

В.І. Дешко, д-р. техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-8218-3933
М.М. Шовкалюк, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-1898-3493
Н.С. Гончаров, магістр ORCID 0000-0002-4175-8868
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Н.В. Політикiна, експерт-енергоаудитор MistoEnergy, ORCID 0000-0002-7294-3492

ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У БАГАТОКВАРТИРНОМУ БУДИНКУ: ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД

Вартість виробництва теплової енергії невинно зростає, в середньому тарифи по областях України за останні роки збільшилися втричі. Складова оплати за опалення у комунальних витратах є основною для більшості багатоквартирних будівель, але через особливості централізованих систем тепlopостачання мешканці не мають впливу на рівень споживання теплової енергії, до того ж існує проблема нерівномірного розподілу теплоти: одні приміщення є перегрітими, інші - недогрітими. Модернізація інженерних систем опалення з установкою терморегуляторів та приладів-розподільовачів теплоти – один із найбільш обговорюваних на загальних зборах ОСББ захід з енергозбереження, який цікавить більшість мешканців будівель, що експлуатуються. Як показує досвід, після встановлення таких приладів споживання теплової енергії будівлями знижується, що призводить до скорочення витрат на опалення. Актуальність теми даної статті полягає у вивченні сучасних методів індивідуального розподілу теплової енергії в багатоквартирних будинках, зокрема в будинках із вертикальною системою опалення. Об'єктом дослідження є існуючий багатоквартирний будинок у м.Києві, де починаючи з 2019 року були введені в експлуатацію прилади-розподільовачі теплової енергії. Предметом дослідження є методи розподілу споживання тепла між помешканнями та аналіз практичних результатів впровадження такого проєкту в існуючій серійній будівлі у м.Києві.

Ключові слова: багатоквартирна будівля, теплоспоживання, індивідуальний облік, прилади-розподільовачі

Вступ

Одним з основних споживачів теплової енергії в Україні є населення: кінцеве енергоспоживання домашніми господарствами у 2019 році складало 28,4% від загального [1]. Значну частину будівельного фонду складають багатоповерхові будівлі різної енергоефективності. При централізованому опаленні здійснюється якісне регулювання залежно від погодних умов на джерелі енергії, а також регулювання у теплових пунктах, проте існують резерви економії, пов'язані з перегопами у перехідні періоди і відсутністю можливості місцевого регулювання потоку теплової енергії безпосередньо в окремих приміщеннях. Одним із завдань Енергетичної стратегії України до 2035 р. [2] відповідно до вимог Директив ЄС [3,11] є підвищення ефективності діючих систем централізованого тепlopостачання, а також очікується модернізація та вдосконалення систем обліку. Більшість будинків в Україні вже оснащено загальнобудинковими засобами обліку тепла [4], однак ще чимало будівель (до 20%) отримують платіжки залежно від теплового навантаження будівлі, без урахування реального споживання. З індивідуальним (квартирним) обліком теплоти ситуація більш складна. В більшість новобудов із горизонтальною системою опалення, квартирні лічильники тепла закладаються ще на етапі проектування. Однак, більш старі багатоквартирні будівлі (збудовані до 2000 р.) таких систем або не мають, або мешканці встановлюють їх за власний рахунок. В будинках із вертикальною системою опалення альтернативою до теплових лічильників виступають так звані прилади-розподільовачі теплової енергії. На відміну від лічильників тепла, вони обраховують не кількість спожитої енергії, а її частку від загального споживання для кожного опалювального приладу в будівлі.

Використання приладів-розподільовачів – це загальноєвропейська практика, однак в Україні їх встановлення стало можливим із введенням у дію законів України [5,6] та інших нормативних документів [7,8]. У Законах України [9,10] та підзаконних актах до них встановлення засобів обліку та регулювання споживання енергетичних ресурсів вказано як один із основних заходів для підвищення рівня енергоефективності будівель.

