

## РОЗРАХУНОК ПРОЕКТНОГО ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЗА ЄВРОПЕЙСЬКОЮ ТА ВІТЧИЗНЯНОЮ МЕТОДИКАМИ

**Проценко С.Б.**, к.т.н., доцент,  
**Новицька О.С.**, к.т.н., доцент,  
**Ковальчук В.П.**, магістр,

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
vira\_kovalchuk@ukr.net*

**Анотація.** На прикладі житлового будинку з опалюваним цокольним поверхом у м. Рівне виконано розрахунок проектної теплової навантаженні системи опалення за методикою СНиП 2.04.05-91\* та за європейським стандартом EN 12831 за допомогою програми Audytor OZC 6.1. Проаналізовані результати розрахунку всіх складових проектних втрат тепла опалюваного простору за рахунок теплопередачі через огороження: з опалюваного простору до навколишнього середовища через оболонку будівлі, з опалюваного простору до навколишнього середовища через суміжні неопалювані простори, з опалюваного простору в навколишнє середовище через неопалюваний простір та з опалюваного простору до ґрунту. Також проаналізовані значення розрахунку проектних вентиляційних втрат тепла. Визначені та проаналізовані проектне теплове навантаження опалювальних приладів та проектне теплове навантаження будинку з опалюваним та неопалюваним підвалом. Розрахунки проектної теплової навантаженні систем опалення будинку показують, що результати обчислень за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 є достатньо близькими. Результати обчислень значною мірою залежать від вибраного методу та параметрів розрахунків.

**Ключові слова:** тепловтрати, теплопередача через ґрунт, опір теплопередачі, комп'ютерне моделювання, опалюваний простір, вентиляційні втрати тепла, сумарне теплове навантаження.

## РАСЧЕТ ПРОЕКТНОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ПО ЕВРОПЕЙСКОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТОДИКАМИ

**Проценко С.Б.**, к.т.н., доцент,  
**Новицкая О.С.**, к.т.н., доцент,  
**Ковальчук В.П.**, магістр,

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
vira\_kovalchuk@ukr.net*

**Аннотация.** На примере жилого здания с отапливаемым цокольным этажом в г. Ровно выполнен сравнительный анализ результатов расчета проектной тепловой нагрузки системы отопления по методике СНиП 2.04.05-91 \* и по европейскому стандарту EN 12831 с помощью программы Audytor OZC 6.1. Проанализированы результаты расчетов всех составляющих проектных потерь тепла отапливаемого пространства за счет теплопередачи через ограждения: из отапливаемого пространства в окружающую среду через оболочку здания, из отапливаемого пространства в окружающую среду через смежные неотапливаемые пространства, из отапливаемого пространства в окружающую среду через неотапливаемое пространство и из отапливаемого пространства в ґрунт. Также проанализированы значения расчета проектных вентиляционных потерь тепла. Рассчитаны и проанализированы проектная тепловая нагрузка отопительных приборов и проектная тепловая нагрузка здания с отапливаемым и неотапливаемым подвалом. Расчеты проектной тепловой нагрузки систем отопления дома показывают, что результаты вычислений по СНиП

2.04.05-91 \* и по EN 12831 достаточно близки. В значительной степени результаты вычислений зависят от выбранного метода и параметров расчетов.

**Ключевые слова:** теплопотери, теплопередача через грунт, сопротивление теплопередачи, компьютерное моделирование, отапливаемое пространство, вентиляционные потери тепла, суммарная тепловая нагрузка.

## CALCULATION OF DESIGN HEAT LOADING OF BUILDING HEATING SYSTEMS BY EUROPEAN AND DOMESTIC METHODS

**Protsenko S.B.**, PhD., Assistant Professor,

**Novytska O.S.**, PhD., Assistant Professor,

**Kovalchuk V.P.**, master of degree,

*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

*vira\_kovalchuk@ukr.net*

**Abstract.** On the example of the residential building with a heated basement floor in Rivne, the design heat load of heating system was calculated using national standard SNiP 2.04.05-91 \* and according to European standard EN 12831 using program Audytor OZC 6.1. The calculation results of all components of the design heat transmission losses for heating spaces through all building envelopes are analyzed: from the heated space to the exterior through the building envelope, from the heated space to the exterior through the neighbouring heated spaces, from the heated space to the exterior through the unheated space and from the heated space to the ground. The values of ventilation heat losses calculations were also analyzed. The design heat load of the heaters and the design heat load of the building with heated and unheated basement are calculated and analyzed. Calculation results of the design heat load of the building heating systems computed by SNiP 2.04.05-91 \* and EN 12831 are close enough. The results of computations substantially depend on the chosen method and the calculation parameters.

