

С. Б. Проценко, О. С. Новицька, В. П. Ковальчук  
Національний університет водного господарства та природокористування,  
кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЗА ЄВРОПЕЙСЬКОЮ ТА ВІТЧИЗНЯНОЮ МЕТОДИКАМИ (НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. РІВНЕ)

© Проценко С. Б., Новицька О. С., Ковальчук В. П., 2016

Виконано порівняльний аналіз результатів розрахунку проектного теплового навантаження системи опалення багатоквартирного житлового будинку в м. Рівне за методикою СНиП 2.04.05-91\* та за європейським стандартом EN 12831 за допомогою програми Audytor OZC 6.1. Детальніше розглянуто результати розрахунку опорів теплопередачі непрозорих огорожень будинку, обчислених за EN ISO 6946 та за ДБН В.2.6-31:2006; втрати тепла внаслідок теплопередачі через зовнішні огороження та з опалюваного простору до суміжних приміщень через внутрішні огороження; з опалюваного простору до навколишнього середовища через неопалюваний простір; сумарних втрат тепла внаслідок теплопередачі, вентиляційних втрат тепла та сумарної теплової потужності для опалюваних приміщень окремих поверхів будинку. Розрахунки проектного теплового навантаження опалювальних приладів показують, що найбільш близькими 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 °С, а найбільше відрізняються у випадку центрального регулювання тепlopостачання.

**Ключові слова:** проектне теплове навантаження, опалюваний простір, втрати тепла за рахунок теплопередачі, вентиляційні втрати тепла, сумарне теплове навантаження.

The paper reflects the comparative analysis of calculation results of the design heat load of heating systems of multi-storeyed building in Rivne according to European Norms EN 12831 and Building Norms SNIP 2.04.05-91\*. The design heat load of heating systems was fulfilled due to these methods by program Audytor OZC 6.1. The paper shows in detail the comparative analysis of calculation results of thermal resistance transmission of opaque building elements calculated by EN ISO 6946 and DBN B.2.6-31:2006; transmission heat losses to the exterior and from heated space to a neighbouring heated space at a different temperature; through unheated space between heated space and exterior; total design transmission and ventilation heat losses, total design heat load for heated spaces of each building floor. The calculation results of design heat load for heaters shows that the most close results calculated by EN 12831 and SNIP 2.04.05-91\* are in case of individual heating systems (with internal temperature of neighbouring spaces up to 16 °C) and the most differing are for central heating systems.

**Key words:** design heat load, heated space, transmission heat losses, ventilation heat losses, total design heat load.

**Постановка проблеми.** Інтеграція України в єдиний європейський соціально-економічний простір вимагає гармонізації вітчизняної нормативної бази із зарубіжною, зокрема у галузі проектування інженерних систем будівель. Значним кроком уперед при вирішенні цього завдання стало запровадження в Україні 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] (який на час написання статті перебував на стадії розгляду і затвердження у форматі державного стандарту України ДСТУ Б EN 12831). У роботі [3] автори детально проаналізували основні положення нової методики порівняно 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. Слід зазначити, що хоча відмінності теоретичних підходів європейської та вітчизняної методик достатньо зрозумілі, залишається відкритим питання про те, наскільки суттєво відрізняються результати розрахунків, виконаних за вищезгаданими методиками, і як це впливає на прийняття проектних рішень.

**Мета роботи** – виконання порівняльного аналізу результатів розрахунків проектного теплового навантаження систем опалення за європейською та вітчизняною методиками на прикладі багатоквартирного житлового будинку, що зводиться у кліматичних умовах (м. Рівне).

**Методика проведення досліджень.** Виконання розрахунків передбачене з використанням тривимірної комп'ютерної моделі 9-поверхового 72-квартирного житлового будинку з підвалом і горищем в освітній версії програми Audytor OZC 6.1 [5], що була надана в навчально-дослідницьких цілях кафедрі теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки НУВГП компанією SANKOM Sp. z o.o. Комп'ютерна модель будинку містила 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 для проведення досліджень комп'ютерної програми Audytor OZC 6.1 зумовлений тим, що вона дозволяє виконувати розрахунки за різними нормативними вимогами, включаючи європейські і вітчизняні, гнучко змінювати параметри та методики виконання розрахунків, швидко робити складні та трудомісткі обчислення й отримувати детальні звіти з результатами розрахунків для їх всебічного аналізу.

**Порівняння результатів розрахунку теплового навантаження за різними методиками.** На відміну від вітчизняної нормативної бази, де використовується поняття “приміщення”, європейський стандарт EN 12831 оперує терміном “простір”, під яким розуміють обмежену будівельними конструкціями частину будинку. Поняття простору ширше, ніж поняття приміщення, оскільки не кожний простір є приміщенням (так, приміром, підпілля не належать до приміщень, але є простором). Розрізняють простори опалювані, в яких проектну температуру забезпечують опалювальні прилади, та простори неопалювані, в яких температура формується за рахунок балансу втрат тепла до навколишнього середовища та надходжень тепла із суміжних опалюваних просторів.

Як за європейською, так і за вітчизняною методиками 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. У варіанті EN 12831 вираз для визначення повних проектних втрат тепла опалюваного простору  $\Phi_i$  має такий вигляд:

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

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.

Згідно з п. 3 дод. 12\* СНиП 2.04.05-91\* тепловий потік для кожного елемента огорожувальної конструкції (або *тепловтрати за рахунок теплопередачі*) визначають за формулою

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

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, який приймають залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно 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 заввишки 10 і більше поверхів.