Прилад-розподільовач теплової енергії (розподільник) – це складний електронний прилад, який реєструє умовні одиниці споживання теплової енергії опалювального пристрою, на якому він

встановлений. Технічним стандартом на продукцію є ДСТУ EN 834:2017 [12], який забезпечує вимоги до виробництва, монтажу, експлуатації розподільників тепла. Розподільники з одним датчиком вимірюють тільки температуру самого радіатора, а з двома – радіатора та внутрішнього повітря. Прилади-розподілювачі не вимагають втручання в інженерні системи будинку, вони встановлюються безпосередньо на поверхні опалювального приладу, але положення розподільника на радіаторі має принципове значення.

Енергетична криза 1970-х сприяла поширенню індивідуального обліку, але масштабне їх розповсюдження у країнах ЄС відбулося у 1980-х, коли почали з'являтися перші електронні розподільники. З 2016 року розподіл спожитого тепла або його облік є обов'язковими відповідно до Європейської директиви [11], держави-члени ЄС ввели національні правила розподілу опалення приміщень або споживання гарячої води в багатоквартирних будинках, що живляться від системи центрального теплопостачання. Застосування на практиці прийнятої в Україні методики розрахунків [8] є на сьогоднішній день актуальним і недостатньо вивченим питанням, тому потребує детальної уваги.

Мета та задачі

Метою статті є дослідження питання індивідуального обліку теплоспоживання у існуючих багатоквартирних будівлях з вертикальним розведенням системи опалення та аналіз застосування затвердженої методики розподілу теплової енергії при використанні приладів-розподілювачів. Відповідно до мети роботи були поставлені такі **завдання**:

- збір загальної інформації про прилади-розподілювачі теплової енергії, їх види та принципи роботи;
- аналіз діючої нормативної бази стосовно проблеми індивідуального обліку теплової енергії;
- аналіз прийнятої в Україні методики розподілу теплової енергії з визначенням основних проблем, що виникають під час її застосування;
- аналіз практичних результатів розподілу теплової енергії в багатоквартирній будівлі у м.Києві.

Практична цінність даного дослідження полягає у розвитку підходів до індивідуального обліку теплової енергії в існуючих будівлях, що експлуатуються, в тому числі в будівлях із вертикальною системою опалення.

Огляд останніх досліджень і публікацій

Вимірювання та виставлення рахунків фактичного індивідуального споживання мають сенс, якщо користувач обладнаний термостатичними клапанами для адаптації використання опалення до його потреб. Кількість тепла, що подається до певної квартири і кількість тепла, що споживається в квартирі – не дорівнюють одне одному, зважаючи на теплові потоки між квартирами. Дослідження латвійських вчених [13] показало, що теплові надходження від неізольованих трубопроводів, що знаходяться в квартирах (стояків опалення), коливаються від 22,5% до 4,1%. В роботі [13] проаналізовано також вплив приладів-розподілювачів на поведінку мешканців багатоквартирної будівлі. Через відсутність теплоізоляції, теплота легко перетікає між сусідніми квартирами та кімнатами з різною температурою повітря. Це явище аналізується в ряді наукових праць [14,15]. Гафса і Лефевр [16] називають кількість тепла, яке перетікає від однієї квартири до іншої – «викрадене тепло». Дослідження показали [15], що комфортна температура в квартирі з меншою кількістю зовнішніх стін може бути майже повністю забезпечена теплом із сусідніх квартир. Дані про споживання тепла будівлями з розподільниками, проаналізовані Зігельстеном, показують, що протягом першого року, після встановлення розподільників, можна досягти близько 9% економії енергії, але в найближчі роки вона може досягати до 20% [17]. Вчені також вивчали споживання тепла різними групами споживачів, залежно від соціально-економічних факторів домогосподарства [18]. Основним висновком цього дослідження є те, що домогосподарства, які менш мотивовані економити енергію, мають на 4% більше споживання тепла, порівняно з іншими домогосподарствами. Ключовим фактором, що впливає на споживання тепла, є температура в приміщенні та рівень комфорту споживачів [19]. В статті [20] також аналізується проблема перетоків теплової енергії між приміщеннями в будівлях.

