

**ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ**

УДК 699.86:697.12

**ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ  
ОГОРОДЖЕННЯ, ЩО ПРИЛЯГАЮТЬ ДО ҐРУНТУ, ЗА ЄВРОПЕЙСЬКОЮ ТА  
ВІТЧИЗНЯНОЮ МЕТОДИКАМИ**

**В. П. Ковальчук**

студентка 5 курсу, група ТГВ-51м, навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Наукові керівники – к.т.н., доцент С. Б. Проценко,  
к.т.н., доцент О. С. Новицька

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**На прикладі житлового будинку з опалюваним цокольним поверхом у м. Рівне виконано порівняння результатів розрахунку тепловтрат через зовнішні огородження, що прилягають до ґрунту, за європейською та вітчизняною методиками.**

**Ключові слова:** тепловтрати, теплопередача через ґрунт, опір теплопередачі, комп'ютерне моделювання.

**На примере жилого здания с отопляемым цокольным этажом в г. Ровно выполнено сравнение результатов расчета теплотерь через примыкающие к ґрунту внешние ограждения по европейской и отечественной методикам.**

**Ключевые слова:** теплотери, теплопередача через ґрунт, сопротивление теплопередачі, компьютерное моделирование.

**The comparative analysis of calculation results of heat losses from the basement walls and floor to the ground is implemented according to European and national methods of multi-storeyed building with heated basement in Rivne.**

**Keywords:** heat losses, ground transmission heat loss coefficient, thermal resistance, computer simulation.

З 1 січня 2014 р. в Україні набув чинності ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [1]. Пунктом 6.3.4 цього нормативного документа передбачено, що теплове навантаження систем опалення будівель слід визначати за методикою, викладеною в європейському стандарті EN 12831 [2].

В роботі [3] детально проаналізовано основні положення європейської методики, виконано їх порівняння з вимогами дод. 12\* СНиП 2.04.05-91\* [4], що визначали порядок розрахунку теплової потужності систем опалення будівель до набуття чинності ДБН В.2.5-67:2013.

У статтях [5; 6] за участі автора на прикладі багатоквартирного житлового будинку в м. Рівне виконано порівняльний аналіз результатів розрахунку за вищезгаданими методиками втрат тепла через зовнішні огородження, що контактують із зовнішнім повітрям, та на нагрівання вентиляційного повітря. Результати розрахунків виявилися схожими, попри відмінності у теоретичних підходах вітчизняної та зарубіжної наукових шкіл. Водночас у роботах [5; 6] не розглядалося питання про те, наскільки відрізняються розрахунки втрат тепла через огородження, що прилягають до ґрунту.

В роботі [7] Є. С. Колесником та О. М. Білоусом проаналізовано відмінності методик розрахунку теплопередачі через ґрунт згідно з національним стандартом ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [8] та міжнародним стандартом EN ISO 13370:2007 [9]. На прикладі розрахункової

моделі будинку з розмірами в плані 10x10 м показано, що максимальна похибка при визначенні теплопередачі через конструкції підлог до ґрунту за вказаними методиками становила 20%. Під час проведення розрахунків за вітчизняною методикою підлога по ґрунту була поділена лише на три розрахункові зони з чотирьох можливих, тому що її розміри були прийняті надто малими. Для порівняння розрахунків за різними методиками необхідно провести дослідження з більшими розмірами будинку.

**Метою даної роботи** є виконання порівняльного аналізу результатів розрахунків тепловтрат через конструкції зовнішніх стін та підлогу, що прилягають до ґрунту, за європейською і вітчизняною методиками на прикладі багатоквартирного житлового будинку з опалюваним цокольним поверхом у кліматичних умовах м. Рівне. Дана робота є продовженням досліджень, описаних у статтях [5; 6].

**Дослідження були виконані** з використанням тривимірної комп'ютерної моделі 9-поверхового 72-квартирного житлового будинку з опалюваним цокольним поверхом та горищем в освітній версії програми Audytor OZC 6.1 [10], що була надана в навчально-дослідницьких цілях кафедрі теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки НУВГП компанією SANKOM Sp. z o.o. Комп'ютерна модель будинку включала в себе його планувально-конструктивне рішення, теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів та огорожувальних конструкцій, кліматичні параметри району розташування об'єкта, вимоги до внутрішнього мікроклімату приміщень та інші необхідні для розрахунків дані.

Вибір комп'ютерної програми Audytor OZC 6.1 для проведення досліджень зумовлений тим, що вона дозволяє виконувати розрахунки за різними нормативними вимогами, включаючи європейські і вітчизняні, гнучко змінювати параметри та методики виконання розрахунків, швидко виконувати складні та трудомісткі обчислення й отримувати детальні звіти з результатами розрахунків для їх аналізу.

