

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

УДК 658.26

DOI 10.20535/1813-5420.3.2022.270242

В.Ф. Находов, д-р техн. наук., доц., ORCID 0000-0001-7643-5965
М.М. Шовкалюк, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-1898-3493
Є.О. Микита, магістр, ORCID 0000-0001-6698-7555
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПОТРЕБИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІД ЧАС ЕНЕРГОСЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

В Україні на законодавчому рівні введено обов'язкову енергетичну сертифікацію для окремих типів нових будівель та будівель, що реконструюються. Крім того, для отримання фінансування термомодернізації будівель від різних інвестиційних фондів необхідно виконати енергетичний аудит та обґрунтувати енергозберігаючі заходи, оцінити клас енергоефективності. В Україні діє комплекс нормативно-правових актів, методичних документів, будівельних норм та стандартів в сфері енергетичної сертифікації, який постійно оновлюється. Національна методика розрахунку показників енергетичної ефективності будівель та підзаконні акти декілька разів змінювалися, зокрема в частині урахування енергопотреб на гаряче водопостачання, що в свою чергу, впливало на клас енергоефективності. В статті оцінено вплив різних підходів до розрахунку та урахування додаткових надходжень від трубопроводів гарячої води на прикладі багатопверхової будівлі. В рамках досліджень проведено детальне енергетичне обстеження із застосуванням інструментальних та аналітичних методів, сформовано розрахункову модель і виконано серію розрахунків. Показано вплив на питому енергопотребу, загальне енергоспоживання та клас енергоефективності існуючої будівлі змін у нормативній базі, особливостей урахування утилізованих тепловтрат, кількості споживачів.

Ключові слова: житлова багатоквартирна будівля, енергоефективність, моделювання енергоспоживання, енергетична сертифікація, гаряче водопостачання.

Вступ. На виконання закону України «Про енергетичну сертифікацію будівель» [1], прийнятого в рамках імплементації європейської Директиви 2010/31/ЄС [2], було розроблено низку нормативно-правових актів [3-4], методичних документів [5-6], стандартів [7,8] та будівельних норм [9]. У вересні 2022 року вступають в дію нові ДБН щодо будівельних конструкцій та енергоефективності будівель [10,11], невдовзі буде змінена національна методика [7]. Також з роками змінювалися підходи до визначення показників енергоефективності будівель, зокрема: з 2006 включалися лише потреби на опалення; після 2013 року – енергопотреба [9] на опалення, охолодження та гаряче водопостачання (ГВП); із введенням енергетичної сертифікації з 2018 року при обчисленні класу енергоефективності будівель – енергоспоживання на опалення, охолодження та ГВП [5], а з жовтня 2020 року до уваги береться лише енергоспоживання на опалення та охолодження [3]. Із введенням нових мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель [3] наприкінці 2020 року внесено і зміни до методики сертифікації будівель [3], зокрема в частині енергопотреб на ГВП: замість нормативних добових витрат на одного мешканця (л/добу) до розрахунку беруться питомі витрати енергії на одиницю опалювальної площі (кВт·год/м²).

Практика діяльності на ринку енергетичної сертифікації показує, що через недосконалість і суперечливість існуючої великої бази нормативно-правових документів, особливості експлуатації будівель думки енергетичних аудиторів часто розходяться в трактуванні тих чи інших положень методики розрахунку. Науковий та практичний інтерес дослідження полягає у оцінюванні впливу на показники енергетичної ефективності різних підходів в розрахунках. Грунтовний аналіз енергоспоживання будівель з урахуванням різних впливових факторів, в тому числі соціальних, наведено у роботах [12-14], проте в них не було приділено уваги саме питанням витрат на гаряче водопостачання. Зважаючи на те, що за останні роки суттєво змінилася вимоги до визначення теплової енергії для споживачів ГВП та урахування утилізованих тепловтрат, в даній роботі зосередимося саме на цих проблемах.

Мета та задачі. Метою дослідження є оцінювання енергетичних характеристик і класу енергоефективності існуючої житлової багатоквартирної будівлі у місті Києві на основі моделювання енергопотребити та енергоспоживання за умови різних підходів до урахування теплової енергії на гаряче водопостачання.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні **задачі дослідження**:

- створити енергетичні моделі для можливості виконання розрахунків енергопотребити та енергоспоживання багатоквартирної будівлі;
- на основі детального енергетичного обстеження будівлі і визначити базовий рівень енергоспоживання за діючими вимогами національної методики;
- виконати моделювання енергопотребити та енергоспоживання будівлі з різними методиками урахування теплової енергії на ГВП, а також оцінити потенційну зміну класу енергоефективності.

