

ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЯК ПАРАМЕТР ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

А. Г. Колієнко, кандидат технічних наук, професор

Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія

Кондратюка

О. В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: shelemanova@ukr.net

Анотація. Зменшення витрат теплової енергії і підвищення енергоефективності на всіх етапах трансформації теплоти в системах централізованого теплопостачання є ключовим заходом боротьби зі змінами клімату, на що націлена енергополітика ЄС.

Величина розрахункового теплового навантаження (РТН) є базовою для визначення витрат теплоносія в теплових мережах систем централізованого теплопостачання. Але неузгодженість нормативної документації і зміни, які відбуваються в галузі теплопостачання, призвели до того, що нині відсутня загальноприйнятна методика визначення цієї величини.

Мета дослідження – порівняти існуючі методики визначення величини РТН на потреби опалення та надати рекомендації щодо коректного визначення цього показника для різних категорій будівель.

Розглядаються загальні засади розрахунку теплового навантаження для систем опалення і вентиляції житлових і громадських будинків.

Відзначаються проблеми, які виникають у ході визначення величини приєднаного теплового навантаження для систем централізованого теплопостачання. Наведені рекомендації щодо шляхів вирішення таких проблем.

Ключові слова: *приєднане теплове навантаження, розрахункові втрати теплоти, термічний опір, опалення і вентиляція*

Актуальність. Енергоефективність – одна із основ енергополітики ЄС, яка націлена на збереження довкілля [1]. Оскільки більша частина тепла для опалення – результат спалювання викопного палива, що забруднює повітря і посилює зміну клімату, то чим менше енергії ми споживаємо, тим менше шкоди довкіллю завдаємо. З іншого боку, питання щодо зменшення витрат теплової енергії і підвищення енергоефективності на всіх етапах трансформації теплоти в системах централізованого теплопостачання загострюється у зв'язку з підвищенням вартості

енергоносіїв, що призводить до підвищення тарифів на комунальні потреби. Тому важливим є коректне визначення розрахункових витрат теплоти житловими будинками та громадськими будівлями.

У сучасних реаліях виникає необхідність не лише в методиках обрахунку теплотехнічних характеристик теплозахисту будівель, а й в перегляді самих понять і підходів до оцінки рівня енергетичної ефективності будівель. І це повною мірою відноситься до поняття приєднане теплове навантаження, яке набуло нового значення і потребує його осмислення і розроблення удосконалених методик розрахунку і поточного коригування для визначення основних показників роботи систем централізованого теплопостачання

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Контroversійність питання про визначення величини розрахункового теплового навантаження, як величини, що визначає необхідну кількість теплоти, яку потрібно витрати або відпустити до споживача теплоти для створення необхідних для людини параметрів мікроклімату в опалювальному приміщенні підтверджується переліком назв цього параметру, якими послуговуються автори різних нормативних і законодавчих документів, розроблених в Україні [2-5]:

Але як би ця величина не називалась в різних нормативах, вона означає лише одне – *максимально можливу величину теплового потоку в ккал/год (кВт), яку необхідно підвести (відпустити) до споживача теплоти (до будинку) для забезпечення потреби в теплоті на опалення, вентиляцію чи гаряче водопостачання за певних розрахункових умов.* Для опалення і вентиляції – за нормованих розрахункових характеристик зовнішнього клімату холодного періоду року (тобто таких, що приймаються до розрахунку величини максимального теплового потоку). А для гарячого водопостачання - за нормативних витрат і температури гарячої води.

Величина розрахункового теплового навантаження РТН для кожного будинку втрачає свою сталість, як тільки жителі приступають до реалізації заходів з енергозбереження у своїх будинках, А комплексна термомодернізація будинку і поготів вимагає перегляду величини РТН і договору на постачання теплової енергії

для такого будинку, бо такі заходи приводять до суттєвої зміни втрат теплоти через зовнішні огороження будівлі. А це в свою чергу – до змін умовно постійної частини тарифу і самих тарифів на теплову енергію.

Але згідно із Законом України «Про житлово-комунальні послуги» [2] такі зміни можуть відбуватись лише за ініціативи самих жителів за наявності обґрунтування нової величини РТН. В іншому випадку величина теплового навантаження, встановлена раніше, так і буде «переходити» з одного договору публічної оферти у іншу після чергових переглядів тарифів. Не зважаючи на те, що нормована величина опору теплопередачі стіни, яка характеризує теплозахисні характеристики огороження уже давно перевищує старий норматив у 4 рази, а для суміщеного перекриття – у 7 разів.

