component - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods. — CEN. European Committee for Standardization, 2007. 27 p.

Надійшла 13.11.2017
Received 13.11.2017

УДК 697.1

М.М. Шовкалюк, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0002-1898-3493
С.В. Зіменко, магістр, ORCID 0000-0003-4151-0931

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖЕННЯ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Метою роботи є дослідження теплових потоків та аналіз теплових втрат з опалювальних приміщень. У статті проаналізовано проблематику питання та взято до розгляду конкретний об'єкт дослідження, розглянуто його конструктивні особливості та конкретні теплопровідні включення за допомогою різних методик розрахунку. Розглянуті методики діючих сучасних стандартів України щодо розрахунку теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій будівлі з врахуванням теплових включень та без них. За результатами дослідження визначено відмінності між методиками, розраховано ключові параметри, визначено відмінності між підходами. Результатом дослідження є висновок щодо значного впливу теплових включень на загальний рівень теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій та важливість правильного вибору методики розрахунку з врахуванням існуючих теплових включень дозволяє більш точно оцінити теплозахисні властивості ділянки дослідження.

Ключові слова: огороджувальні конструкції, тепловий захист, теплопровідні включення.

© М.М. Шовкалюк, С.В. Зіменко, 2017

Вступ

Один з інструментів досягнення енергоефективності у житловому секторі – впровадження заходів на рівні кінцевих споживачів, якими можуть бути як власники приватних будинків, так і ОСББ, ЖБК та інші форми об'єднання. За типами споживачів це можуть бути житлові будівлі, громадські, промислові та ін. Аналіз стану кожного окремого об'єкту можливий лише за умови застосування певних методик оцінювання та аудиту, а також за наявності засобів для інструментального визначення характеристик будівель.

Значну частину житлового фонду (близько 75%) України було зведено до 90-их років, коли вимоги щодо енергоефективності будівель не були чітко сформовані і рівень теплового захисту огорожень був значно нижче, ніж це встановлено сучасними нормами [1]. Також потрібно враховувати відсутність належного догляду як за будинком, так і за інженерними системами, людський фактор (наприклад, втручання в систему опалення, заміна радіаторів). Для модернізації житлового фонду необхідно проаналізувати ситуацію та рівень енергоефективності кожного будинку, розробити програму фінансування та впровадити заходи з енергозбереження. На етапі аналізу спеціаліст визначає стан огорожувальної оболонки будівлі та оцінює рівень її теплового захисту. На сьогодні є наступні шляхи оцінки цього параметру: розрахунковий та інструментальний. Розрахунковий метод викладено у нормативних документах [1-3], умови мікроклімату в будівлях приймаються за [4]. Досить розповсюдженим є випадки, коли під час енергообстежень будівель коефіцієнти теплопередачі конструкцій аудитором визначаються як для однорідного огороження, тобто спрощено без урахування теплопровідних включень, хоча навіть для будівель без складних архітектурних форм вплив таких «теплових містків» є досить суттєвим.

При інструментальному визначенні параметрів теплового захисту оболонки будівлі використовують прилад – термогігрометр із зондом для визначення коефіцієнту теплопередачі. Для визначення локальних термічно-неоднорідних ділянок використовується прилад – тепловізор. Порядок, за яким виконуються натурні вимірювання, регулюються сучасними нормативними документами та стандартами [5,6]. Методика для розрахунків показників теплового захисту за допомогою тепловізійного обстеження чітко не сформована, а визначення показників на основі даних, що були отримані при тепловізійній діагностиці, будуть трудомісткими. Тепловізійне обстеження конструкцій є ефективним інструментом для виявлення температурних аномалій.

Мета та завдання

Метою роботи є порівняння тепловтрат непрозорих огорожень з урахуванням різних методів оцінки теплозахисних властивостей зовнішніх стін, а саме:

- без урахування теплопровідних включень, тобто зовнішні стіни в теплотехнічному розрахунку приймаємо як однорідне непрозоре огороження;
- з урахуванням теплопровідних включень згідно діючих в Україні стандартів [2, 3],
- з урахуванням теплопровідних включень згідно європейського стандарту [7],
- інструментальне визначення характеристик теплового захисту.

Опис об'єкту досліджень

Об'єкт обстеження - окремо розташована житлова багатоквартирна будівля у м. Києві, яка була введена в експлуатацію в 1974 році, територіально належить до I температурної зони згідно [1]. Будівля являє собою 9-поверхову споруду без складних архітектурно-планувальних чи конструктивних рішень.