**Keywords:** heat losses, ground transmission, heat loss coefficient, thermal resistance, computer simulation, heated space, ventilation heat losses, total design, heat load.

**Введення.** Пунктом 6.3.4 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [1], що набули чинності в Україні з 1 січня 2014 р., передбачена вимога виконання розрахунку теплового навантаження систем опалення будівель за методикою європейського стандарту EN 12831 [2]. В роботі [3] були проаналізовані основні положення європейської методики та 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 роботі [5] були більш детально розглянуті особливості розрахунку за європейською та вітчизняною методиками витрат тепла на нагрівання вентиляційного повітря та тепловтрат через зовнішні огороження, а в роботі [6] – через огороження, що прилягають до ґрунту.

**Метою даної роботи** є узагальнення досліджень щодо особливостей виконання розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення за європейською та вітчизняною методиками на прикладі багатоквартирного житлового будинку в м. Рівне.

**Дослідження виконані** з використанням тривимірної комп'ютерної моделі 9-поверхового 72-квартирного житлового будинку з опалюваним цоколем поверхом та горищем в освітній версії програми Audytor OZC 6.1 [7]. У цій програмі можна виконувати розрахунки за різними нормативними вимогами, включаючи європейські і вітчизняні, змінювати параметри та методики виконання розрахунків, швидко виконувати трудомісткі обчислення й отримувати детальні звіти з результатами розрахунків для їх аналізу. Програма Audytor OZC 6.1 була надана польською компанією SANKOM Sp. z o.o кафедрі теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки НУВГП у навчально-дослідницьких цілях.

Найбільш характерними параметрами розрахунків за порівнюваними методиками, що суттєво впливають на отримані результати, є способи визначення втрат тепла за рахунок теплопередачі через зовнішні огороження будівлі та витрат тепла на нагрівання вентиляційного повітря. Іншими факторами, що також можуть позначатися на загальних результатах, є різниця у підходах до урахування впливу на теплопередачу теплових мостів, вітру та висотного розташування приміщень.

Відповідно до розрахункових методик тепловтрати опалюваного приміщення (або «простору» за EN 12831) обчислюють як суму втрат тепла за рахунок теплопередачі через огороження (або трансмісійних втрат тепла) та витрат теплоти на нагрівання вентиляційного повітря. За EN 12831 вираз для визначення повних проектних втрат тепла опалюваного простору  $\Phi_i$ , Вт, має такий вигляд:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, \quad (1)$$

де  $\Phi_{T,i}$  – проектні втрати тепла опалюваного простору за рахунок теплопередачі через огороження, Вт;  $\Phi_{V,i}$  – проектні вентиляційні втрати тепла опалюваного простору, Вт.

Тепловий потік для кожного елемента огорожувальної конструкції (або *тепловтрати за рахунок теплопередачі*)  $Q_A$ , Вт, згідно з п. 3 дод. 12\* СНиП 2.04.05-91\* визначають за формулою:

$$Q_A = \frac{1}{R} A \cdot (t_B - t_3) \cdot (1 + \Sigma b) \cdot n, \quad (2)$$

де  $A$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;  $R$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;  $t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, або температура повітря суміжного приміщення, якщо вона більше ніж на 3°С відрізняється від температури того приміщення, для якого виконують розрахунок, °С;  $n$  – коефіцієнт, що приймається залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря;  $b$  – додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат, що враховуються для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень: а) залежно від напрямку, швидкості та повторюваності вітру в січні; б) для нижніх поверхів будинків висотою 10 і більше поверхів.

Розрахунок проектних втрат тепла опалюваного простору за рахунок теплопередачі  $\Phi_{T,i}$ , Вт, відповідно до EN 12831 визначається за виразом:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,iue} + N_{T,ij} + N_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (3)$$

де  $N_{T,ie}$  – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до навколишнього середовища через оболонку будівлі, Вт/К;  $N_{T,iue}$  – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до навколишнього середовища через суміжні неопалювані простори, Вт/К;  $N_{T,ij}$  – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до суміжного опалюваного простору з іншою внутрішньою температурою в тій самій частині будинку або в прилеглому будинку, Вт/К;  $N_{T,ig}$  – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до ґрунту у сталих умовах, Вт/К;  $\theta_{int,i}$  – проектна внутрішня температура опалюваного простору, °С;  $\theta_e$  – проектна зовнішня температура, °С.