Мета дослідження – порівняти існуючі методики визначення величини розрахункового теплового навантаження на потреби опалення та надати рекомендації щодо коректного визначення цього показника для різних категорій будівель.

Матеріали та методи дослідження. Величина РТН важлива не лише для споживачів теплоти, але й для підприємств з теплопостачання. Існує декілька причин звернення фахівців різного профілю до цієї величини.

Перша – саме послуговуючись величиною РТН, як потреби в тепловій енергії для споживачів, здійснюють підбір діаметрів трубопроводів теплових мереж і, обладнання котельних, розробляють проекти опалення і вентиляції будівель.

На підприємствах з теплопостачання для визначення цієї величини послуговуються договірними величинами теплового навантаження, або виконують розрахунки РТН за КТМ 204 Україна 244-94 [3]. На жаль, цей документ розроблено для умов теплозахисту будинків станом на 1994 рік, та ще й для суттєво занижених розрахункових температур зовнішнього клімату. Все це призводить до значного завищення величини РТН з усіма негативними наслідками, які витікають з цього. Більш актуальне значення розрахункової температури регламентовано ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 «Будівельна кліматологія» [4]. Ця температура визначена за величинами температур найбільш холодних п'ятиденок найбільш сурових зим

протягом 50 років до 2005 року. Але і вона також підлягає коригуванню з урахуванням змін клімату, які уже відбулись з 2005 по 2025 рік.

Разом із величиною втрат теплоти в теплових мережах (ΔQ_{TM}) визначена величина теплового потоку визначає необхідну проектну теплопродуктивність котельні: $Q_{кот} = Q_{роп} + \Delta Q_{TM}$; а урахування ефективності роботи генератора теплоти $\eta_{кот}$. дає можливість перейти від теплопродуктивності до проектної необхідної теплової потужності котельні $N = Q_{кот} / \eta_{кот}$. та вибрати тепломеханічне обладнання котельні.

За таким алгоритмом розрахунків можливі помилки при визначенні РТН переходять на підбір обладнання котельні, діаметрів трубопроводів теплових мереж і заплановані обсяги відпущеної до споживачів теплоти або виробленої теплоти на опалення за певний проміжок часу (місяць, рік або будь-який інший період) при середніх фактичних температурах відповідних періодів.

Ці обсяги теплоти обраховуються за залежністю:

$$Q_{рік} = РТН \cdot \frac{(t_{вн}^{норм.} - t_{сер.о}^{дійс.})}{(t_{вн}^{норм.} - t_{з.розр.}^{норм.})} \cdot \tau_{оп}, \text{ кВт год} \quad (1)$$

де $Q_{рік}$ – обсяги подачі теплоти протягом періоду часу $\tau_{оп}$; $t_{вн}^{норм.}$ – внутрішня нормована температура в приміщенні; $t_{сер.о}^{дійс.}$ – середня зовнішня температура протягом періоду подачі теплоти $\tau_{оп}$; $t_{з.розр.}^{норм.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, рівна температурі найбільш холодної п'ятиденки холодного періоду року.

Друга причина частого звернення до величини приєднаного теплового навантаження – це розрахунок тарифів на теплову енергію, її виробництво, транспортування та постачання, послуги з постачання теплової енергії і постачання гарячої води.

У 2017 р. в Україні набув чинності ДСТУ EN 12831-1:2017 «Енергоефективність будівель» [5].

Але не дивлячись на багатообіцяльну назву, використовувати цей нормативний документ для визначення РТН без виконання додаткових розрахунків неможливо.

Бо за своєю суттю «проектне теплове навантаження» (скорочено – ПТН) у викладенні [5] означає не кількість теплоти, яка має подаватись до будинку із системи теплопостачання на межі балансового розмежування при розрахунковій температурі зовнішнього повітря холодного періоду року, а лише кількість теплоти, яка необхідна для забезпечення комфортних параметрів мікроклімату в опалювальних приміщеннях будинку.