У [21] наведено, що реальні умови експлуатації приладів-розподілювачів часто відрізняються від ідеальних умов, що використовуються для калібрування цих пристроїв, що є джерелом багатьох проблем. Умови, що призводять до зниження точності вимірювань приладами-розподілювачами [21]:

- невідомі технічні характеристики опалювальних пристроїв (наприклад, у історичних будівлях);
- накопичення повітря у приладах системи опалення;
- утворення накипу та накопичення брудного осаду;
- наявність штор перед радіатором або екранів, або розташування радіатора в дуже глибокій ніші з вираженою верхньою полицею створюють дуже теплий мікроклімат навколо радіатора;
- помилки при установці (невідповідність позиціонування на 5-10 мм дає помітні похибки);
- теплові характеристики радіатора змінюються залежно від взаємного розташування вхідних та вихідних патрубків, а прилад-розподілювач, як правило, не враховує цих відмінностей та ін.

Матеріал і результати досліджень

Об'єкт дослідження – 18-ти поверхова житлова будівля із вертикальною двотрубною системою опалення та одним під'їздом. Система опалення виконана за незалежною схемою – через теплообмінник в індивідуальному тепловому пункті з погодним регулюванням. Трубопроводи та обладнання теплопункту обладнані ізоляцією. Автоматичні балансуючі клапани, для забезпечення налаштування збалансованого споживання теплової енергії – відсутні. Всі опалювальні прилади в квартирах обладнані термостатичними клапанами. Прилади опалювання представлені біметалевими та чавунними радіаторами. Починаючи із 2019 року в будівлі введено в експлуатацію прилади-розподільвачі теплової енергії. В опалювальний період 2019-2020 років приладами-розподільвачами було обладнано 76 квартир (95% опалювальних приладів). На теперішній час приладами-розподільвачами обладнані усі квартири, крім однієї, де працює індивідуальна система опалення. Основні показники об'єкту наведені в таблиці 1, а зовнішній вигляд фасаду будівлі зображено на рисунку 1. На одному поверсі будівлі знаходиться 5 квартир: однокімнатні – 1 шт., двокімнатні – 2 шт., трикімнатні – 1 шт., чотирикімнатні – 1 шт. Перший поверх будівлі не має житлових приміщень, а другий виділено під офіси. На опалювальних приладах в квартирах встановлено прилади-розподільвачі тепла фірми APTOR METRA, модель E-ITN 30.4. Дані з приладів-розподільвачів, за допомогою радіомодуля, передаються до концентраторів, що знаходяться на поверхах будівлі. Дані з концентраторів, через мережу інтернет, передаються до компанії, що надає послуги з їх обробки та розраховує обсяги нарахувань за спожиту теплоту мешканцями.

Таблиця 1 – Основні характеристики житлового будинку

Найменування	Одиниці	Значення
Кількість поверхів	пов.	18
Рік вводу в експлуатацію	рік	2000
Загальна опалювальна площа приміщень	м ²	6966,53
Кількість квартир	кв.	80
Кількість мешканців	чол.	240
Загальне теплове навантаження на опалення	Гкал/год	0,377
Загальна кількість опалювальних приладів	шт.	340
Кількість стояків системи опалення	шт.	23