Матеріал і результати досліджень. **Об'єкт дослідження** – односекційний монолітно-каркасний 24-поверховий багатоквартирний житловий будинок 2012 року будівництва у м. Києві (рис. 1а). В будівлі наявні приміщення різного функціонального призначення: перший поверх будинку – нежитлові комерційні приміщення, 2-23 поверхи – квартири, 24 поверх – опалюваний технічний поверх. Всього в будівлі 176 квартир та 6 нежитлових приміщень. Опалювальна площа - 15193,6 м².

В роботі [15] наведено опис будівлі, інженерних мереж і детальна характеристика зовнішніх огорожень. Для об'єкта досліджень було проведено:

- комплексне енергетичне обстеження житлової будівлі з уточненням геометричних, теплотехнічних та енергетичних характеристик,
- запропоновані та економічно обгрунтовані два пакети заходів для підвищення рівня енергоефективності («Мінімальний» та «Максимальний») та розглянуто можливості залучення інвестицій за двома програмами – Програма КМДА «70/30» та Програма «Енергодім» від Фонду енергоефективності;
- виконано порівняльну оцінку результатів розрахунків енергоспоживання за розробленою програмою у середовищі MS Excel та у спеціалізованому програмному продукті для енергоаудиторів Audytor OZC (рис. 1, б) та показано, що для системи опалення відмінності у розрахунках становлять близько 5%, але для системи гарячого водопостачання та освітлення відмінності є суттєвими.

Енергетичний сертифікат існуючої будівлі з розрахованим класом енергоефективності F внесено до загальнодержавної електронної бази [16]. Потрібно зазначити, що на момент розроблення енергосертифікату нормативи [3,6] ще не вступили в дію, розрахунки виконувалися за методикою [5] та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7]).

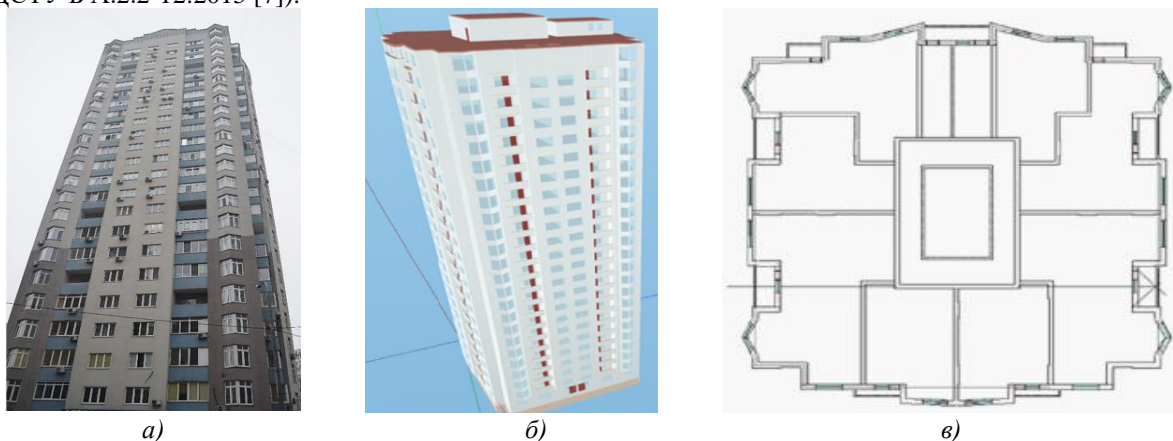


Рисунок 2 – Загальний вигляд будівлі (а - фактичний стан, б, в – 3D модель та план в Audytor OZC)

Аналіз поточного технічного стану системи ГВП

Джерело для системи гарячого водопостачання - централізоване тепlopостачання. Система ГВП розділена на дві зони, теплове навантаження I зони - 0,298 Гкал/год, II зони - 0,297 Гкал/год. Розподіл гарячої води відбувається по сталевим теплоізолюваним трубопроводам. Відповідно до зон, циркуляційні стояки розділені на дві окремі групи. Температура подавання гарячої води – 55 °С. Температурний графік циркуляційного контуру 55/45 °С. Облік гарячої води індивідуальний поквартирний. Прилади споживання гарячої води: повнорозмірні ванни 1700 мм, умивальники у ванних кімнатах, рукомийники на кухнях.

В ході енергетичного обстеження була зібрана наступна інформація про трубопроводи ГВП в підвалі, циркуляційних стояків та трубопроводи ГВП ділянки до приладів:

- матеріал труб (сталь та PEX-с); тип, товщина ізоляції δ_{i3} та її стан;
- внутрішній, зовнішній діаметри труб $d_{вн}/d_{зов}$ та їх товщина $\delta_{тр}$;
- довжини вертикальних та горизонтальних ділянок труб L_i
- наявність і тип регулюючої арматури, систем автоматики, приладів обліку.