Найсуттєвішими відмінностями обох підходів при визначенні тепловтрат за рахунок теплопередачі з опалюваного приміщення до навколишнього середовища через оболонку будівлі є необхідність урахування додаткових втрат теплоти на вітер і на поверховість будинку за вітчизняною методикою та необхідність урахування впливу лінійних теплових мостів за європейською методикою. Результати розрахунку тепловтрат за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 з урахуванням теплових мостів показали, що тепловтрати, які були визначені за EN 12831, менші за обчислені відповідно до СНиП 2.04.05-91\* на величину до 10 %. Натомість урахування теплових мостів спрощеним методом (за додатком D.4.1 EN 12831 [2]) призводить до більших у середньому на 15 % розрахункових тепловтрат.

Згідно зі стандартом EN 12831, *температуру в суміжному опалюваному приміщенні*  $\theta_j$  слід приймати згідно з його призначенням тільки в тому випадку, якщо обидва приміщення

належать до однієї групи приміщень (наприклад, до тієї самої квартири). В іншому випадку температуру приймають як середнє арифметичне значень проектної внутрішньої температури  $\theta_{int,i}$  та середньої річної зовнішньої температури  $\theta_{m,e}$ . Якщо суміжне приміщення належить до окремого прилеглого будинку, то в розрахунку температуру  $\theta_j$  приймають рівною середній річній зовнішній температурі  $\theta_{m,e}$ . Відповідно до п. 5.3 ДБН В.2.5-67:2013 [1] в житлових будинках допускається приймати температуру повітря нижчою не більше ніж на 4°C від нормованої температури. Додаткові втрати тепла до суміжних приміщень в інших групах (квартирах) враховують лише при розрахунку проектного теплового навантаження окремих приміщень з метою визначення потрібної потужності опалювальних приладів.

У випадку центрального регулювання тепlopостачання результати розрахунків за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 є практично однаковими. У випадку індивідуального (поквартирного) регулювання теплоспоживання за методикою EN 12831 додаткові втрати тепла до сусідніх квартир через внутрішні стіни та міжповерхові перекриття склали для будинку 86 % від загальних тепловтрат, а за ДБН В.2.5-67:2013 [1] – 54 %.

Європейський стандарт EN 12831 регламентує порядок розрахунку теплового потоку за рахунок теплопередачі з опалюваного простору в навколишнє середовище через неопалюваний простір. За вітчизняною методикою розраховують температуру неопалюваного приміщення за балансом надходжень та втрат тепла й обчислюють за формулою (2) теплові потоки через внутрішні і зовнішні огороження. Результати розрахунків втрат тепла за рахунок теплопередачі через перекриття з житлових кімнат верхнього поверху до неопалюваного горища та з кімнат нижнього поверху до неопалюваного підвалу за обома методиками є достатньо близькими. Більша різниця у результатах спостерігається при виконанні обчислень за спрощеною методикою – за додатком D.4.2 EN 12831 – від 20 до 50 %.

Порівняння результатів розрахунку втрат тепла за рахунок теплопередачі через огороження для всього будинку (рис. 1) показує, що значення втрат тепла через зовнішні стіни, двері та вікна за обома методиками є майже однаковими. Значення втрат тепла за вітчизняною методикою є більшими для перекриття до горища на 14 %, проте меншими для перекриття до підвалу на 14 % і удвічі меншими для покрівлі, що можна пояснити різними підходами щодо визначення тепловтрат з опалюваного простору назовні через неопалюваний простір.