У цій інтерпретації величина ПТН не враховує неминучі втрати теплоти в системі опалення будинку, при тепловіддачі опалювальних приладів, в ході регулювання відпуску теплоти та інші втрати, які мають місце у ході передачі теплоти від місця вводу теплоносія у будинок до опалювальних приміщень. За своєю величиною ПТН є значно меншою за РТН. Цю величину використовують лише при визначенні поверхні нагрівання опалювальних приладів.

Величина РТН на опалення будівлі визначається за величиною втрат теплоти через усі зовнішні огороження будинку і являє собою максимальний тепловий потік, який необхідно підвести до будинку на межі балансового розмежування. Така величина враховує також втрати теплоти в неопалювальних приміщеннях і втрати теплоти на нагрівання холодного повітря, що надходить за рахунок інфільтрації для вентиляції усіх приміщень будинку.

Для громадських будівель, обладнаних примусовою подачею припливного повітря і нагріванням його в припливних камерах, окремо виконується розрахунок приєданого теплового навантаження на вентиляцію.

Відсутність єдиної коректної нормованої методики спричиняє чимало проблем у роботі теплопостачальних організацій і зниженню загальної енергетичної ефективності централізованого теплопостачання.

У таких умовах втрати теплоти через зовнішні прозорі і непрозорі огороження зовнішньої оболонки будівлі можуть бути визначені за класичною методикою визначення трансмісійних втрат теплоти з використанням коефіцієнта теплопередачі для огорожень, їх площі і перепаду температур зовнішнього і внутрішнього повітря, або приблизною методикою, викладеною в [6].

Результати досліджень та їх обговорення. Ще одним методом розрахунку величини РТН може бути його визначення за результатами приладового обліку теплоти у будинку протягом попередніх 3-х...5-и опалювальних періодів. Визначення величини РТНО в такому випадку слід виконувати за такою залежністю:

$$PTH = Q_{\text{дiйс.}} \cdot \left(\frac{t_{\text{вн}}^{\text{нор.}} - t_{\text{з.розр.}}^{\text{нор.}}}{t_{\text{вн}}^{\text{дiйс.}} - t_{\text{сер.о.}}^{\text{дiйс.}}} \right) \cdot \left(\frac{10^3}{\tau_{\text{дiйс.}}} \right), \text{ кВт} \quad (2)$$

Для того щоб скористатись таким методом необхідно мати деякі вихідні дані:

- значення середніх температур зовнішнього повітря за кожний із останніх 3-х – 5-ти опалювальних періодів згідно з даними (метеослужби) – $t_{\text{сер.о.}}^{\text{дiйс.}}$;
- дійсні величини тривалості за кожний із попередніх 3-5 опалювальних періодів – $\tau_{\text{дiйс.}}$, ГОД;
- достовірні значення приладового обліку теплоти за останні опалювальні періоди у будинку – $Q_{\text{дiйс.}}$ (кВт год);
- відомості про наявність скарг на дефіцит теплоти і недотримання нормованих параметрів мікроклімату у приміщеннях/ будинку, або дані про понаднормативну середню температуру внутрішнього повітря у приміщеннях/ будинку за базові періоди обліку.

Розрахунки необхідно виконати для кожного опалювального періоду окремо. Результат усереднюється.

У разі підтвердження інформації про здійснення термомодернізації будинку необхідно використовувати дані, отримані за опалювальними періодами, які мали місце після впровадження заходів зі скорочення витрат теплоти у будинку.

За відсутності даних про експлуатацію будівлі без впровадження заходів з термомодернізації найбільш коректний і наближений до істини результат визначення РТН можна отримати за методикою [4] з використанням показника опалювального об'єму будівлі.

Для цього необхідно мати такі вихідні дані:

V_3 – зовнішній будівельний об'єм будинку. Значення цього показника приймають за результатами технічної інвентаризації або визначають шляхом натурних вимірювань будинку. Зовнішній будівельний об'єм визначається множенням площі горизонтального розрізу по зовнішньому виміру будинку на рівні першого поверху (вище цоколю) на повну висоту будинку, яку вимірюють від рівня землі до верхньої площини теплоізоляційного шару перекриття горища (технічного поверху) або до відмітки верхньої поверхні покрівлі (для без горищної покрівлі).

q_o^V – питому опалювальну характеристика будівлі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, приймається за [3].