Огляд методів урахування теплової енергії на потреби ГВП в нормативно-правовій базі. Відповідно до існуючих вимог [8], розділ “Енергоефективність” у складі проектної документації для нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту у тому числі з метою термомодернізації громадських та житлових будівель повинен містити наступні дані щодо систем гарячого водопостачання:

- характеристика інженерних систем та інформація про альтернативні джерела енергії;
- класи енергетичної ефективності технічного оснащення, автоматизації, моніторингу й управління інженерних систем, визначені згідно з ДСТУ EN 15232-1 [17], який має бути не нижче класу енергетичної ефективності будівлі;
- розрахунки енергетичних характеристик будівлі, в тому числі теплонадходжень від внутрішніх джерел енергії, енергопотребі і енергоспоживання.

Опис системи ГВП в проектній документації повинен містити джерело енергії, розведення трубопроводів, циркуляцію теплоносія у системі, регулювання витрати у системі, гідравлічне налагоджування систем, облік споживання гарячої води.

За методикою [5], що діяла до 2020 року, енергопотреба для ГВП розраховувалася за формулою:

$$Q_{DHW,nd} = c_w V_w (\theta_{w,del} - \theta_{w,0}) \alpha_x, \quad (1)$$

де c_w - теплоємність води, кДж/(кг·К); V_w - річний обсяг споживання води, кг, що розраховується за формулою (2); $\theta_{w,del}$ - встановлена температура подачі гарячої води, °С; $\theta_{w,0}$ - середня річна температура холодної води, яку приймають рівною 10 °С; α_x - коефіцієнт переведення (кДж в кВт·год), що приймають $0,278 \cdot 10^{-3}$ кВт·год/кДж.

Річний обсяг споживання води, кг, розраховувався за формулою:

$$V_w = q_w n_m n_d \rho_w 10^{-3}, \quad (2)$$

де q_w - середня за рік добова витрата води, л/добу, яка визначається згідно таблиць А1 та А2 ДБН В.2.5-64:2012 [18], або розрахунковим шляхом, враховуючи фактичний обсяг споживання гарячої води відповідно до показників вузла комерційного обліку; n_m - кількість розрахункових одиниць споживання гарячої води, вид яких визначається згідно таблиць А1 та А2 [19], а кількість - згідно з фактичними значеннями; n_d - кількість діб роботи системи ГВП; ρ_w - густина води за нормальних умов, кг/м³.

За новою методикою [6], що почала діяти з кінця 2020 року, для цілей сертифікації енергоефективності енергопотреба для ГВП $Q_{DHW,nd}$ [кВт·год] потрібно визначати за питомими показниками на 1 м² залежно від типу будівель за табл.34 [7], для багатоквартирних житлових будівель це значення становить 20 кВт·год/ м².

Річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання ГВП, кВт·год, які потрібно визначати окремо для трубопроводів у неопалювальних та опалювальних об'ємах, розраховуються за формулою:

$$Q_{W,dis,ls} = \sum \psi_{w,j} L_{w,j} (\theta_{w,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) t_w / 1000, \quad (3)$$

де $\psi_{w,j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К), за додатком 2 [5]; $L_{w,j}$ - довжини секцій трубопроводів, м; $\theta_{w,dis,avg,j}$ - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С; $\theta_{amb,j}$ - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалювального чи неопалювального приміщення, °С; t_w - період використання ГВП, год/рік, що встановлюється при виявленні фактичного стану будівлі; j - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води, кВт·год, включають тепловтрати трубопроводів в періоди наявності та відсутності циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,of}, \quad (4)$$

де:

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum \psi_{w,j} L_{w,j} (\theta_{w,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) t_{w,on,j} / 1000, \quad (5)$$

$$Q_{W,dis,ls,col,of} = \sum \rho_w c_w V_{w,dis,j} (\theta_{w,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) n_{norm} / 1000, \quad (6)$$

де $\psi_{w,j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К), за додатком 2 [5]; $L_{w,j}$ - довжини секцій трубопроводів, м; $\theta_{w,dis,avg,j}$ - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С; $\theta_{amb,j}$ - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалювального чи неопалювального приміщення, °С; $\rho_w c_w$ - теплоємність води, приймають 1150 Вт·год/(м³·К); $V_{w,dis,j}$ - об'єм води, що міститься в секції трубопроводу, м³, визначений за допомогою значень довжини та діаметру трубопроводу; $t_{w,on,j}$ - період циркуляції, за відсутності точних даних приймають 8760 год/рік; n_{norm} - кількість робочих циклів циркуляційного насоса протягом року, за відсутності точних даних приймають 1-2 цикли в день.