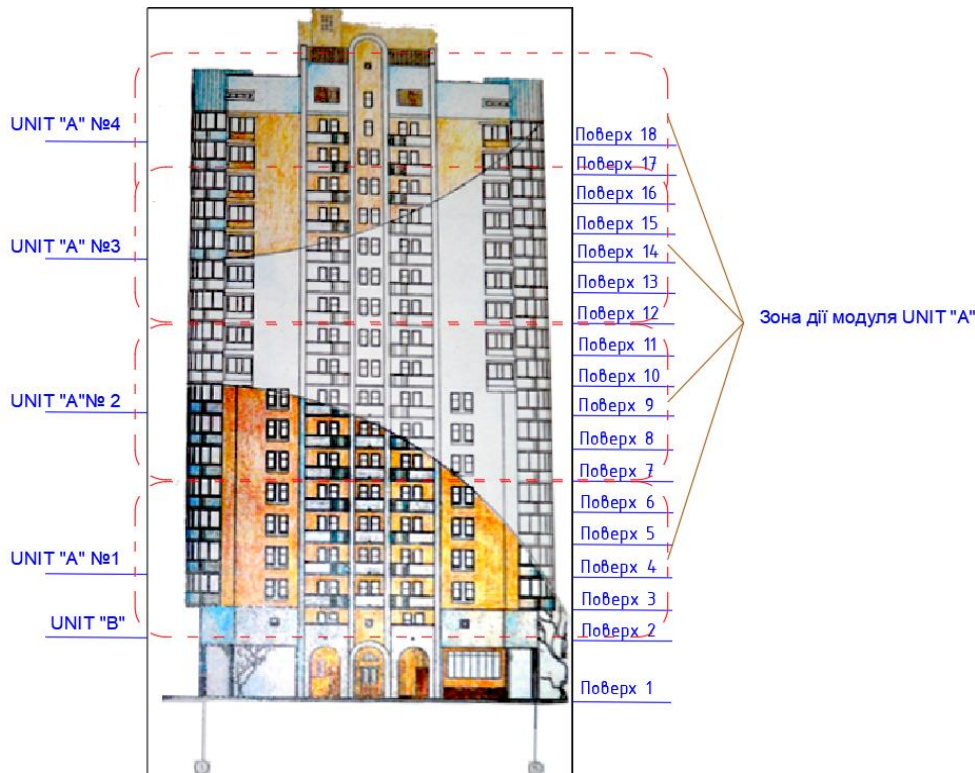


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі з зонами дії концентраторів.

Прилади-розподільвачі обладнані радіомодулем для бездротової віддаленої передачі даних, тобто мешканцям не потрібно самостійно збирати та передавати дані до компанії, яка надає послуги з розподілу теплової енергії та проводить нарахування за спожиту теплову енергію окремими квартирами (білінг). Така система вимагає деяких доповнень: необхідно встановити поверхові концентратори, так звані Unit A та Unit B. Задача концентратора Unit A – збір даних з розподільвачів, що встановлені на приладах опалення в межах одного або декількох поверхів та передача їх до Unit B. Unit B, в свою чергу, передає дані до білінгової компанії через мережу інтернет.

Дані передаються в зашифрованому форматі, для їх дешифровки компанія-виробник розподільників надає білінговій компанії спеціальне програмне забезпечення, без якого доступ до даних отримати неможливо. Оскільки прилади-розподільвачі обмінюються даними із концентраторами за допомогою радіохвиль, часом на їх шляху виникають перешкоди, що заважають сигналу. В таких випадках дані можуть бути зчитані безпосередньо з монітору розподільника мешканцями квартири, після чого передані білінговій компанії (або їх можна зчитати за допомогою переносного зчитуючого пристрою RFU 40).

Опис методики розподілу теплоспоживання багатоквартирного будинку між споживачами

Розподіл між споживачами обсягів спожитої теплової енергії при використанні приладів-розподільвачів виконується згідно із вимогами методики [8]. В методиці присутній ряд поправкових коефіцієнтів для різних типів приміщень, залежно від їх конфігурації, та формул, що їх використовують

Прийняття в Україні нової методики системи індивідуального обліку споживання теплової енергії для будинків з горизонтальною та вертикальною розводкою мало на меті:

-унеможливити невідповідність споживання комунальних послуг за лічильниками та загальнодомовими приладами обліку;

-забезпечити справедливий розподіл послуги між споживачами.