Таблиця 1 – Характеристика огорожувальних конструкцій

Конструктивний елемент	Опис
Конструкція зовнішніх стін	Стіни виконані з червоної будівельної цегли монолітної кладки товщиною 640 мм, стіни армовані. Частково присутнє утеплення зовнішніх стін.
Внутрішні стіни	Стіни виконані з червоної будівельної цегли монолітної кладки.
Міжповерхові перекриття	Перекриття виконані із залізобетонних панелей з пустотами.
Дах	Дах із напівпрохідним горищем. Покриття із ребристих панелей, покрівля рулонна трьохшарова.

Продовження табл.1

Технічне підпілля	Стіни підвалу зі збірних залізобетонних блоків.
Світлопрозорі конструкції	Скління парадних – суцільне, вітражне. Скління південного фасаду є елементом огорожувальних конструкцій для опалювального об'єму будівлі. Частина світлопрозорих конструкцій замінена на металопластикові склопакети.
Зовнішні двері	Зовнішні двері під'їзду металеві, обладнані автоматичним доводчиком.

Таблиця 2 – Параметри опалювального періоду

Розрахунковий параметр	Значення
Тривалість опалювального періоду, n_o (дів)	176
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, t_{co} , (°C)	-0,1
Кількість градусо-дів опалювального періоду, D	3537

Загальний вигляд зовнішніх огорожень будівлі показано на рис.1. Геометричні розміри стінових конструкцій (без урахування цоколю та горища) наведені в табл. 3.



Рисунок 1 - Загальний вигляд зовнішніх стін будівлі

Таблиця 3 – Геометричні розміри зовнішніх стін

Орієнтація конструкції	Північ	Південь	Схід	Захід
Площа конструкції, m^2	326	374,35	509,5	509,5

Опис методик розрахунку

Теплотехнічний розрахунок без урахування теплопровідних включень (розрахунок 1)

Втрати теплоти, Вт·год, через зовнішні стіни визначаються за формулою:

$$Q_{cm} = \sum_i U_i A_i (t_{вн} - t_{co}) \cdot n_o \cdot 24, \quad (1)$$

$t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря для житлових будівель для теплотехнічних розрахунків, за додатком В стандарту [1] приймаємо 20°C;

A_i – площа зовнішньої стіни, м²;

$U_i = 1/R_{\Sigma i}$ – коефіцієнт теплопередачі огороження, (Вт/(м²·К)), де $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі відповідного огороження (утепленої та неутепленої частини зовнішньої стіни), (м²·К)/Вт.

Опір теплопередачі термічно однорідного непрозорого огороження відповідно до стандарту [2] розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2)$$

α_6, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, (Вт/м²·К), приймають за додатком 8 стандарту [2];

δ_i – товщина і-го шару огорожувальної конструкції, (м);

λ_i – коефіцієнт теплопередачі і-ого шару огорожувальної конструкції, (Вт/м·К);

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Результати розрахунків зведено до табл. 4.

Таблиця 4 – Тепловтрати через огороження без урахування теплопровідних включень

Найменування показника	Познач.	Од. вим.	Зовнішня стіна	
			Утеплена	Неутеплена
Стінова конструкція	—	—	Червона цегла з шаром утеплювача (пінополістирол) завтовшки 50 мм	Червона цегла

Продовження табл.4

Площа конструкції	A_i	м ²	239,2	1599,35
Опір теплопередачі	R_{Σ}	(м ² ·К)/Вт	1,89	0,94
Коефіцієнт теплопередачі	U_i	Вт/(м ² ·К)	0,53	1,06
Втрати теплоти через стіни за опалювальний період	Q_{cm}	кВт·год	10745,32	144456,01
Сумарні втрати через зовнішні стіни (без урахування цоколю)	$Q_{cm\Sigma}$	кВт·год	155201,33	
Нормативне значення опору теплопередачі стін [1]	$R_{q\ min}$	(м ² ·К)/Вт	3,3	

Визначення трансмісійних тепловтрат з урахуванням теплопровідних включень за національним стандартом, розробленим у відповідності до EN 13790 (розрахунок 2)

За стандартом EN 13790 та національною методикою розрахунку [3] теплопередача трансмісією, Вт·год, для кожного місяця опалювального періоду визначається окремо за формулою (3):

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t, \quad (3)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, для житлових приміщень за стандартом [4] для II категорії (нормальний рівень) приймаємо 20°C;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, що приймається за дод. А стандарту [3] °С;

t – тривалість опалювального періоду (год).