Стандарт EN 12831 пропонує такий вираз для розрахунку проектних втрат тепла опалюваного простору внаслідок теплопередачі:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}) \cdot (q_{int,i} - q_e), \text{ Вт}, \quad (3)$$

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

При розрахунку трансмісійних втрат тепла за методикою СНиП 2.04.05-91\* у формулі (2) фігурує розрахункова **температура внутрішнього повітря**  $t_B$ , натомість за європейським стандартом у розрахункових залежностях, зокрема у формулі (3), використовують **результуючу температуру**  $\theta_{int,i}$ , що дорівнює середньому арифметичному значень температури внутрішнього повітря та середньої радіаційної температури. У приміщеннях, де відсутні нагріті або охолоджені поверхні, що зазвичай має місце в житлових і громадських будівлях, результуюча температура і температура внутрішнього повітря практично однакові, тому для таких приміщень зазначена відмінність у формулах (2) і (3) не має суттєвого впливу на результати розрахунків.

Значення коефіцієнта втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до навколишнього середовища  $H_{T,ie}$  у формулі (3) визначають за виразом

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l U_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ Вт/К}, \quad (4)$$

де  $A_k$  – площа огороження, м<sup>2</sup>;  $U_k$  – коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $U_l$  – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплового мосту, Вт/(м·К);  $l_l$  – довжина лінійного теплового мосту, м;  $e_k, e_l$  – поправкові коефіцієнти на орієнтацію огороження з урахуванням впливів таких факторів, як: тип ізоляції, здатність елементів будівлі до абсорбції вологи, швидкість вітру, температура повітря. За відсутності національних вимог значення поправкових коефіцієнтів  $e_k$  та  $e_l$  приймають за додатком D.4.1 EN 12831 [2] рівними 1,0.

Європейський стандарт EN 12831 не містить однозначних вказівок щодо способу вимірювання **розмірів огорожень** будинку, натомість він обмежується такими рекомендаціями [2, п. 6.3]:

- вибір способу вимірювання розмірів огорожень має бути чітко окреслений;
- у розрахунках необхідно враховувати втрати тепла через всю поверхню зовнішніх огорожень;
- прийнятий спосіб вимірювання розмірів огорожень має застосовуватися строго без змін у всіх обчисленнях.

Відтак, традиційний для вітчизняної практики спосіб визначення розмірів огорожень (що наведено, приміром, у літературі [6, с. 35]) не суперечить вимогам EN 12831 і може бути застосований в обох методиках.

Згідно з вимогами п. 7.1.1 європейського стандарту EN 12831 розраховують **коефіцієнт теплопередачі**  $U_k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), для непрозорих елементів огорожень будівель з методикою, яку викладено в міжнародному стандарті EN ISO 6946 [7].

Вітчизняну методику розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, що є величиною, оберненою до коефіцієнта теплопередачі  $U_k$ , викладено в обов'язковому додатку И ДБН В.2.6-31:2006 “Теплова ізоляція будівель” [8].

Обидва підходи не мають принципових відмінностей, окрім значень опору тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, що входить до формули для визначення опору теплопередачі огороження  $R$ . Так, за табл. 1 EN ISO 6946 [7] цей опір дорівнює  $0,10 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  при передачі тепла догори,  $0,17 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  – при передачі тепла донизу та  $0,13 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  – при передачі тепла в горизонтальному напрямку. Натомість, згідно з дод. Е ДБН В.2.6-31:2006 [8], коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_B$  внутрішньої поверхні зовнішніх стін, дахів, покриттів та перекриттів не залежить від напрямку передачі тепла і для плоских огорожень дорівнює  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , що відповідає опору тепловіддачі  $R_B = 0,115 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ .

Через цю відмінність у прикладі, що розглядався, значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій при розрахунку за вітчизняною методикою дещо відрізнялися від обчислених за європейськими нормами (рис. 1). Так, обчислені за ДБН В.2.6-31:2006 опори теплопередачі були меншими для конструкцій з передачею тепла донизу і в горизонтальному напрямку (на  $0,1 \%$  для зовнішніх стін, на  $3,9$  та  $6,5 \%$  – для внутрішніх стін і перегородок, на  $5,6 \%$  – для міжповерхових перекриттів) та більшими при передачі тепла догори (на  $0,6 \%$  для горіщого перекриття і на  $0,9 \%$  для покрівлі).

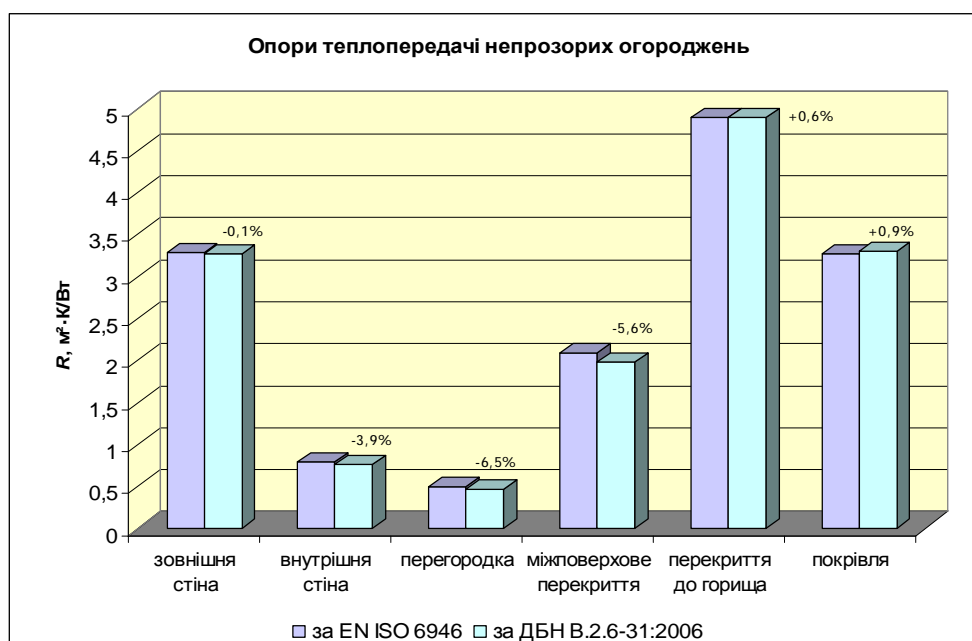


Рис. 1. Порівняння опорів теплопередачі непрозорих огорожень будинку, обчислених за EN ISO 6946 та за ДБН В.2.6-31:2006