Переваги методики:

-чітке визначення термінів: опалювальне та неопалювальне приміщення, місця загального користування, приміщення з індивідуальним опаленням, приміщення з комбінованою системою опалення, внутрішньо будинкова система опалення, розрахунковий період;

-відповіді на конкретні нагальні питання (приклади розрахунку);

-можливість «налаштування» розрахунків під конкретний будинок;

-урахування поправкових коефіцієнтів в приміщеннях з «невигідним» розташуванням за рішенням співвласників (для кутових приміщень, квартир над неопалювальними підвалами, останніх поверхів та ін.)

Недоліки:

-помилки та неточності;

-складність для ОСББ та постачальників послуг (вимагає затрат часу та ускладнює можливість автоматизації обрахунків, що ускладнює застосування методики при одночасній роботі з великою кількістю будівель);

-потреба у залученні професіоналів та створення ринку білінгу (супроводження розрахунків).

Методика розрахунків передбачає, що баланс теплової енергії буде складатися таким чином. Покази загальнобудинкового приладу обліку включають наступні складові (рис.2):

- покази квартирних приладів обліку,
- покази квартирних приладів-розподільвачів,
- витрати теплоти місць загального користування,
- витрати на функціонування системи опалення,
- витрати квартир, де прилади індивідуального обліку не встановлено.

У кожному розрахунковому періоді протягом опалювального періоду перевіряється дотримання вимоги щодо мінімального споживання теплової енергії в опалюваних приміщеннях, оснащених вузлами розподільного обліку теплової енергії. При перевірці спожитий опалюваним приміщенням обсяг теплової енергії на опалення, віднесений до опалюваної площі цього приміщення, порівнюється з мінімальною часткою середнього питомого споживання теплової енергії і у разі невідповідності відбувається донарахування. Мінімальна частка середнього питомого споживання теплової енергії дорівнює 40-50% від середнього питомого споживання теплової енергії на опалення, тобто $q_{min}^{on} = (0,4 \div 0,5)q^{on}$.

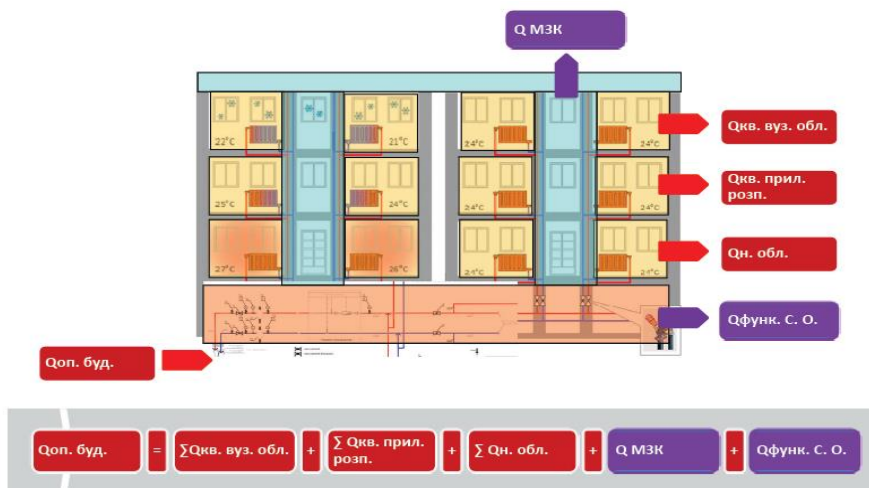


Рисунок 2 – Баланс теплової енергії за методикою [8]

За рішенням мешканців будівлі, було прийнято рішення розраховувати споживання i -го радіатора, оснащеного приладом-розподільвачем теплової енергії ($q_i^{\text{пр-роз}}$), за розрахунковий період за наступною формулою:

$$q_i^{\text{пр-роз}} = N_i \cdot L_i \cdot P_i \cdot K_i, \text{ Гкал} \times \text{у.о.}, \quad (1)$$

де N_i – кількість умовних одиниць на розподільвачі, що встановлено на i -му радіаторі за розрахунковий період, у.о.; L_i – кількість секцій i -го радіатора, шт; P_i – питома потужність i -го радіатора, Гкал, приймається за паспортними даними радіатора; K_i – поправковий коефіцієнт, в залежності від розташування приміщення в будівлі.