Для будівлі в цілому значення коефіцієнту теплопередачі трансмісією, Вт/К, повинно бути розраховано згідно стандарту ISO 13789, використовуючи формулу:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (4)$$

де H_D - узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g - стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U - узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A - узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В ході дослідження будемо враховувати лише втрати через зовнішні стіни, тому визначатимемо лише H_D для непрозорих огорожень, а усі інші складові формули (4) приймемо як такі, що дорівнюють нулю. Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через стіни визначається за формулою:

$$H_D = b_{tr} \left[\sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j \right], \quad (5)$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, (м²);

U_i – коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, (Вт/(м²·К)), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma i}$, де $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, (м²·К/Вт), що визначено за формулою (2);

ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

l_k – довжина k -го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j -го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

b_{tr} – поправочний коефіцієнт, для розрахунку H_D приймається $b_{tr}=1$.

Під час проведення енергетичного обстеження багатоповерхової будівлі, що є об'єктом дослідження, були визначені теплопровідні включення для зовнішніх стін і за стандартом [2] визначено лінійні і точкові коефіцієнти теплопередачі огорожень, результати зведено до таблиці 5.

Таблиця 5 - Теплопровідні включення зовнішніх стін будівлі

Найменування теплопровідного включення	Довжина, l_k , м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, ψ_k , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, χ_j , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	1,5	35	0,063	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	1,5	35	0,035	—
Вузол кутового сполучення зовнішніх стін із цегли	27	4	0,142	—
Вузол примикання зовнішніх стін із цегли до балконного перекриття	2,2	36	0,833	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	1,4	70	0,049	—
Вузол примикання зовнішніх стін із цегли до міжповерхового перекриття	90	8	0,087	—
Вузол влаштування пластикового дюбеля з металевим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в фасадній системі з опорядженням штукатурками	—	1673	—	0,005

Під час розрахунків окремо визначався коефіцієнт теплопередачі U_i для утепленої та неутепленої частини зовнішньої стіни, далі за формулою (5) визначався коефіцієнт теплопередачі трансмісією через

зовнішні стіни, потім за формулою (3) для кожного місяця опалювального періоду розраховувалося теплопередача трансмісією.

Для визначення втрат теплоти зовнішніх стін за опалювальний період Q_{tr} , (Вт·год)/рік, помісячні результати підсумовувалися. Результати розрахунків зведено до таблиці 6.

Таблиця 6 – Тепловтрати через огороження з урахуванням теплопровідних включень за національним стандартом ДСТУ Б А.2.2-12:2015, розробленим у відповідності до EN 13790

Місяць року		Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.
Найменування								
Температура, °С		-4,7	-3,6	1	9	8,1	1,9	-2,5
Кількість днів опалювального періоду*		31	28	31	11	14	30	31
Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через зовнішні стіни, H_D , Вт/К	утеплена частина	134,93						
	неутеплена частина	1855,33						
Теплопередача трансмісією, Q_{tr} , кВт-год	утеплена частина	2479,5	2139,8	1907,3	391,8	539,5	1758,4	2258,7
	неутеплена частина	34095,1	29424,1	26227	5387,9	7418,4	24178,7	31058
Сумарні трансмісійні втрати теплоти через зовнішні стіни за опалювальний період $Q_{tr\Sigma}$, кВт-год	утеплена частина	11474,96						
	неутеплена частина	157789,37						
	разом	169264,33						

* Примітка: дати переходу середньої добової температури повітря через 8 °С восени та навесні (дати початку та закінчення опалювального періоду) прийнято за табл.3 ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія», для м.Києва з 17.X по 11.IV.

Розрахунок трансмісійних тепловтрат з урахуванням теплопровідних включень згідно європейського стандарту EN 12831 (розрахунок 3)

Відповідно до європейського стандарту EN 12831 [7] визначення тепловтрат за рахунок теплопередачі з урахуванням теплових мостів може проводитися за спрощеним методом визначення втрат теплоти за рахунок теплопередачі. Він полягає в коригуванні значення коефіцієнта теплопередачі за наступною формулою:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \quad (6)$$

де U_{kc} – скоригований коефіцієнт теплопередачі ділянки будівлі з урахуванням лінійних теплових мостів, (Вт/(м²·К));

U_k – коефіцієнт теплопередачі елемента будівлі, (Вт/(м²·К));

ΔU_{tb} – коригуючий коефіцієнт, що залежить від типу елемента будівлі та береться з додатку до стандарту, (Вт/(м²·К)).