Отже, якщо йдеться про визначення тепловтрат завдяки теплопередачі з опалюваного приміщення назовні через оболонку будівлі, то найбільш суттєвими відмінностями обох підходів є:

- необхідність урахування додаткових втрат теплоти на вітер та на поверховість будинку за вітчизняною методикою;
- необхідність урахування впливу лінійних теплових мостів за європейською методикою.

Згідно з вимогами EN 12831, **коефіцієнт теплопередачі лінійного теплового мосту**  $\psi_1$  визначають розрахунком за EN ISO 10211-2 [9] або за таблицями, що наведені в EN ISO 14683 [10]. Теплові мости також допускається враховувати спрощеним методом, який полягає в коригуванні значення коефіцієнта теплопередачі  $U_k$  за такою формулою:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}), \quad (6)$$

де  $U_{kc}$  – скоригований коефіцієнт теплопередачі огороження з урахуванням лінійних теплових мостів,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ ;  $\Delta U_{tb}$  – коригувальний коефіцієнт, що залежить від типу огороження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , орієнтовні значення якого наведені в додатку D.4.1 EN 12831 [2]. Перевагою спрощеної методики

розрахунку теплових мостів є простота її застосування, недоліком – значна похибка обчислень, оскільки результат розрахунку в деяких випадках може суттєво відрізнятись від величин, визначених за іншими методиками.

На рис. 2 наведено порівняння результатів визначення втрат тепла внаслідок теплопередачі через зовнішні огороження для кутового опалюваного приміщення (житлової кімнати) з трьома зовнішніми стінами.

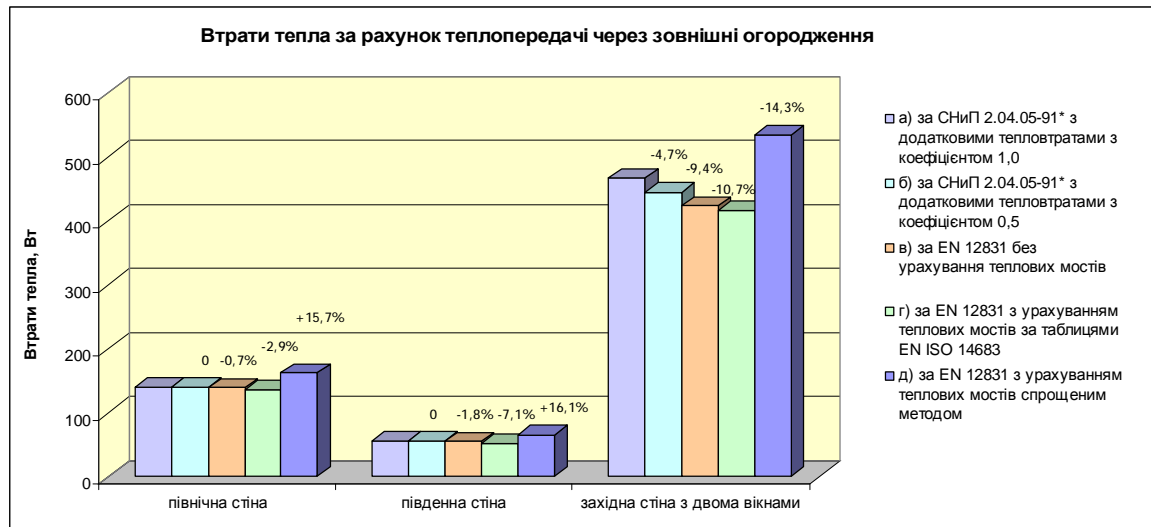


Рис. 2. Порівняння результатів розрахунку втрат тепла за рахунок теплопередачі через зовнішні огороження для кутової кімнати

Як бачимо, результати розрахунку тепловтрат для північної і південної стін приміщення за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 2, а) та за EN 12831 без урахування лінійних теплових мостів (рис. 2, в) дуже близькі, невеличке зменшення тепловтрат за EN 12831 (на 0,7–1,8 %) спричинене різними значеннями опору теплопередачі зовнішньої стіни за цими методиками (див. вище). Натомість для західної стіни, згідно з вимогами СНиП 2.04.05-91\*, враховано додаткові втрати тепла (в розмірі 0,1 від основних) через вплив західного вітру, що в м. Рівне дме в січні з повторюваністю понад 15 % і з середньою швидкістю понад 5 м/с, тому тепловтрати вийшли на 9,4 % більшими, ніж за європейськими нормами без урахування лінійних теплових мостів.

Водночас слід зазначити, що В. Ф. Гершкович, автор “Посібника з проектування систем водяного опалення до СНиП 2.04.05-91” [11], у коментарях до цього посібника зазначав, що наведені у СНиП 2.04.05-91\* значення коефіцієнтів додаткових втрат теплоти  $b$  “не враховують можливості застосування сучасних вікон з герметичним плетінням, для яких величину  $b$  рекомендується приймати з коефіцієнтом 0,5”. Якщо врахувати цю рекомендацію, то тепловтрати через західну стіну з двома вікнами за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 2, б) перевищуватимуть тепловтрати за EN 12831 (рис. 2 в) на 4,7 %.