Мешканцями будівлі було прийнято рішення відмовитись від використання поправкових коефіцієнтів для розподілу обсягу спожитої теплової енергії на опалення між окремими споживачами.

Кінцеве споживання i -го радіатору визначається за формулою:

$$q_i = \frac{Q^{\text{пр-роз}}}{\sum_i q_i^{\text{пр-роз}}} \cdot q_i^{\text{пр-роз}}, \text{ Гкал}, \quad (2)$$

де $Q^{\text{пр-роз}}$ – кількість теплової енергії, що розподіляється між приладами-розподільвачами теплової енергії, Гкал; $\sum_i q_i^{\text{пр-роз}}$ – сумарне споживання всіх приладів, розрахованих за формулою (1), Гкал \times у.о.

На рисунку 3 зображено графіки сумарного річного поквартирного споживання теплоти за поверхами в результаті обробки даних приладів-розподільвачів.

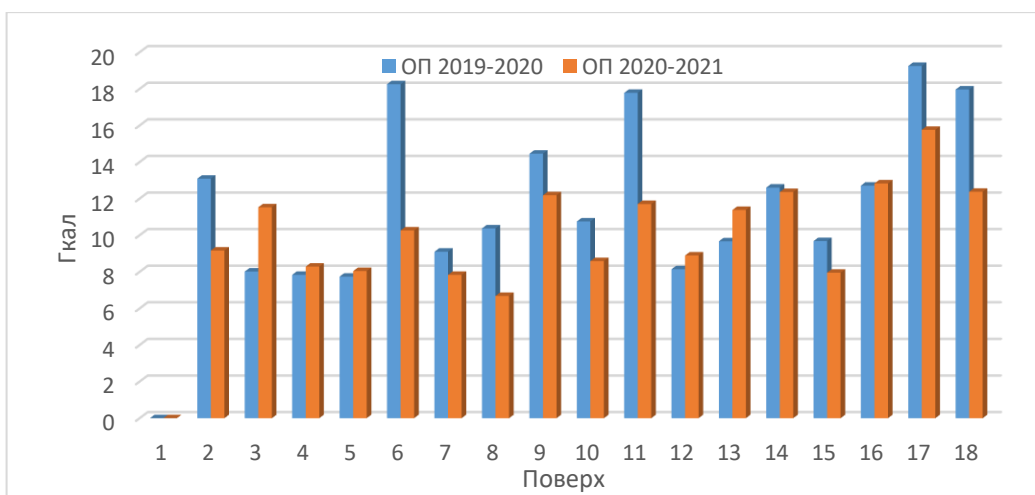


Рисунок 3 – Фактичне споживання енергії за поверхами в результаті розподілу

Збільшене споживання окремих квартир на 6, 11 та 17 поверхах пов'язано із відсутністю приладів-розподілювачів в окремих квартирах поверху у опалювальному періоді 2019-2020 років та особливістю застосування методики нарахування витрат теплової енергії за [8] для таких споживачів.

Для більш детального порівняння даних результати було приведено до стандартних погодних умов (рис.4) за формулою:

$$Q_n = Q_f \cdot \frac{ГД_n}{ГД_f}, \quad (3)$$

де Q_f – фактичне споживання тепла в поточному місяці, Гкал; $ГД_n$ – нормативна кількість градусо-днів, розрахована для кожного місяця, при умові, що $t_{вн}=20^{\circ}\text{C}$; $ГД_f$ – фактична кількість градусо-днів, розрахована для кожного місяця, при умові, що $t_{вн}=20^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 4 – Нормоване річне споживання теплової енергії за останні три роки

За опалювальний сезон 2019-2020 р.р. (перший рік вводу в експлуатацію приладів-розподілювачів), економія теплової енергії складала 17%, а за опалювальний сезон 2020-2021 років - 42% у порівнянні із опалювальним сезоном 2018-2019 років, та 15% у порівнянні із опалювальним сезоном 2019-2020 років.