Значення коригуючого коефіцієнту для огорожень досліджуваної будівлі визначено за стандартом [7] і наведено нижче у таблицях 7÷9.

Таблиця 7 - Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для вертикальних елементів будинку

Кількість перекриттів, що перетинають теплоізоляцію	Кількість стін, що перетинаються	ΔU_{tb} $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$, при об'ємі простору >100 м ³
0	2	0,05

Таблиця 8 - Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для горизонтальних елементів будинку

Елемент будинку			$\Delta U_{tb} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$
Важка підлога (бетон тощо)	Кількість сторін, що контактують із зовнішнім середовищем	4	0,2

Таблиця 9 - Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для прорізів

Площа елемента будинку, м ²	$\Delta U_{tb} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$
>20	0,1

Теплопередача трансмісією, Вт-год, для кожного місяця опалювального періоду визначалася окремо за формулою (3), де загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією для зовнішніх огорожень, Вт/К, розраховувався наступним чином:

$$H_{tr,adj} = H_D = A \cdot U_{kc}, \quad (7)$$

де A – площа зовнішніх стін (утепленої та неутепленої частини), м².

Результати розрахунків зведено до таблиці 10.

Таблиця 10 – Тепловтрати через огороження з урахуванням теплопровідних включень за стандартом EN 12831

Місяць року	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Жовт.	Лист.	Груд.
Найменування							
Температура, °С	-4,7	-3,6	1	9	8,1	1,9	-2,5

Продовження табл. 10

Кількість днів опалювального періоду*		31	28	31	11	14	30	31
Скоригований коефіцієнт теплопередачі ділянки будівлі з урахуванням лінійних теплових мостів, U_{kc} , Вт/(м ² ·К)	утеплена частина	0,88						
	неутеплена частина	1,41						
Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через зовнішні стіни, H_D , Вт/К	утеплена частина	210,28						
	неутеплена частина	2261,21						
Теплопередача трансмісією, Q_{tr} , кВт-год	утеплена частина	3864,3	3334,9	2972,5	610,7	840,8	2740,4	3520,1

Продовження табл.10

	неутеплена частина	41553,8	35861,0	31964,4	6566,5	9041,2	29468,1	37852,6
Сумарні трансмісійні втрати теплоти через зовнішні стіни за опалювальний період $Q_{tr\Sigma}$, кВт-год	утеплена частина	17883,6						
	неутеплена частина	192307,7						
	разом	210191,3						

Інструментальне визначення характеристик теплового захисту будівель

Дослідження проводилися комплектом testo 635-2 (термогірометр із виносним зондом), що дозволяє при певних значеннях коефіцієнту тепловіддачі на внутрішній та зовнішній поверхнях огороження визначати температури поверхні стіни у трьох точках, внутрішню та зовнішню температури повітря та коефіцієнт теплопередачі. Порядок проведення вимірювань та фіксації даних наводиться у стандарті [6]. Випробування в натурних умовах проводять у періоди року, коли існує температурний напір не менший ніж 15 градусів. Температура повітря в приміщенні підтримувалася за допомогою системи опалення будівлі, вимірювання проводилися на ділянці неутепленої частини огороження, захищеної від теплового та сонячного впливу з фіксацією значення у пам'ять пристрою кожні три години. Для вимірювання використовувалося наступне обладнання: ноутбук, зонд для вимірювання температури поверхні конструкції в трьох точках, радіозонд для проведення вимірювань зовнішніх параметрів. Результати вимірювань наведено на рис. 2.