При урахуванні лінійних теплових мостів за таблицями EN ISO 14683 [10] (у приміщенні, що розглядається, це наріжні кути будинку із зовнішньою теплоізоляцією типу С1 з коефіцієнтом теплопередачі  $\psi_1 = -0,05$  Вт/(м·К)) тепловтрати менші за обчислені за СНиП 2.04.05-91\* на 2,9-9,7 % (рис. 2 г). Натомість урахування теплових мостів спрощеним методом за додатком D.4.1 EN 12831 [2] призводить до суттєво більших (на 14,3–16,1 %) розрахункових тепловтрат (рис. 2 д).

Підходи щодо визначення *теплопередачі з опалюваного простору до суміжних приміщень* за вітчизняною та європейською методиками суттєво різняться.

Так, за СНиП 2.04.05-91\* тепловий потік через огорожувальні конструкції до суміжного опалюваного чи неопалюваного приміщення визначають за різниці розрахункових температур у даному та суміжному приміщеннях понад 3 °С за формулою (2).

Європейський стандарт EN 12831 регламентує порядок розрахунку теплового потоку завдяки теплопередачі з **опалюваного простору до суміжного опалюваного простору** за суттєвої (але не вказано, за якої саме) різниці температур у цих просторах. Коефіцієнт  $H_{T,ij}$ , що входить до формули (3) і враховує втрати тепла внаслідок теплопередачі з опалюваного простору до суміжного опалюваного простору з іншою температурою  $\theta_j$ , обчислюють за таким виразом:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ Вт/К}, \quad (7)$$

де  $f_{ij}$  – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між температурою суміжного опалюваного простору  $q_j$  та проектною зовнішньою температурою  $\theta_e$  і може бути обчислений за виразом

$$f_{ij} = (q_{int,i} - q_j) / (q_{int,i} - q_e). \quad (8)$$

Згідно зі стандартом EN 12831, температуру в суміжному опалюваному приміщенні  $q_j$  слід приймати на підставі його призначення (тобто за нормами) тільки в тому випадку, якщо обидва приміщення належать до однієї групи приміщень (наприклад, до тієї самої квартири). Якщо ж суміжне приміщення належать до іншої групи і є можливість індивідуального регулювання внутрішньої температури у групах, то при обчисленні втрат тепла в суміжному приміщенні приймають середнє арифметичне значень проектної внутрішньої температури  $q_{int,i}$  та середньої річної зовнішньої температури  $q_{m,e}$ . Натомість, якщо суміжне приміщення належить до окремого прилеглого будинку, то в розрахунку температуру  $\theta_j$  приймають рівною середній річній зовнішній температурі  $q_{m,e}$ .

На рис. 3 наведено результати обчислень теплового потоку завдяки теплопередачі через внутрішні огороження (стіни, міжповерхові перекриття) з кухні до незадимлюваної сходової клітки типу Н1 та з житлової кімнати до кімнати, що належить до іншої квартири.

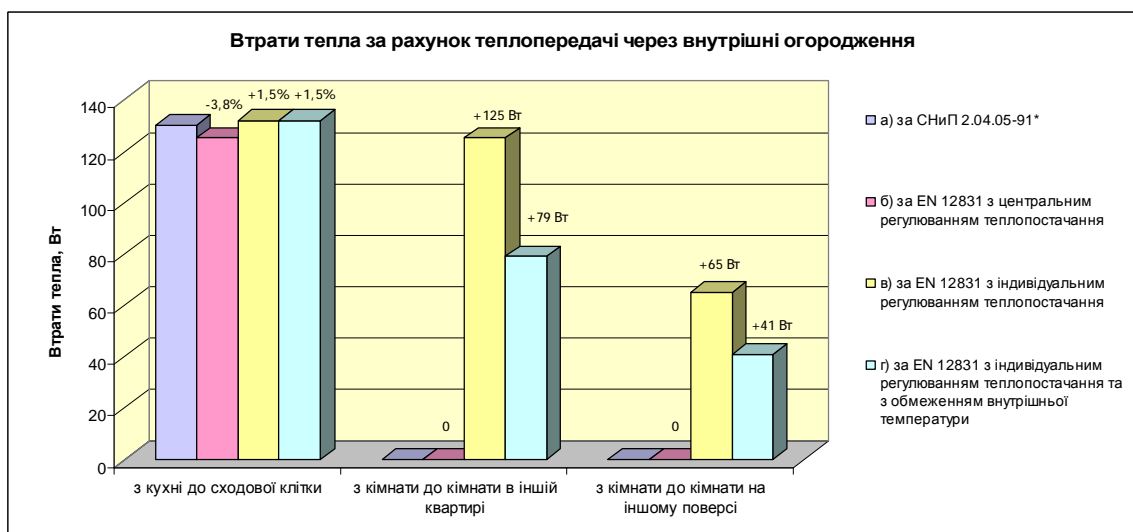


Рис. 3. Порівняння результатів розрахунку втрат тепла завдяки теплопередачі через внутрішні огороження з кухні до сходової клітки та з кімнати до кімнати в іншій квартирі

Як бачимо, результати розрахунків за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 3, а) та за EN 12831 у випадку центрального регулювання теплопостачання (рис. 3, б) є практично однаковими, невеличка різниця знову ж таки зумовлена різними значеннями опору теплопередачі внутрішніх огорожень (див. вище). Перетоки тепла між суміжними кімнатами різних квартир при центральному регулюванні теплопостачання за обома методиками дорівнюють нулю, оскільки внутрішні температури в суміжних приміщеннях у розрахунках приймаються однаковими.