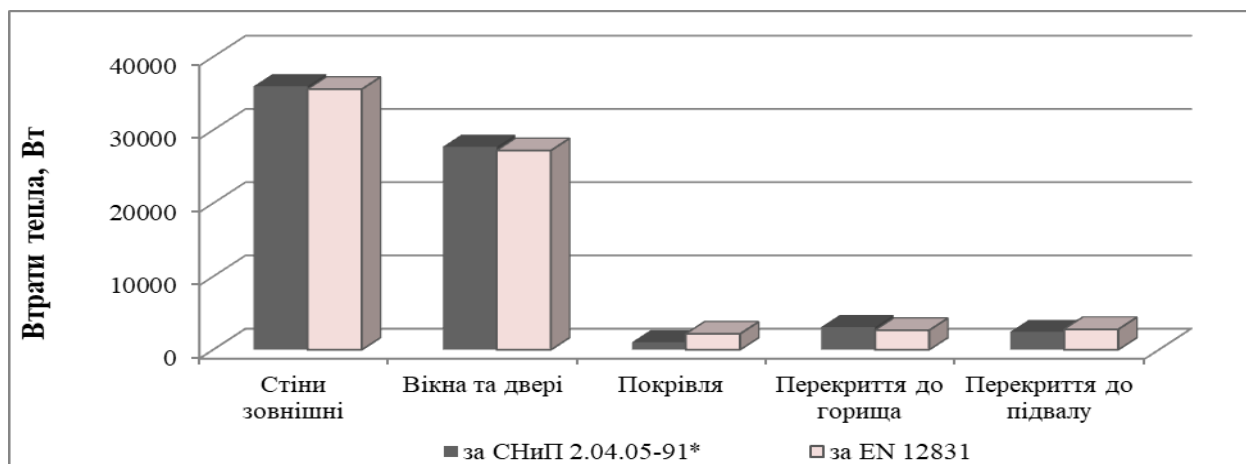


Рис.1. Порівняння результатів розрахунку втрат тепла за рахунок теплопередачі через огороження для всього будинку

**Методики розрахунку тепловтрат через огороження, що прилягають до ґрунту,** мають відмінності в теоретичних підходах. Так, згідно з європейськими стандартами EN ISO 13370 [8] та EN 12831 [2], ключовим показником для визначення втрат тепла через підлогу по ґрунту є характеристичний розмір підлоги  $B'$ , м, який визначають за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (4)$$

де  $A$  – площа підлоги,  $m^2$ ;  $P$  – периметр підлоги, м.

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:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w, \quad (5)$$

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,  $m^2$ ;  $G_w$  – коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод.

Згідно з вітчизняною методикою, яка викладена, зокрема, в літературі [9], 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  $R_{HV}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$ , 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.

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 (рис. 2), 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.