Для порівняння розрахункових методик було використано комп'ютерну модель житлового будинку з такими параметрами:

- розміри будинку в плані 33,4x21 м;
- конструкція підлоги (рис. 1, а) – керамічна плитка ( $\delta=50$  мм,  $\rho=2000$  кг/м<sup>3</sup>); стяжка бетонна ( $\delta=50$  мм,  $\rho=1900$  кг/м<sup>3</sup>); утеплювач – екструдований пінополістирол ( $\delta=60$  мм,  $\lambda=0,036$  Вт/(м·К)); руберойд ( $\delta=3$  мм,  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>); стяжка бетонна ( $\delta=100$  мм,  $\rho=1900$  кг/м<sup>3</sup>); пісок середній ( $\delta=300$  мм,  $\rho=1650$  кг/м<sup>3</sup>);
- конструкція стіни, що прилягає до ґрунту (рис. 1, б) – штукатурка цементно-піщана ( $\delta=15$  мм,  $\rho=1850$  кг/м<sup>3</sup>); стяжка бетонна ( $\delta=250$  мм,  $\rho=2200$  кг/м<sup>3</sup>); утеплювач – екструдований пінополістирол ( $\delta=120$  мм,  $\lambda=0,036$  Вт/(м·К)); стяжка бетонна ( $\delta=100$  мм,  $\rho=2200$  кг/м<sup>3</sup>); руберойд ( $\delta=3$  мм,  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>).

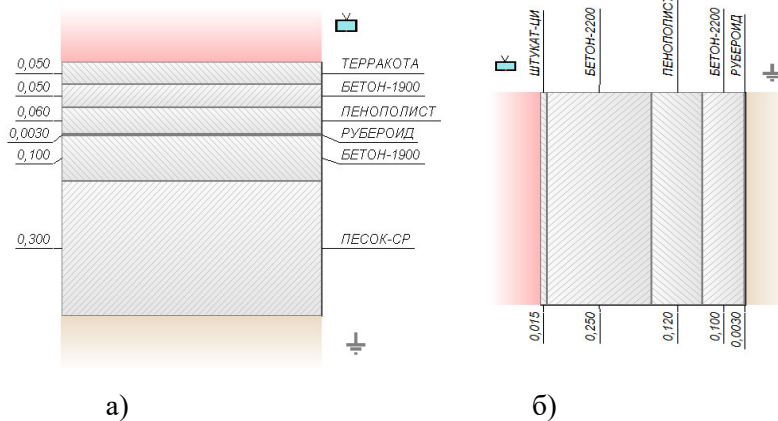


Рис. 1. Схема зовнішніх огорожень цокольного поверху:  
а) підлоги; б) зовнішньої стіни, що прилягає до ґрунту

**Аналіз розрахункових методик**, що розглядаються, свідчить про суттєві відмінності в них теоретичних підходів до визначення втрат тепла через ґрунт.

Так, згідно з європейськими стандартами EN ISO 13370 [9] та EN 12831 [2], ключовим показником для визначення втрат тепла через підлогу по ґрунту є характеристичний розмір підлоги  $B'$ , м, який визначають за формулою

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (1)$$

де  $A$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>;  $P$  – периметр підлоги, м.

Периметр підлоги  $P$  враховує повну довжину зовнішніх стін, що відділяють опалюваний простір (приміщення) від зовнішнього середовища або від неопалюваного простору, який знаходиться поза ізолюваною оболонкою будинку (добудовані гаражі, господарські приміщення тощо).

Залежно від величини характеристичного розміру підлоги  $B'$  визначають рівноважний коефіцієнт теплопередачі  $U_{equiv,k}$  підлоги та стін, що прилягають до ґрунту. Останній входить у формулу для розрахунку коефіцієнта втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до ґрунту  $H_{T,ig}$ , Вт/К у сталих умовах

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w, \quad (2)$$

де  $f_{g1}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив річних коливань зовнішньої температури;  $f_{g2}$  – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між середньою річною зовнішньою температурою та проектною зовнішньою температурою;  $A_k$  – площа відповідного елемента будинку, м<sup>2</sup>;  $G_w$  – коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод.

Розрахунок втрат тепла опалюваного простору за рахунок теплопередачі до ґрунту  $\Phi_{T,i}$ , Вт визначають за виразом

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ig} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (3)$$

де  $\theta_{int,i}$  – проектна внутрішня температура опалюваного простору, °С;  $\theta_e$  – проектна зовнішня температура, °С.

Слід відмітити, що формула (3) застосовується лише для опалюваних приміщень, у випадку неопалюваних приміщень розрахунок виконують іншими методами (див. [3]).

Згідно з вітчизняною методикою, яка викладена, зокрема, в літературі [11], при розрахунку тепловтрат підвальних приміщень підземні частини зовнішніх стін та підлогу розбивають на три смуги (або зони) шириною по 2 м кожна, починаючи від рівня землі вниз по внутрішній поверхні стіни і продовжуючи далі по поверхні підлоги, а решту підлоги вважають четвертою зоною. Опори теплопередачі неутеплених підлог та стін нижче рівня землі  $R_{HV}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, приймають такими: для 1-ї зони – 2,1; для 2-ї зони – 4,3; для 3-ї зони – 8,6; для 4-ї зони – 14,2. Для утеплених підлог і стін додатково враховують опір теплопередачі шару утеплення, а для підлог на лагах – повітряного прошарку та настилу по лагах.

Схема до визначення втрат тепла до ґрунту через стіни і підлогу за вітчизняною методикою для будинку, що розглядався, наведена на рис. 2.