Тепловтрати використаної води при водорозборі, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{W,em,ls} = Q_w \eta_{eq} / 100, \quad (7)$$

де Q_W – річні енергопотреби ГВП, кВт·год; η_{eq} – еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі, приймають згідно з даними тепловтрат використаної води при водорозборі у будівлях без циркуляційного контуру, для багатоквартирних будівель – 25%.

Споживання додаткової енергії для насоса, кВт·год, визначається на підставі маркування потужності насоса згідно з формулою:

$$W_{W,dis,au} = P_{pmp} t_{pmp} N, \quad (8)$$

де P_{pmp} – маркування потужності насоса, кВт; t_{pmp} – час роботи насоса, год/доба, за відсутності даних приймають 24 год/доба; N – кількість діб роботи насоса протягом року.

Утилізаційні регулярні тепловтрати, кВт·год, виражають часткою тепловтрат у підсистемі розподілення ГВП з трубопроводів, що знаходяться в опалювальних приміщеннях, а часткою додаткового енергоспоживання при розподіленні за формулою:

$$Q_{W,dis,rbl} = Q_{W,dis,ls} f_{W,dis,ls,rbl} + Q_{W,dis,aux} f_{W,dis,aux,rbl} \quad (9)$$

де $f_{W,dis,ls,rbl}$ – частка тепловтрат в підсистемі розподілення ГВП, що можуть бути утилізовані для підвищення температури приміщення; $f_{W,dis,aux,rbl}$ – частка додаткового енергоспоживання при розподіленні, що може бути утилізована для опалення приміщення, частки залежать від тривалості опалювального періоду та місця розташування насоса.

Для спрощення приймають, що 50% утилізаційних тепловтрат протягом опалювального періоду може бути утилізовано в підсистемі розподілення ГВП та 80% додаткової енергії. Методика розрахунку, викладена у ДСТУ [7] та нормативному документі [6], містить дане спрощення, яке зазвичай застосовують аудиторі в Україні. Таким чином, наявна методика містить зазначення про врахування тепловтрат з трубопроводів ГВП як теплонадходжень в будівлю, але фактично відсутнє формульне представлення застосування даної примітки, чи посилання на інші стандарти, де деталізується даний метод врахування.

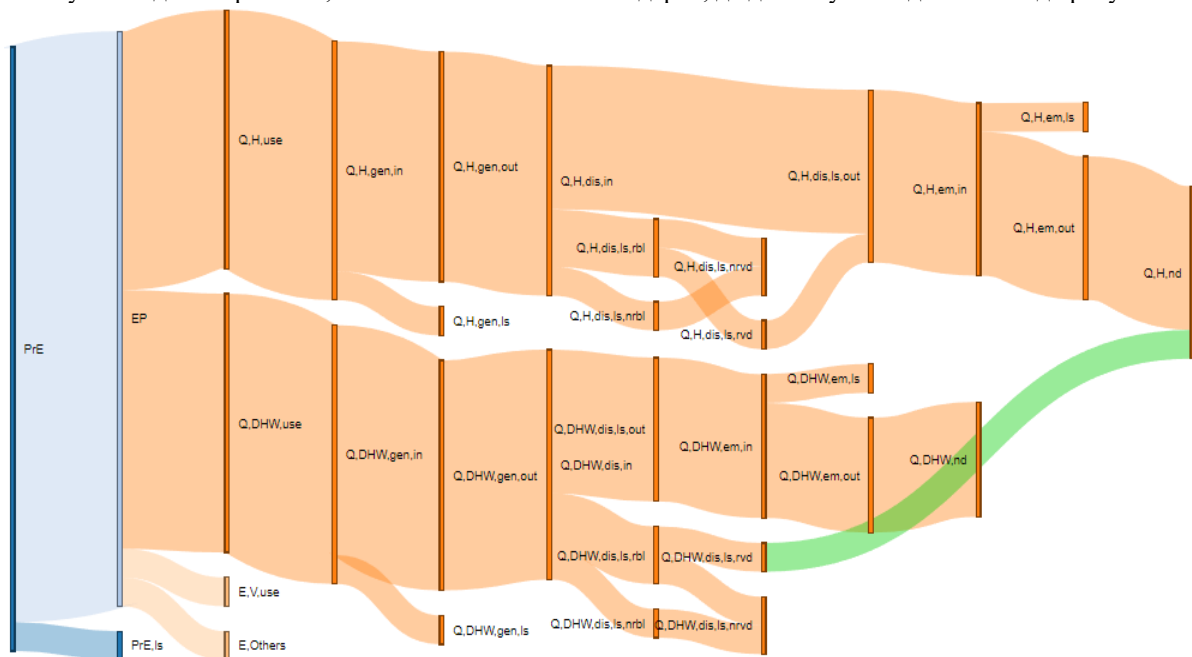


Рисунок 2 – Схема урахування енергопотреби, втрат теплової енергії та утилізаційних тепловтрат під час виконання енергетичної сертифікації будівель (на схемі використано позначення, зазначені у діючих нормативних документах [4-7])