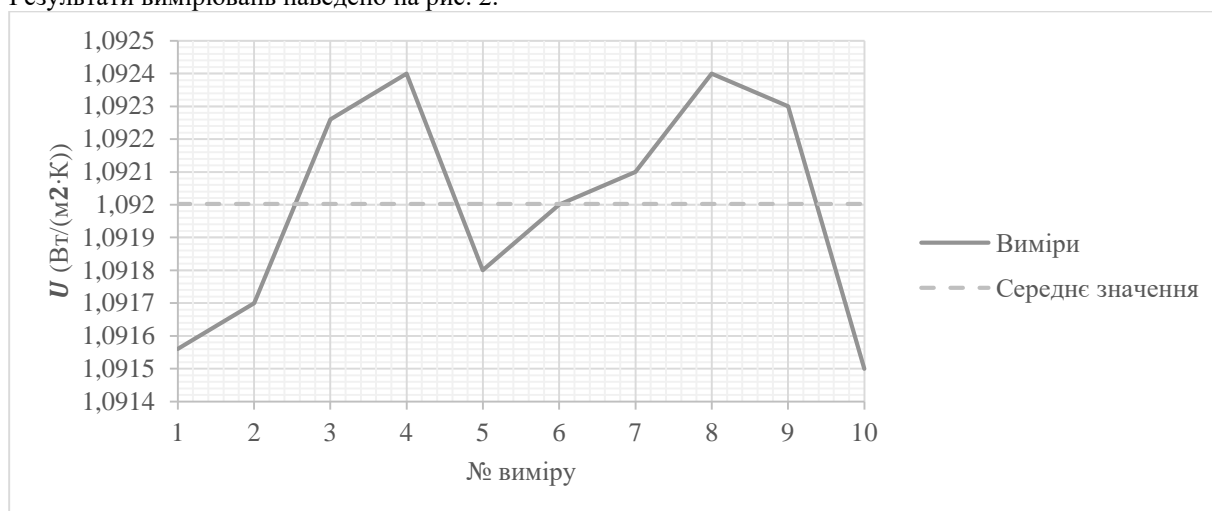


Рисунок 2 - Вимірювання коефіцієнта теплопередачі неутепленої ділянки зовнішніх стін

Узагальнення результатів дослідження

Порівнюємо результати розрахунків тепловтрат та інструментальні виміри (див. табл.11).

Таблиця 11 – Порівняння результатів

Параметр		Розрахунок 1	Розрахунок 2	Розрахунок 3	Інструментальні виміри (фактичне значення)
Коефіцієнт теплопередачі огорожень Вт/(м ² ·К)	утеплена частина	U=0,53	—	$U_{kc} = 0,88$	—
	неутеплена частина	U=1,06	—	$U_{kc} = 1,41$	U=1,092
Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через зовнішні стіни, H_D , Вт/К	утеплена частина	—	134,93	210,28	—
	неутеплена частина	—	1855,33	2261,21	2007,7
Втрати теплоти через зовнішні стіни за опалювальний період, кВт·год	утеплена частина	10745,32	$Q_{tr} = 11474,9$	$Q_{tr} = 17883,6$	—
	неутеплена частина	144456,01	$Q_{tr} = 157789,4$	$Q_{tr} = 192307,7$	$Q_{tr} = 168762,16$
Відхилення від фактичного значення втрат теплоти, % (неутеплена частина)		14,4%	6,5%	14,0%	—

Висновки

Проведено дослідження теплових втрат з урахуванням різних методик визначення теплозахисних властивостей зовнішніх непрозорих огорожень. Показано, що урахування теплопровідних включень навіть для споруди без складних конструктивних рішень огорожень призводить до збільшення тепловтрат в розмірі до 14%, внаслідок чого може змінитися клас енергоефективності будівлі, тому поширена практика енергоаудиторів під час визначення енергопотреб будівлі спрощувати подібні розрахунки не є виправданою.

Список використаної літератури

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2017–05–01] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України)
2. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель / ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2013, - 55 с.
3. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 203 с.
4. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики / ДСТУ Б EN 15251:2011 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2012, - 71 с.

5. Метод визначення питомих тепловтрат на опалення будинку / ДСТУ Б В.2.2-21:2008 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2009, - 29 с.

6. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій/ ДСТУ Б В.2.6-101:2010 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіонбуд України, 2010, - 84 с.

7. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76.

M. Shovkalyuk, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., **ORCID** 0000-0002-1898-3493

S. Zimenko, Msc., **ORCID** 0000-0003-4151-0931

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ANALYSIS OF HEAT LOSS THROUGH WALLING WITH THE ACCOUNT OF DIFFERENT METHODS OF ESTIMATION OF HEAT-SHIELDING PROPERTIES

The aim is to study the heat flow and analysis of heat loss from the heated space. The problem is analyzed in the article and the specific object of the study is considered, its design features and specific thermally conductive inclusions are considered using various calculation methods. Methods of modern up-to-date standards of Ukraine for calculating the heat-shielding properties of the enclosing structures of a building with allowance for thermal inclusions and without them are considered.. Based on the results of the study, differences were identified between the methods, the main parameters were determined, the differences between the approaches. The result of the study is the conclusion that thermal inclusions exert a significant influence on the overall level of heat-shielding properties of the walling and the importance of the correct choice of the calculation method taking into account existing data on the object. In the conclusions it is established that the method of estimating heat losses with allowance for thermal inclusions allows more accurately to estimate the heat-shielding properties of the investigated section.