Величина РТН визначається за залежністю:

$$PTH = V_3 \cdot q_o^V \cdot (t_{вн}^{нор} - t_{з.розр.}^{норм.}) \cdot 10^{-3}, кВт \quad (3)$$

Використання в якості основного параметра будинку величини площі приводить до значного необґрунтованого підвищення РТН і річних показників обсягів теплоти.

Порівняємо результати розрахунку планових показників РТН на опалення (РТНО) за різними методиками.

Розрахунок величини РТНО за величиною зовнішнього об'єму будинку.

У якості об'єкту для розрахунків приймемо реальний житловий 5-ти поверховий будинок 1982 р. забудови із такими параметрами:

- загальна площа – 4156 м²;
- загальний об'єм – 17112 м³;
- опалювальний об'єм – 9994 м³
- кількість поверхів – 5;
- розміри за зовнішніми обмірами – 11,5*78,94 м
- опалювальна площа 3634 м²
- висота від рівня землі до утеплювача на технічному поверсі – 15,5 м
- зовнішній будівельний об'єм будинку – 14071 м³.
- розрахункова температура зовнішнього повітря -21 °С,
- середня нормована внутрішня температура в будинку + 18 °С,

- середня нормована протягом опалювального періоду температура зовнішнього повітря $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- нормована тривалість опалювального періоду – 171 доба

Розрахунок РТНО за величиною зовнішнього об'єму:

$$РТНО = V_3 \cdot q_o^V \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{нор.}} - t_{\text{з.розр.}}^{\text{нор.}}) 10^{-3} = 14071 \cdot 0,38(18 + 21) 10^{-3} = 208 \text{кВт}$$

де q_o^V – питома опалювальна характеристика будинку на одиницю об'єму, приймається за даними, $\text{Вт}/\text{м}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Виконаємо аналогічні розрахунки за величиною загальної площі:

$$РТНО = A_3 \cdot q_o \cdot (t_{\text{вн}}^{\text{нор.}} - t_{\text{з.розр.}}^{\text{нор.}}) 10^{-3} = 2,07 \cdot 4156 \cdot (18 + 21) 10^{-3} = 335 \text{кВт}$$

де q_o – питома опалювальна характеристика будинку на одиницю площі – $2,07\text{ Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3], A_3 – загальна опалювальна площа будинку – 4156 м^2 .

Перевищення величини РТН порівняно з розрахунком за зовнішнім об'ємом 127 кВт (на 59%). Таким же буде перевищення і річної потреби в теплоті.

Для визначення РТН можна було використати дані проектної документації на будинок. У ній повинна бути зазначена величина проектного теплового навантаження (ПТН). Але до величини ПТН не входять усі витрати теплоти на етапах відпуску, розподілу і передачі теплоти у будинку. ПТН включає лише величини, які необхідні безпосередньо для створення параметрів мікроклімату в приміщенні і не враховують втрат теплоти при тепловіддачі опалювальних приладів, втрат з поверхні трубопроводів у неопалювальних приміщеннях, втрат, котрі виникають при регулюванні системи опалення.

Іншими словами, величину ПТН можна використовувати виключно для розрахунку самої системи опалення.

Визначити РТН на опалення без додаткових розрахунків за результатами енергетичного аудиту будинку теж не вдасться. У розрахунках, що супроводжують виконання таких робіт, необхідно виокремити величину теплопотреб Q_{mn} , знайти величини втрат теплоти на етапах тепловіддачі ΔQ_{mv} , розподілу, регулювання і транспортування ΔQ_{mp} . Отримати річний обсяг теплоти, відпущеної з теплової мережі до будинку можна за такою залежністю:

$$Q_{\sigma}^{рік} = Q_{тп} + \Delta Q_{тв} + \Delta Q_{тп}.$$

Перехід від величини річних обсягів теплоти на опалення до величини розрахункового теплового навантаження можна виконати за залежністю, аналогічною тій, яка рекомендувалась при визначенні РТН за результатами приладового обліку теплоти на опалення будинку:

$$РТН = \frac{Q_o^{рік} (t_{вн}^{нор} - t_{з.розр.}^{нор.})}{(t_{вн}^{нор} - t_{сер.о}^{нор.}) P_{норм.} \cdot 24 \cdot 10^{-3}}, кВт \quad (4)$$

де $P_{норм.}$ – нормована тривалість опалювального періоду в добах за [4].

Отже, визначення коректної величини розрахункового теплового навантаження на опалення необхідно здійснювати залежно від року забудови будівлі і вихідних даних, які доступні при виконанні таких розрахунків з урахуванням наданих рекомендацій.