У випадку індивідуального (поквартирного) регулювання теплоспоживання за методикою EN 12831 проектна внутрішня температура в суміжному приміщенні, що належить до іншої квартири,

приймається рівною середньому арифметичному значень проектної внутрішньої температури  $\theta_{int,i}$  та середньої річної зовнішньої температури  $\theta_{m,e}$  (яка для м. Рівне становить 7,3 °С). Відтак у прикладі, що розглядається, проектна внутрішня температура в суміжних приміщеннях дорівнює  $(20 + 7,3) / 2 = 13,7$  °С, а в житловій кімнаті з'являються додаткові втрати тепла до сусідніх квартир через внутрішню стіну та міжповерхові перекриття у розмірі  $125 + 65 \cdot 2 = 255$  Вт, тобто загальні тепловтрати приміщення збільшуються на 86 % (рис. 3 в). Збільшення теплового потоку з кухні до сходової клітки не таке значне і становить лише 7 Вт, або 2 % від загальних тепловтрат, що пояснюється передачею тепла тільки через внутрішню стіну і зміною в розрахунку проектної температури у сходовій клітці типу Н1 з 14 °С до 13,7 °С.

Якщо ж урахувати вимогу п. 5.3 ДБН В.2.5-67:2013 [1] про те, що в холодний період року в опалюваних приміщеннях упродовж періоду їх невикористання в житлових будинках допускається приймати температуру повітря нижчою не більше ніж на 4 °С від нормованої температури, то проектна внутрішня температура в суміжних кімнатах становитиме  $20 - 4 = 16$  °С. Тоді додаткові втрати тепла “до сусідів” у житловій кімнаті збільшуються лише на  $79 + 41 \cdot 2 = 161$  Вт, або на 54 % від загальних тепловтрат (рис. 3, з).

Слід зазначити, що 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. Водночас ці тепловтрати не враховують при розрахунку проектного теплового навантаження всього будинку, яке роблять з метою визначення потрібної потужності джерела теплопостачання, оскільки при опалюванні частини приміщень будівлі з потужністю, меншою за проектну, отримуваний у цьому випадку запас теплової потужності джерела тепла може бути використаний на покриття збільшеної потреби в тепловій енергії суміжних приміщень.

Складною задачею у прикладі, що розглядається, є розрахунок теплового потоку з опалюваних приміщень верхнього поверху через неопалюване горище назовні та з опалюваних приміщень нижнього поверху через неопалюваний підвал до ґрунту та до навколишнього повітря.

У вітчизняній практиці цю задачу розв'язують розрахунком температури неопалюваного приміщення за балансом надходжень та втрат тепла (за дод. Д ДБН В.2.6-31:2006 [8]) й обчислення за формулою (2) теплових потоків через внутрішні і зовнішні огороження.

Європейський стандарт EN 12831 не містить рекомендацій щодо визначення теплового потоку з опалюваного до неопалюваного простору та з неопалюваного простору назовні (у тому числі до ґрунту), натомість він регламентує порядок розрахунку теплового потоку завдяки теплопередачі з **опалюваного простору в навколишнє середовище через неопалюваний простір**. Коефіцієнт  $H_{T,iue}$ , що входить до формули (3) і враховує втрати тепла завдяки теплопередачі з опалюваного простору в навколишнє середовище через неопалюваний простір, обчислюють за виразом:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l Y_l \cdot l_l \cdot b_u, \text{ Вт/К}, \quad (9)$$

де  $b_u$  – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між температурою неопалюваного простору та проектною зовнішньою температурою і може бути визначений одним із таких трьох способів:

– у разі, якщо проектну температуру неопалюваного простору  $q_u$  задано або визначено розрахунком, то:

$$b_u = (q_{int,i} - q_u) / (q_{int,i} - q_e) \quad (10)$$

– у разі, якщо температура неопалюваного простору не відома, але відомі коефіцієнти повних втрат тепла з опалюваного простору до прилеглого неопалюваного простору  $H_{iu}$  та з неопалюваного простору до навколишнього середовища  $H_{ue}$ , то:

$$b_u = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue}). \quad (11)$$

– спрощеним методом – за додатком D.4.2 EN 12831 [2].

Згідно з вимогами EN 12831, коефіцієнти повних втрат тепла  $H_{iu}$  та  $H_{ce}$ , що входять до формули (11), мають враховувати як втрати тепла завдяки теплопередачі, так і вентиляційні втрати тепла. Урахування при визначенні цих коефіцієнтів вентиляційних втрат тепла та втрат тепла неопалюваного простору до ґрунту вимагає застосування дуже складних розрахункових процедур, що не описані в цьому стандарті.

На рис. 4 наведені результати обчислення втрат тепла завдяки теплопередачі через перекриття з житлової кімнати верхнього поверху до неопалюваного горища та з кімнати нижнього поверху до неопалюваного підвалу.