Keywords: walling, thermal protection, thermally conductive inclusions

References

1. Construction of buildings and facilities. Thermal insulation of buildings: DBN V.2.6-31:2016. – [Valid from 01.04.2017] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2016. – 33 p. – (State Building Standards of Ukraine), (Ukr).

2. Methods for choosing of insulation material for insulation of buildings: DSTU B V.2.6-189:2013. – [Valid from 01.01.2014] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2014. – 55 p. – (State Standards of Ukraine), (Ukr).

3. The energy efficiency of buildings. The method of calculating the energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply: DSTU B A.2.2-12:2015. – [Valid from 01.01.2016] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2011. – 203 p. – (State Standards of Ukraine), (Ukr).

4. Indoor environmental input parameters for design and assessment of Energy performance of buildings addressing indoor air quality, Thermal environment, lighting and acoustics: DSTU B EN15251:2011. – [Valid from 01.01.2013] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2012. – 71 p. – (State Standards of Ukraine), (Ukr).

5. Buildings and structures. Method for determination of specific heat consumption for building heating: DSTU B V.2.2-21:2008. – [Valid from 01.06.2009] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2009. – 29 p. – (State Standards of Ukraine), (Ukr).

6. Constructions of buildings and structures. Method for determination of thermal resistance of building envelopes: DSTU B V.2.6-101:2010. – [Valid from 01.10.2010] // Ministry of construction, architecture and housing and communal services of Ukraine. – Kyiv, 2010. – 84 p. – (State Standards of Ukraine), (Ukr).

7. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76.

Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0002-1898-3493

Зименко С.В., магистр, ORCID 0000-0003-4151-0931

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

АНАЛИЗ ТЕПЛОПТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ С УЧЁТОМ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ

Целью работы является исследование тепловых потоков и анализ тепловых потерь из отапливаемых помещений. В статье проанализирована проблематика вопроса, и принят к рассмотрению конкретный объект исследования, рассмотрены его конструктивные особенности и конкретные теплопроводные включения с помощью различных методик расчета. Рассмотрены методики действующих современных стандартов Украины по расчету теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, с учетом тепловых включений и без них. По результатам исследования определены различия между методиками, рассчитаны ключевые параметры, определены различия между подходами. Результатом исследования является вывод о значительном влиянии тепловых включений на общий уровень теплозащитных свойств ограждающих конструкций и важность правильного выбора методики расчета с учетом существующих данных об объекте. В выводах определено, что методика оценки тепловых потерь с учетом тепловых включений позволяет более точно оценить теплозащитные свойства участка исследования.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, тепловая защита, теплопроводные включения.

Надійшла 15.12.2017

Received 15.12.2017

А.В. Хименко, канд. техн. наук, науч. сотр. ORCID 0000-0003-2612-969X

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТДАЧИ ТЕПЛОТЫ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЭЛЕКТРОТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА

Данные, полученные в результате проведения экспериментальных исследований динамических характеристик теплоаккумулирующих элементов из магнезита с каналами целевидной формы, а также теплоаккумулирующих элементов из шамота с воздушными каналами круглой формы в режимах заряда и отдачи теплоты электротеплового аккумулятора (ЭТА), были использованы для оценки эффективности аккумулирования и отдачи теплоты теплоаккумулирующими элементами ЭТА. Определены средний коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности корпуса ЭТА $\alpha_{н_ср}$, а также коэффициент теплоотдачи в каналах теплоаккумулирующих элементов из магнезита и шамота при естественной и вынужденной конвекции $\alpha_{к_ср}$ и $\alpha_{к_ест_ср}$ в режимах заряда и отдачи теплоты ЭТА. Показана динамика отдачи теплоты в каналах теплоаккумулирующих элементов $Q_{к_ср}$ и общей отдачи теплоты Q_0 за весь цикл работы ЭТА. Были также получены аналитические выражения для определения избыточной температуры теплоаккумулирующих элементов из шамота и магнезита в режиме отдачи теплоты ЭТА путем аппроксимации полученных значений темпа охлаждения методом наименьших квадратов с использованием экспоненциальной функции.

Ключевые слова: электротепловой аккумулятор, теплоаккумулирующий элемент, режимы заряда и отдачи теплоты, темп нагрева и охлаждения, шамот, магнезит, коэффициент теплоотдачи, температурный напор, распределение температур, тепловые характеристики.