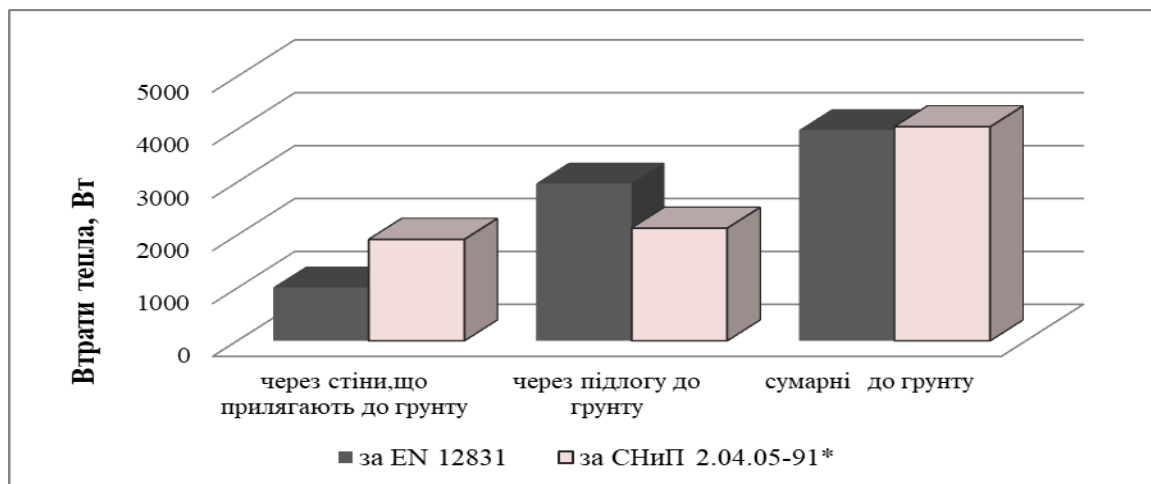


Рис. 2. Результати розрахунку проектних втрат тепла до ґрунту для будинку

При визначенні проектних вентиляційних втрат тепла за EN 12831 враховують мінімальне значення повітрообміну відповідно до гігієнічних вимог та витрату тепла на нагрівання повітря, що інфільтрується через оболонку будинку, та з двох величин вибирають більшу. При цьому стандарт EN 12831 посилається на детальну методику визначення об'ємної витрати повітря, що викладена в prEN 13465 [10], та наводить спрощені розрахункові залежності. У додатку D.5.1 EN 12831 [2] наводяться рекомендовані мінімальні кратності повітрообмінів, які слід застосовувати за відсутності національних вимог щодо цих значень (приміром, 0,5 для житлових кімнат, 1,5 для кухонь та ванних кімнат з вікном). Стандартом EN 12831 не передбачений розрахунок втрат теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у входні вестибюлі та сходові клітки через зовнішні двері.

Результати розрахунків вентиляційних втрат тепла, що були обчислені за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 за прийнятої кратності повітрообміну в житлових кімнатах і кухнях 1,0, є однаковими. Дуже близькі між собою результати розрахунків за СНиП 2.04.05-91\* з кратністю повітрообміну 0,8 та за EN 12831 з кратністю повітрообміну в кімнатах 0,5 та в кухнях 1,5.

Розрахунки *проектного теплового навантаження опалювальних приладів* показують, що найбільш близькими (різниця значень до 5 %) є результати обчислень за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 у випадку індивідуального регулювання тепlopостачання з обмеженням внутрішньої температури в суміжних приміщеннях інших квартир до 16°C. Відхилення результатів розрахунку за СНиП 2.04.05-91\* та за методикою EN 12831 у випадку індивідуального регулювання тепlopостачання без обмеження внутрішньої температури в суміжних приміщеннях інших квартир становлять до 14 %. Найбільше відрізняються результати обчислень у випадку центрального регулювання тепlopостачання, які до 17 % є більшими за СНиП 2.04.05-91\*.

*Сумарне проектне теплове навантаження для будинку з опалюваним підвалом* є більшим на майже 20 %, порівняно з розрахунком за EN 12831, що пов'язано з більшими значеннями вентиляційних втрат тепла  $\Phi_v$  за рахунок рекомендованих значень повітрообміну (рис. 3). Результати розрахунків проектних втрат тепла за рахунок теплопередачі  $\Phi_T$  є майже однаковими. Для будинку з неопалюваним підвалом значення проектного теплового навантаження мають невелику різницю, враховуючи те, що проектні втрати тепла за рахунок теплопередачі  $\Phi_T$  є більшими за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 4).

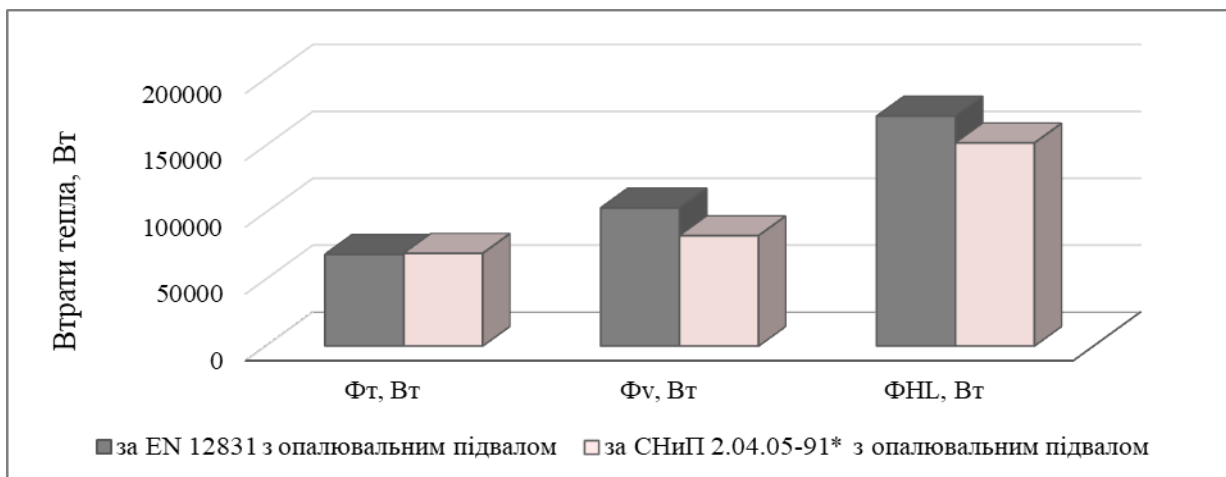


Рис. 3. Результати розрахунку проектного теплового навантаження для будинку з опалюваним підвалом