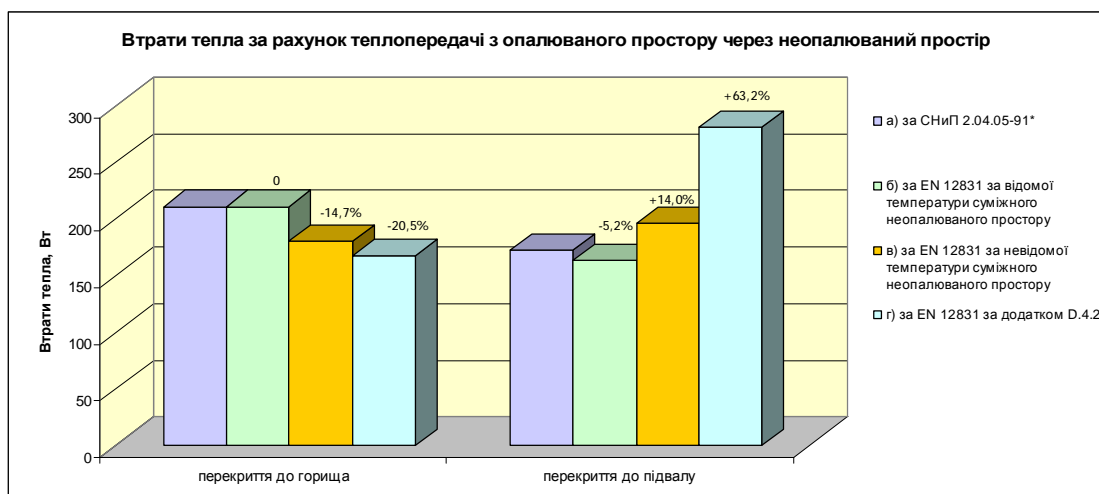


Рис. 4. Порівняння результатів розрахунку втрат тепла завдяки теплопередачі через перекриття з кімнати верхнього поверху до неопалюваного горища та з кімнати нижнього поверху до неопалюваного підвалу

При виконанні розрахунку за вітчизняною методикою значення внутрішньої температури, що були визначені за балансом теплових потоків, становили відповідно  $-16,0$  °C на горищі та  $+8,1$  °C у підвалі. Якщо при виконанні обчислень за EN 12831 скористатися формулою (10), підставивши до неї такі самі значення внутрішніх температур на горищі та в підвалі, то результати розрахунків за обома методиками є достатньо близькими (рис. 4, а, б). Розрахунок коефіцієнта пониження температури  $b_u$  за формулою (11) дає більші відхилення результатів обчислень (рис. 4, в). Ще більша різниця між результатами спостерігається при виконанні обчислень за спрощеною методикою – за додатком D.4.2 EN 12831 [2] (рис. 4, г).

Порівняння результатів розрахунку втрат тепла за рахунок теплопередачі через огороження для всього будинку (рис. 5) показує, що значення втрат тепла через зовнішні стіни, двері та вікна, які було обчислено за вітчизняною методикою, на 1,1–1,8 % перевищують величини, визначені за EN 12831 (через урахування за СНиП 2.04.05-91\* додаткових втрат тепла на вітер). Значення втрат тепла, отримані за вітчизняною методикою, також є більшими для перекриття до горища (на 14,7 %), проте меншими для перекриття до підвалу (на 14,3 %) і більш ніж удвічі меншими для покрівлі (на 110 %), що можна пояснити різними підходами до визначення тепловтрат з опалюваного простору назовні через неопалюваний простір.

Порівняння сумарних втрат тепла завдяки теплопередачі для опалюваних приміщень окремих поверхів будинку свідчить про те, що при урахуванні впливу лінійних теплових мостів за EN 12831 докладним методом (рис. 6, б) тепловтрати, порівняно зі СНиП 2.04.05-91\* (рис. 6, а), є дещо меншими (на 3,6–15,1 %). Натомість, розрахунок за EN 12831 з урахуванням лінійних теплових мостів спрощеним методом (рис. 6, в) порівняно зі СНиП 2.04.05-91\* (рис. 6 а), призводить до збільшення результатів обчислень на 11,4–21,1 % для 1–8 поверхів та до зменшення на 0,6 % для верхнього 9-го поверху.



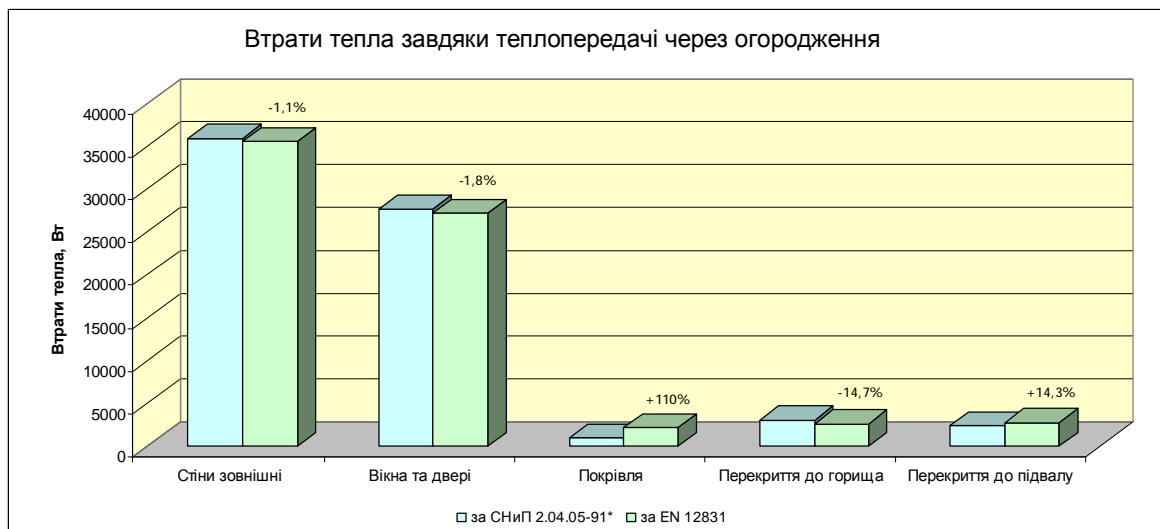


Рис. 5. Порівняння результатів розрахунку втрат тепла завдяки теплопередачі через огороження для всього будинку