Моделювання енергетичних характеристик будівлі. Для визначення енергоспоживання та показників енергоефективності за нормативними вимогами було сформовано розрахункову модель у програмному середовищі MS Excel (детальніше описано у роботі [15]). Під час розрахунків енергоспоживання будівлі було враховано енергетичні характеристики підсистем тепловіддачі, розподілення, генерації та акумулювання, включаючи регулювання. Тепловтрати підсистеми розподілення для системи ГВП складаються із: тепловтрат трубопроводами; тепловтрат циркуляційним контуром; тепловтрат відпрацьованої води з водовипуску користувачів. Для виконання розрахунків уточнювалися діаметри та довжини горизонтальних і вертикальних ділянок трубопроводів, температурний графік теплоносія, режим експлуатації інженерних мереж, визначалися лінійні коефіцієнти теплопередачі та утилізовані тепловтрати.

Далі буде наведено порівняльний аналіз результатів розрахунків енергопотреби на потреби ГВП та загального енергоспоживання житлової будівлі за різними підходами:

- 1) розглянуто зміну норм в частині визначення енергопотреби на ГВП:
 - за розрахунковими добовими витратами води в житлових будівлях, л/добу на одного мешканця [18], за формулами (1)-(2);
 - за питомим витратам на одиницю опалювальної площі залежно від призначення будівлі [6,7];
- 2) розглянуто різні способи урахування утилізованих втрат з розподільчих трубопроводів ГВП:
 - утилізовані втрати не враховуються при розрахунках показників енергоефективності;
 - 50% утилізаційних тепловтрат протягом опалювального періоду утилізується в підсистемі розподілення ГВП;
 - врахування тепловтрат з трубопроводів ГВП як теплонадходжень в будівлю, при цьому буде зменшена енергопотреба на опалення. Послідовність розрахунків та виконання ітерацій для уточнення наведено на рис. 3.

Результати розрахунків наведено на рисунку 4.



Рисунок 3 – Послідовність виконання розрахунків утилізованих втрат з розподільчих трубопроводів ГВП для уточнення енергопотреби будівлі

Зважаючи на те, що з кінця 2020 змінилися контрольні показники енергоспоживання будівель, за якими визначається їх клас енергоефективності (з введенням [3] граничні значення включають лише опалення та охолодження та не включають ГВП) цікавим буде прослідкувати на прикладі конкретної житлової будівлі, чи вплине це на її клас енергоефективності.

Клас енергоефективності на рис. 4 визначається за нормами, що діяли на момент дії різних вимог щодо урахування енергопотреби на ГВП: А за [5], Б – за [3].

Також розглянемо такий соціальний аспект в розрахунках класу енергоефективності житлової будівлі, як кількість споживачів енергоресурсу. В ході енергетичного аудиту будівлі було встановлено, що в будівлі, яка має 176 квартир, прописано 264 особи, а фактично проживає більша кількість осіб, точну кількість яких встановити проблематично.

Дослідження [14], направлені на аналіз споживання енергії житловими будівлями із розрахунку на одну людину, показали, що застосовувати існуючу норму житлової площі в Україні (13,65 м² на одну особу [20]) для визначення кількості мешканців в новобудовах не є коректним. При створенні енергетичного сертифікату даної багатоквартирної будівлі діяли вимоги обчислення енергопотреби з урахуванням нормативних витрат води на одну особу за формулами (1)-(2), тому, відповідно, значення кількості осіб в будинку суттєво впливало на клас енергоефективності, адже норми, що діяли на початку 2020 року, включали питоми енергоспоживання на опалення, ГВП та охолодження будівлі.

Для порівняння в таблиці 1 наведено значення питомої енергопотреби, енергоспоживання та класу енергоефективності існуючої будівлі у разі збільшення кількості осіб (розрахунок I) та за новою методикою, що була введена на заміну цього підходу наприкінці 2020 року (розрахунок II).