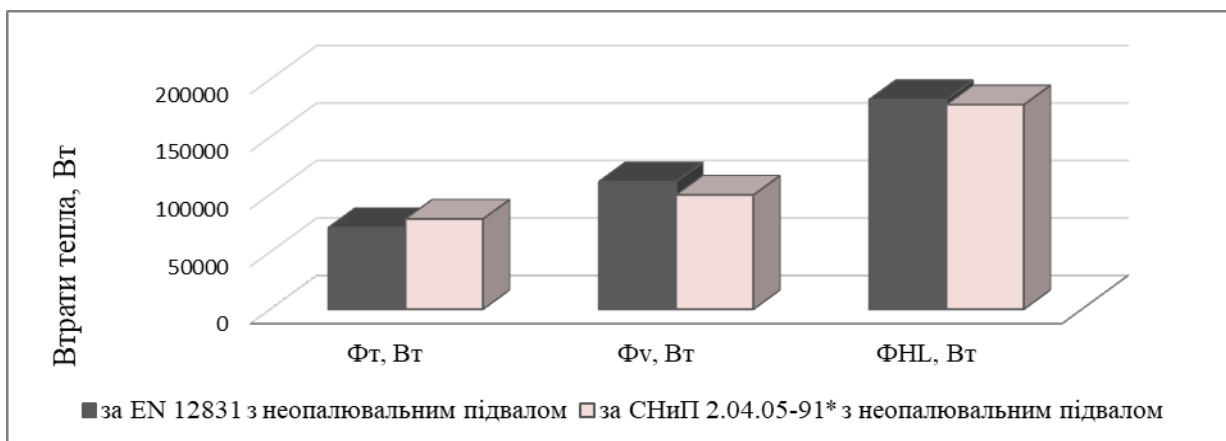


Рис. 4. Результати розрахунку проектного теплового навантаження для будинку з неопалюваним підвалом

**Висновки та перспективи подальших досліджень:** результати розрахунку проектного теплового навантаження системи опалення будинку за вітчизняною та за європейською методиками є достатньо близькими. Значною мірою результати обчислень залежать від вибраного методу та параметрів розрахунків. Найбільш подібними є результати розрахунків втрат тепла через зовнішні і внутрішні огороження та вентиляційних втрат тепла. Найбільше відрізняються результати розрахунків тепловтрат при урахуванні впливу лінійних теплових мостів за спрощеною методикою (за додатком D.4.1 EN 12831), а також при визначенні втрат тепла з опалюваного простору назовні через неопалюваний простір. 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  $\pm 40-50\%$ .

Описаний у даній роботі метод комп'ютерного моделювання будівель з метою їх теплотехнічного розрахунку планується застосувати при розробці «Методики розрахунку кількості теплоти, спожитої на опалення місць загального користування багатоквартирних будинків», зокрема, при визначенні квартирних коефіцієнтів тепловтрат та частки витрат тепла на опалення, що припадають на місця загального користування.

### Література

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.
2. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76 с.
3. Проценко С.Б. Аналіз нових нормативних вимог до розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель / С.Б. Проценко, О.С. Новицька // Вісник НУВГП. 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. – Вип. 844. Серія: Теорія і практика будівництва. – Львів, В-во Львівської політехніки, 2016. – С. 169-179.
6. Проценко С.Б. Порівняння результатів розрахунку тепловтрат через огороження, що прилягає до ґрунту, за європейською та вітчизняною методиками / С.Б. Проценко, О.С. Новицька, В.П. Ковальчук // Студентський вісник НУВГП. – Вип. 1 (7). – Рівне, НУВГП, 2017. – С. 10-13.
7. Audytor OZC. Версія 6.1. Програма для расчета теплотерь. – SANKOM Sp. z o.o. Warszawa, 2014. – 687 с.
8. EN ISO 13370:2007. Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods. – Brussels: CEN, 2007. – 48 с.
9. 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. Старовойта и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с. – (Справочник проектировщика).
10. prEN 13465 Ventilation for buildings – Calculation methods for the determination of air flow rates in dwellings. – CEN, 2006. – 26 с.

Стаття надійшла 27.10.2017