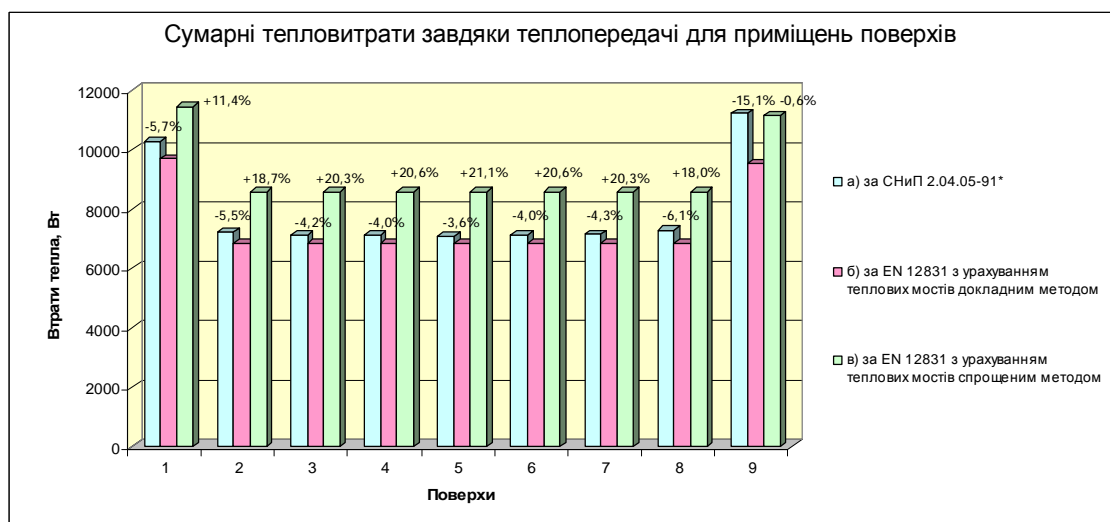


Рис. 6. Порівняння результатів розрахунку сумарних втрат тепла завдяки теплопередачі для опалюваних приміщень окремих поверхів будинку

Згідно з п. 4 дод. 12\* СНиП 2.04.05-91\*, **втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря** обчислюють для кожного опалюваного приміщення, що має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей у зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігрівання опалювальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину. У коментарях до “Посібника до СНиП 2.04.05-91” [11] В. Ф. Гершкович зазначає, що кратність повітрообміну 1,0 прийнята з певним запасом на невідповідність температури теплоносія в тепловій мережі розрахунковому значенню. Він також допускає можливість прийняття у розрахунках кратності повітрообміну 0,8 у тому випадку, якщо система теплопостачання працюватиме строго за температурним графіком.

За методикою СНиП 2.04.05-91\* окремо обчислюють втрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у вхідні вестибюлі (холи) та сходові клітки через зовнішні двері, що відкриваються в холодний період року, за відсутності повітряно-теплових завіс. Водночас, не розраховують втрати теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується крізь нещільності огорожувальних конструкцій.

При визначенні проектних вентиляційних втрат тепла опалюваного простору за EN 12831 обчислюють витрату тепла на нагрівання вентиляційного повітря в межах мінімального

повітрообміну відповідно до гігієнічних вимог та витрату тепла на нагрівання повітря, що інфільтрується через оболонку будинку, і з двох величин вибирають більшу. При цьому стандарт EN 12831 посилається на детальну методичку визначення об'ємної витрати повітря, що викладена в prEN 13465 [12], та наводить спрощені розрахункові залежності. У додатку D.5.1 EN 12831 [2] наводять 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). Розрахунок втрат теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у вхідні вестибюлі та сходові клітки через зовнішні двері, стандартом EN 12831 не передбачено.

Результати розрахунків показують, що за прийнятої кратності повітрообміну в житлових кімнатах і кухнях 1,0 проектні вентиляційні втрати тепла, обчислені за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 7, а) та за EN 12831 (рис. 7, з), однакові. Дуже близькі між собою результати розрахунків за СНиП 2.04.05-91\* з кратністю повітрообміну 0,8 (рис. 7, б) та за EN 12831 з кратністю повітрообміну в кімнатах 0,5 та в кухнях 1,5 (рис. 7, в).

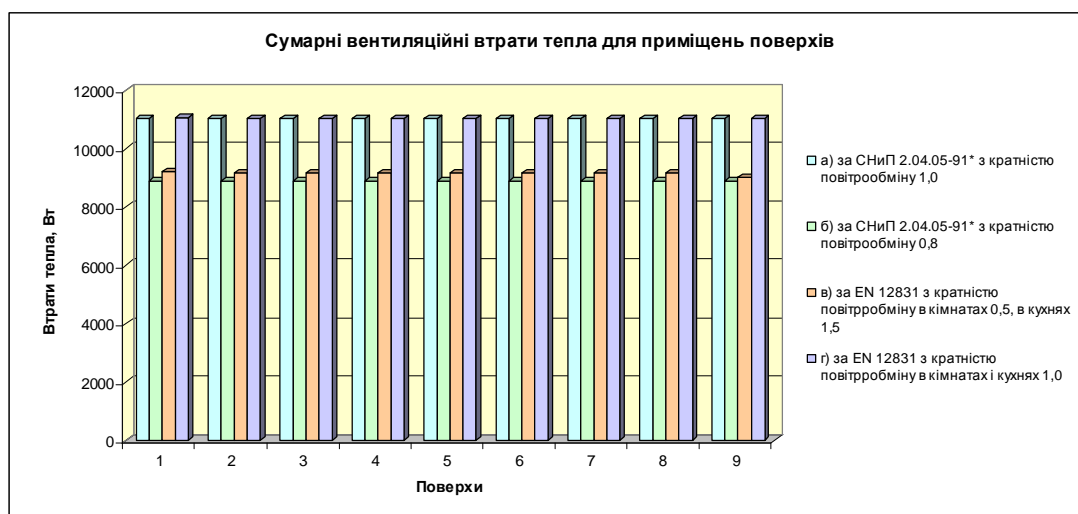


Рис. 7. Порівняння результатів розрахунку сумарних вентиляційних втрат тепла для опалюваних приміщень окремих поверхів будинку