Таким чином, за нормами методики, що діяла до 2020 року [5], збільшення кількості осіб, що є споживачами ГВП, на 30% (а це навіть менше, чим 2 людини на квартиру) призводить до погіршення класу енергоефективності (з F до G). Зміна методики обчислення енергопотреби на ГВП (за розрахунковими значеннями витрат води на особу та за питомими витратами на одиницю опалювальної площі залежно від призначення будівлі) призвела до змін у значенні питомих показників енергоспоживання будівлі з 148,25 до 135,88, що становить близько 9%. При цьому питома енергопотреба на ГВП (EN_{DHW,nd}) даної будівлі зменшилася майже в 1,5 рази. Як бачимо, визначення енергопотреби гарячого водопостачання за укрупненими показниками в кВт·год/м² призводить до того, що енергоспоживання на потреби ГВП взагалі не залежать від кількості споживачів енергоресурсу, що не є коректним і логічним.

Клас енергоефективності будівлі за новою шкалою [3], розрахований за методикою [6], що не включає енергоспоживання на ГВП, не змінився.

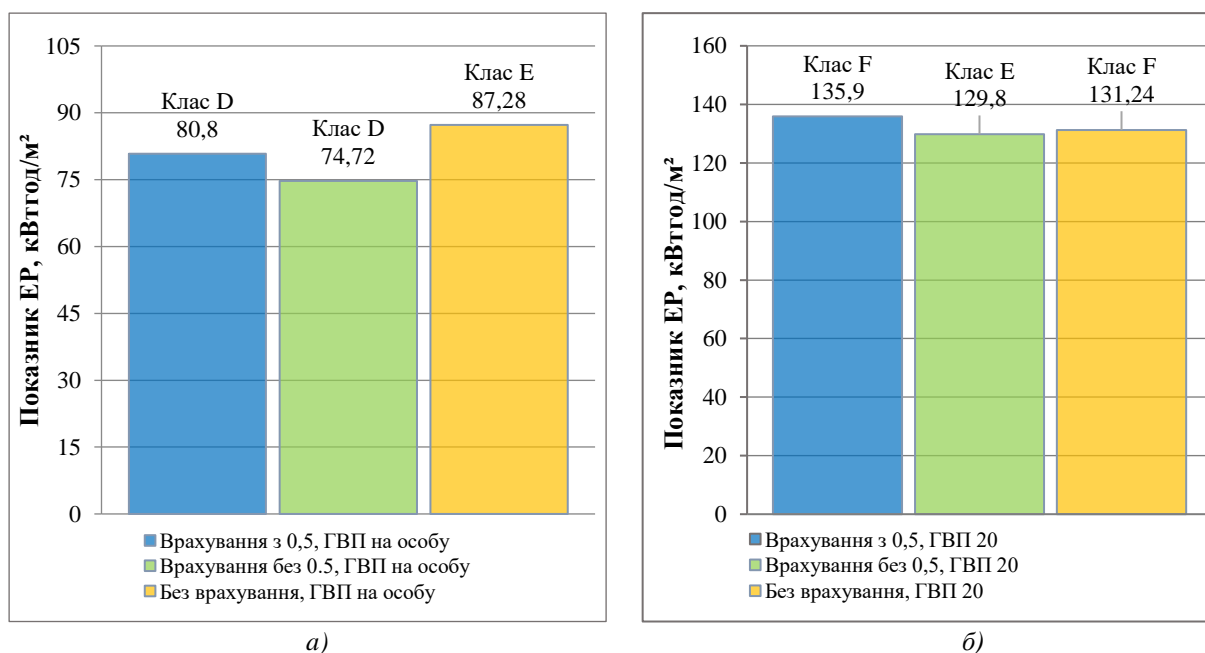


Рисунок 4 – Результати розрахунків енергоспоживання на опалення, охолодження та ГВП: а - за розрахунковими добовими витратами води в житлових будівлях; б – за питомим витратам на одиницю опалювальної площі (20 кВт·год/м²).

1 - 50% утилізаційних тепловтрат утилізується в підсистемі розподілення ГВП; 2 - тепловтрати з трубопроводів ГВП є теплонадходженнями і зменшують енергопотребу на опалення; 3 - утилізовані втрати не враховуються.