Висновки та перспективи.

1. Виконано аналіз існуючих методик визначення величини розрахункового теплового навантаження на потреби опалення і показано їх вплив на основні показники енергетичної ефективності та параметри роботи системи централізованого теплопостачання.

2. Показана важливість адекватної оцінки величини теплового навантаження на річні показники відпуску теплоти і на відповідність запланованих і фактичних обсягів виробленої і відпущеної теплоти.

3. Проаналізовані фактори впливу на величину розрахункового теплового навантаження.

4. Представлено відмінності між поняттями розрахункове теплове навантаження і проектне теплове навантаження, яке введено згідно сучасних нормативів.

5. Розроблено рекомендації щодо коректного визначення величини розрахункового теплового навантаження для різних категорій будівель:

- існуючих будівель, збудованих до прийняття сучасних нормативів теплозахисту;
- термомодернізованих будівель забудови після 2000 р.

6. Розроблено рекомендації щодо визначення величини розрахункового теплового навантаження за результатами енергетичного аудиту і сертифікації будівель.

Список використаних джерел

1. ДИРЕКТИВА (ЄС) 2024/1275 про енергетичну ефективність будівель від 24 квітня 2024 року <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
2. Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII «Про житлово-комунальні послуги». К., 2018.
3. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244-94. К.: Віпол, 2001. 376 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 «Будівельна кліматологія». К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 123 с.
5. ДСТУ EN 12831-1:2017 «Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження». К.: Мінрегіонбуд України, 2017.
6. Колієнко В. А., Колієнко А. Г. Визначення розрахункових витрат теплоти на потреби опалення і вентиляції. Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 9. С. 103 - 109.

References

1. Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
2. Zakon Ukrainy vid 09.11.2017 № 2189-VIII «Pro zhytlovo-komunalni posluhy» [Law of Ukraine dated 09.11.2017 No. 2189-VIII “On Housing and Communal Services”]. Kyiv, 2018.
3. Normy ta vkazivky po normuvanniu vytrat palyva ta teplovoi enerhii na opalennia zhytlovykh ta hromadskykh sporud, a takozh na hospodarsko-pobutovi potreby v Ukraini. KTM 204 Ukraina 244-94 [Norms and instructions for the regulation of fuel and thermal energy consumption for heating residential and public buildings, as well as for household needs in Ukraine. KTM 204 Ukraine 244-94] (2001). Kyiv: Vipol, 376.
4. DSTU-N B V.1.1-27: 2010 «Budivelna klimatolohiia [DSTU-N B V.1.1-27: 2010 "Construction Climatology"]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 123.
5. DSTU EN 12831-1:2017 «Enerhoefektyvnist budivel. Metod rozrakhunku proektnoho teplovoho navantazhennia. Chastyna 1. Teplove navantazhennia» [DSTU EN 12831-1:2017 “Energy performance of buildings. Method for calculating the design heat load. Part 1. Heat load”]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy.
6. Koliienko, V. A., Koliienko, A. H. (2017). Vyznachennia rozrakhunkovykh vytrat teploty na potreby opalennia i ventyliatsii [Determination of estimated heat consumption for heating and ventilation needs]. Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 9, 103 - 109.

THERMAL LOAD OF BUILDINGS AS A PARAMETER OF ENERGY EFFICIENCY OF THE HEATING SYSTEM

A. Kolienko, O. Shelimanova

Abstract. *Reducing heat energy consumption and increasing energy efficiency at all stages of heat transformation in district heating systems is a key measure to combat climate change, which is the goal of the EU energy policy.*

The value of the calculated heat load (CHL) is the basis for determining the heat carrier consumption in the heat networks of district heating systems. However, the inconsistency of regulatory documentation and changes taking place in the field of heat supply have led to the fact that today there is no generally accepted methodology for determining this value.

The purpose of the study is to compare existing methods for determining the value of CHL for heating needs and to provide recommendations for the correct determination of this indicator for different categories of buildings.

The general principles of calculating the heat load for heating and ventilation systems of residential and public buildings are considered.

Problems that arise during the determination of the value of the connected heat load for district heating systems are noted. Recommendations are given on ways to solve such problems/

Key words: *connected heat load, calculated heat losses, thermal resistance, heating and ventilation*