Розрахунки **проектного теплового навантаження опалювальних приладів** показують, що найбільш близькими є результати обчислень за СНиП 2.04.05-91\* (рис. 8, а) та за EN 12831 у випадку індивідуального регулювання тепlopостачання з обмеженням внутрішньої температури в суміжних приміщеннях інших квартир до 16 °С (рис. 8, з). Розбіжності між результатами розрахунку при цьому становлять від -6,9 % до +4,7 %. 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 (рис. 8, в) становлять від -2,4 % до +13,6 %. Найбільше відрізняються результати обчислень за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 у випадку центрального регулювання тепlopостачання (рис. 8 б) – від -11,3 % до -16,7 %.

**Висновки.** Попри деякі відмінності у підходах, 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 та внутрішні огороження, вентиляційних втрат тепла. Найбільше відрізняються результати розрахунків тепловтрат при урахуванні впливу лінійних теплових мостів за спрощеною методикою (за додатком D.4.1 EN 12831 [2]), а також при визначенні втрат тепла з опалюваного простору назовні через неопалюваний простір.

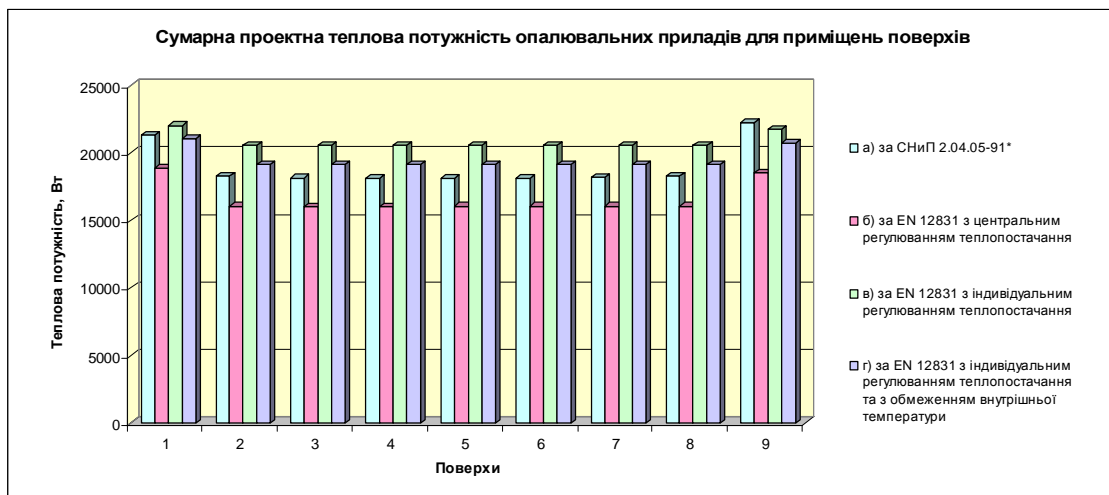


Рис. 8. Порівняння результатів розрахунку сумарної теплової потужності опалювальних приладів для приміщень окремих поверхів будинку

При розрахунку проектного теплового навантаження опалювальних приладів найбільш подібними є результати обчислень за СНиП 2.04.05-91\* та за EN 12831 у випадку індивідуального регулювання теплопостачання з обмеженням внутрішньої температури в суміжних приміщеннях інших квартир до 16 °С, при цьому відхилення в результатах не перевищують  $\pm 5...7\%$ , що знаходиться в межах точності інженерних розрахунків. У випадку центрального регулювання теплопостачання результати обчислень теплового навантаження за EN 12831 є дещо меншими (до 16 %) від обчислених за СНиП 2.04.05-91\*, що пояснюється певним запасом, закладеним у значення поправочного коефіцієнта на вплив вітру та кратності повітрообміну у приміщеннях за вітчизняною методикою.

- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013.
- EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76.
- Проценко С. Б., Новицька О. С. Аналіз нових нормативних вимог до розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель. // Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. Віне: НУВГП, 2015. – Вип. 3 (71). Ч. 2. – С. 17–24.
- СНиП 2.04.05-91\*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
- Audytor OXC. Версия 6.1. Программа для расчета теплопотерь. – SANKOM Sp. z o.o. Warszawa, 2014. – 687 с.
- 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.: ил. – (Справочник проектировщика).
- EN ISO 6946 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method (ISO 6946:1996).
- ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. (Зі Зміною № 1 від 1 липня 2013 р.). – К.: Мінбуд України, 2006.
- EN ISO 10211-2 Thermal bridges in building construction – Calculation of heat flows and surface temperatures – Part 2: Linear thermal bridges (ISO 10211-2:2001).
- EN ISO 14683 Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values (ISO 14683:1999).
- Пособие по проектированию систем водяного отопления. Пособие к СНиП 2.04.05-91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование” с изменениями № 1 и № 2, введенными в действие Госстроем Украины в 1996 и 1999 годах. / Разраб.: Гершкович В. Ф., канд. техн. наук. – К.: КиевЗНИИЭП, 2001. – 40 с.
- prEN 13465 Ventilation for buildings – Calculation methods for the determination of air flow rates in dwellings.