Таблиця 1 – Розрахунки енергетичних характеристик з урахуванням зміни норм

Найменування показника	Позначення	Одиниці виміру	Кількість осіб	
			Факт. (264 особи)	+30% (343 особи)
I - Розрахунок з урахуванням соціальних аспектів (кількість мешканців) за методикою [5]				
Енергопотреба на ГВП	$Q_{DHW,nd}$	кВт·год	484332	629265
Питома енергопотреба на ГВП	$EN_{DHW,nd}$	кВт·год/м²	31,88	41,42
Енергоспоживання на ГВП	$Q_{DHW,use}$	кВт·год	1024704	1175676
Питоме енергоспоживання будівлі на потреби опалення, охолодження та ГВП	EP	кВт·год/м²	148,25	158,18
Клас енергоефективності (що включає опалення, охолодження та ГВП згідно [5])	A÷G	-	F	G
II - Розрахунок за питомими показниками енергопотреби згідно таблиці 34 [7] за методикою [6]				
Енергопотреба на ГВП	$Q_{DHW,nd}$	кВт·год	303872	303872
Питома енергопотреба на ГВП	$EN_{DHW,nd}$	кВт·год/м²	20	20
Енергоспоживання на ГВП	$Q_{DHW,use}$	$Q_{DHW,use}$	836725	836725
Питоме енергоспоживання будівлі на потреби опалення, охолодження	EP_{use}	кВт·год/м²	80,8	80,8
Питоме енергоспоживання будівлі на потреби опалення, охолодження та ГВП	EP_{use+} $Q_{DHW,use}$	кВт·год/м²	135,88	135,88
Клас енергоефективності (що визначався без ГВП по новій шкалі згідно [6], табл.1)	A÷G	-	E	E

Висновки. Для існуючої житлової багатоквартирної будівлі у м. Києві виконано комплексне енергетичне обстеження, сформовано розрахункову модель і виконано серію розрахунків з урахуванням різних підходів до визначення потреби будівлі в тепловій енергії на гаряче водопостачання. Зокрема, показано вплив на питому енергопотребу на ГВП, загальне енергоспоживання та клас енергоефективності існуючої будівлі із конкретними характеристиками інженерних систем змін у нормативній базі та особливостей урахування утилізованих тепловтрат та кількості споживачів ГВП.

Виявлено, що наявна потреба в деталізації методики розрахунку показників енергоефективності, зокрема в частині утилізації тепловтрат з трубопроводів системи ГВП. Пропонується ці додаткові теплонадходження враховувати для зменшення енергопотреб на опалення приміщень, замість урахування їх для зменшення енергоспоживання на ГВП, як їх враховують більшість енергоаудиторів. Також показано недоцільність визначення енергопотреб гарячого водопостачання за укрупненими показниками в кВт·год/м² без врахування геометричних розмірів будівлі, кількості та видів точок водорозбору, кількості осіб, що використовують гаряче водопостачання, графіків споживання, тощо.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII від 22.06.2017. Голос України. 22.07.2017. №134.
2. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
3. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
4. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 172. Офіційний вісник України. 2018, № 55. С. 334.
5. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018, № 55. С. 301.
6. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №261. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіон України, 2016. 205 с.
8. ДСТУ Б А.2.2-8:2010. Проектування. Розділ «Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів». К.: Мінрегіон України, 2010. 36 с.
9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2017. 37 с.
10. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К.: Мінрегіон України, 2022. 27с.
11. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. К.: Мінрегіон України, 2022. 37с.
12. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of Pavlenko A.M. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155. Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2020/09/EFFICIENCY-OF-USING-ENERGY-IN-THE-HOUSING-SECTOR.pdf>
13. Deshko V., Bilous I., Shovkaliuk M., Huriev M. Evaluation of differentiated impact of apartment building occupants' behavior on energy consumption. 2020 IEEE 7th International conference on energy smart systems. Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020. P. 196–200.
14. Дешко В.І. Оцінювання енергетичних показників для нових житлових будівель в Україні з урахуванням соціальних аспектів / Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Кузьміна Ю.С. Енергетика: економіка, технології, екологія. № 1 (67). 2022. С.29-37. Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/article/view/259146>
15. М.М. Шовкалюк, Є.О. Микита. Оцінка енергетичних характеристик житлової будівлі та сертифікація енергоефективності. Енергетика: економіка, технології, екологія. № 3 (61). 2020. С.57-65. Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/article/view/228619>
16. Портал державної електронної системи у сфері будівництва. Офіційний сайт: <https://e-construction.gov.ua/>
17. ДСТУ EN 15232-1:2017 Енергоефективність будівель. Частина 1. Вплив автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями (EN 15232-1:2017, IDT). К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 43 с.
18. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. К.: Мінрегіон України, 2013. 113 с.
19. ДСТУ Б EN 15316-1:2017 Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреб та енергоефективності системи. Частина 1. Загальні положення (та відображення енергоефективності – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 30 с.
20. Житловий кодекс. Документ № 5464-Х, поточна редакція від 01.08.2021. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5464-10#Text>.