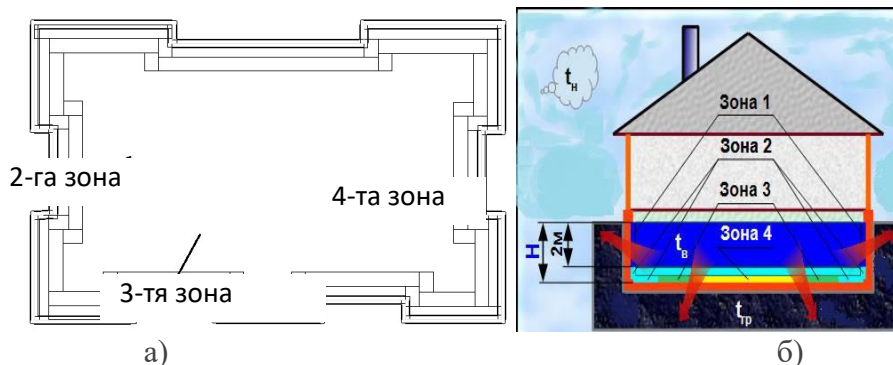


Рис. 2. Схема до визначення втрат тепла через підлогу і стіни, що розташовані нижче рівня землі, до ґрунту за вітчизняною методикою для модельного будинку: а) план; б) розріз

**Порівняння результатів розрахунку** втрат тепла до ґрунту за обома методиками показує, що попри всі відмінності в теоретичних підходах сумарні значення втрат тепла до ґрунту через огороження в цілому для будинку, що розглядався, є достатньо близькими (див. таблицю), різниця між результатами становить лише 1,5%. Водночас, спостерігаються істотні відмінності у значеннях втрат тепла через окремі огорожувальні конструкції. Так, тепловтрати через стіни, що прилягають до ґрунту, за європейською методикою на 47% менші, а через підлогу по ґрунту – на 40% більші, ніж за вітчизняною методикою.

Таблиця

Результати розрахунку проектних втрат тепла до ґрунту для будинку, що розглядався,  
за порівнюваними методиками

Методика розрахунку	Втрати тепла через стіни, що прилягають до ґрунту, Вт	Втрати тепла через підлогу до ґрунту, Вт	Сумарні втрати тепла до ґрунту, Вт
європейська	1010	2974	3983
вітчизняна	1917	2129	4045

**Результати проведених досліджень показують**, що для розглянутого будинку результати обчислень загальних втрат тепла через зовнішні огороження та підлогу, що прилягають до ґрунту, за європейською та вітчизняною методиками є достатньо близькими, але значення втрат тепла для окремих зовнішніх огорожень відрізняються в середньому на  $\pm 40\text{-}50\%$ . Таким чином, простіший та зрозуміліший вітчизняний підхід до оцінки теплопередачі через огороження до ґрунту дає відносно невелику похибку для визначення загальних втрат тепла порівняно з методами, визначеними в міжнародних і європейських стандартах.

#### Список використаних джерел:

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 2. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76.
3. Проценко С. Б. Аналіз нових нормативних вимог до розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель / С. Б. Проценко, О. С. Новицька // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Зб. наук. праць. – Вип. 3 (71). Ч. 2. Техн. науки. – Рівне : НУВГП, 2015. – С. 17–24.
4. СНиП 2.04.05-91\*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное. – К. : КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
5. Проценко С. Б. Порівняльний аналіз розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель за європейською та вітчизняною методиками (на прикладі житлового будинку в м. Рівне) / С. Б. Проценко, О. С. Новицька, В. П. Ковальчук // Вісник НУ «Львівська політехніка». Зб. наук. праць. Серія: Теорія і практика будівництва. – № 844. – Львів : В-во Львівської політехніки, 2016. – С. 169–179.
6. Проценко С. Б. Comparative analysis of design heat load calculation of building heating system according to European and national methods (by example of residential building in Rivne) / С. Б. Проценко, О. С. Новицька, В. П. Ковальчук // Тези доп. Міжн. наук.-техн. конф. «ЕкоКомфорт», присвяч. 200-літ. ювілею НУ «Львівська політехніка» та 55-річчю спец. «Теплогазопостачання та вентиляція». Львів, НУ «Львівська політехніка», 11-12 жовт. 2016 р. – С. 57–58.
7. Колесник Є. С. Методи розрахунку теплопередачі через ґрунт. / Є. С. Колесник, О. М. Білоус // Будівельні конструкції будівель та споруд: проектування, виготовлення, реконструкція та обслуговування. Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Випуск 2012-5 (97). – С. 10–16.
8. ДСТУ-Н Б А.2.2-5-2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. – Уведено вперше ; чинний від 2008-07-01, – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с. – (Державний стандарт України).
9. EN ISO 13370:2007. Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods. – Brussels: CEN, 2007. – 48.
10. Audytor OZC. Версия 6.1. Программа для расчета теплотерь. – SANKOM Sp. z o.o. Warszawa, 2014. – 687 с.
11. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканава и др.; под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1990. – 344 с. – (Справочник проектировщика).