V. Nakhodov, Dr. Eng. Sc., Assoc. Prof., ORCID 0000-0001-7643-5965
M. Shovkaliuk, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-1898-3493
Y. Mykyta, Master, ORCID 0000-0001-6698-7555

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
**ANALYSIS OF APPROACHES TO DETERMINING THE QUANTITY OF THERMAL
ENERGY FOR THE NEEDS OF HOT WATER SUPPLY IN THE ENERGY CERTIFICATION OF
BUILDINGS**

In Ukraine, at the legislative level, as part of the implementation of EU Directives, mandatory energy certification has been introduced for certain types of new and reconstructed buildings. In addition, in order to receive financing from various investment funds and the possibility of participating in state or local thermomodernization programs, it is necessary to perform their energy audit and justify energy-saving measures, assess the energy efficiency class. In Ukraine, there is a complex of regulatory acts, methodical documents, construction norms and standards in the field of energy certification, which is constantly updated. The national methodology for calculating energy efficiency indicators has been passed and the by-laws have changed several times, in particular, in the part of accounting for energy consumption for hot water supply, which in turn affected the energy efficiency class. The article evaluates the influence of different approaches to the calculation and accounting of additional revenues from hot water pipelines on the example of a residential multi-story building in Kyiv. As part of the research, a detailed energy survey was carried out using instrumental and analytical methods, the geometric, thermal and energy characteristics of the building were specified, and a set of measures to increase the level of energy efficiency was proposed. As part of the research, a detailed energy survey was carried out using instrumental and analytical methods, a calculation model was formed and a series of calculations was performed. The impact on the specific energy demand, total energy consumption and energy efficiency class of the existing building of changes in the regulatory framework, the features of taking into account utilized heat losses, the number of consumers is shown.

Keywords: residential apartment building, energy efficiency, energy consumption modeling, energy certification, hot water supply.

References

1. On the energy efficiency of buildings: Law of Ukraine № 2118, 22.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
3. On approval of the Minimum requirements for energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №260. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>
4. On approval of the Procedure for certification of energy efficiency and forms of energy certificate: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 11.07.2018 № 172. Official Gazette of Ukraine. 2018, № 55. S. 334.
5. On approval of the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 11.07.2018 №169. Official Gazette of Ukraine. 2018, № 55. S. 301.
6. On approval of Amendments to the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №261. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
7. DSTU B A.2.2-12: 2015. Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply. K. Ministry of Regional Development of Ukraine, 2016. 205 p.
8. DSTU B A.2.2-8:2010. Designing. Section "Energy efficiency as part of project documentation of objects". K.: Ministry of the Region of Ukraine, 2010. 36 p.
9. DBN V.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings. K.: Ministry of Construction of Ukraine, 2017. 37 p.
10. DBN V.2.6-31:2021. Thermal insulation and energy efficiency of buildings. K.: Ministry of the Region of Ukraine, 2022. 27p.
11. DBN V.1.2-11:2021 Basic requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency. K.: Ministry of the Reion of Ukraine., 2022. 37 p.
12. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of Pavlenko A.M. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155. Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2020/09/EFFICIENCY-OF-USING-ENERGY-IN-THE-HOUSING-SECTOR.pdf>
13. Dешко В., Білюс І., Шовкалюк М., Хурієв М. Evaluation of differentiated impact of apartment building occupants' behavior on energy consumption. 2020 IEEE 7th International conference on energy smart systems. Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020. P. 196–200.

14. Deshko V.I. Evaluation of energy indicators for new residential buildings in Ukraine taking into account social aspects / Deshko V.I., Shovkaliuk M.M., Kuzmina Yu.S. Energy: economy, technologies, ecology. No. 1 (67). 2022. P.29-37. Access mode: <http://energy.kpi.ua/article/view/259146>

15. M.M. Shovkalyuk, E.O. Mykyta Assessment of the energy characteristics of a residential building and energy efficiency certification. Energy: economy, technologies, ecology. No. 3 (61). 2020. P.57-65. Access mode: <http://energy.kpi.ua/article/view/228619/>

16. Portal of the state electronic system in the field of construction. Access mode: <https://e-construction.gov.ua/>

17. DSTU EN 15232-1:2017 Energy efficiency of buildings. Part 1. Effects of automated building monitoring and control systems (EN 15232-1:2017, IDT). K.: SE "UkrNDNC", 2017. 43 p.

18. DBN V.2.5-64:2012 Internal water supply and sewerage. Part I. Design. Part II. Construction. K.: Ministry of Regions of Ukraine, 2013. 113 p.

19. DSTU B EN 15316-1:2017 Building heat supply systems. Methodology for calculating energy consumption and energy efficiency of the system. Part 1. General provisions (and display of energy efficiency - K.: SE "UkrNDNC", 2017. 30 p.

20. Housing Code of Ukraine. Document № 5464-X, edition dated 01.08.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5464-10#Text>.

Надійшла 12.09.2022

Received 12.09.2022