Проведене порівняння результатів порівняння фактичних даних індивідуального обліку за прийнятою Методикою та за площею за два опалювальних періоди. При порівнянні графіків розподілу теплової енергії за поверхами можна побачити, що в другий рік роботи приладів-розподілювачів споживання тепла стало більш рівномірним (рисунок 5) у порівнянні з попереднім, а піки споживання менш вираженими. Тим не менше, в обидва роки спостерігається збільшене споживання тепла на 9-му, 11-му, 17-му та 18-му поверсі. Причиною цього може бути як регулювання з боку мешканців будівлі, так і помилки в роботі приладів-розподілювачів: наприклад, в деяких приміщеннях присутні загородження перед опалювальними приладами, які призводять до підвищення температури повітря поблизу розподільника. Підвищене споживання енергії на 18-му поверсі може бути частково згладжене введенням поправкових коефіцієнтів. Знижене енергоспоживання в деяких квартирах є результатом відсутності в них мешканців протягом тривалого часу, згідно з інформацією від Голови ОСББ.

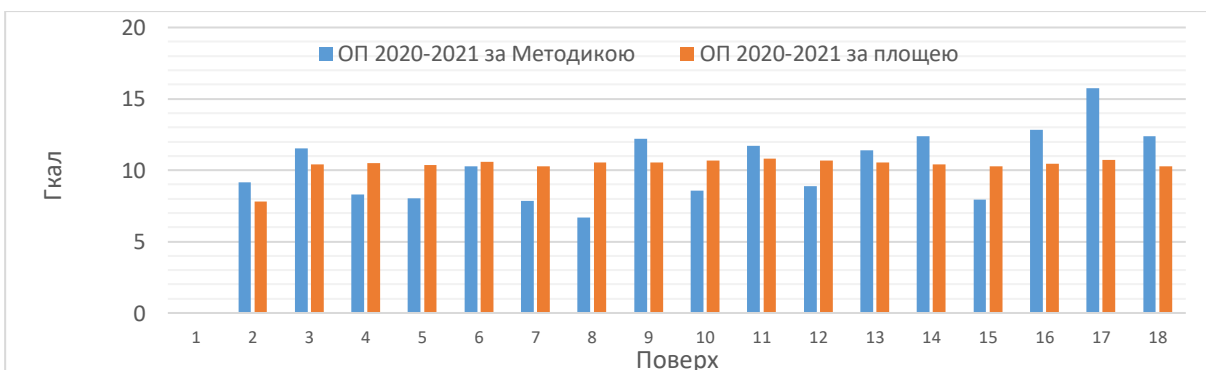


Рисунок 5 – Порівняння фактичних даних розподілу теплової енергії за Методикою та за площею за опалювальний сезон 2020-2021 років

При порівнянні графіків річного споживання бачимо високу нерівномірність споживання енергії між поверхами. Цікаво, що при виникненні піку споживання на одному з поверхів, поверхи вище та нижче нього мають значно нижче споживання. Подібна картина може свідчити про високу долю перетоків тепла між поверхами, що, в свою чергу, призводить до переplat мешканцями тих поверхів, де спостерігаються пікові споживання, адже, окрім себе, вони платять ще й за сусідів. Не дивлячись на значну економію теплової енергії після впровадження індивідуального обліку, дані про розподіл свідчать про те, що в будівлі можливі порушення правил монтажу та експлуатації приладів розподільвачів, що призводить до спотворення їх показів. Тому рекомендується провести додатковий аудит роботи системи обліку та розподілу споживання опалення будинку з аналізом місця установки та стану приладів, а також прискіпливої уваги потребує дослідження проблеми ймовірного використання в окремих квартирах спеціальних приладів чи систем (тепла підлога, опалення балконів тощо). Додаткового вивчення також вимагає питання перетоків теплоти між поверхами. Має сенс провести моделювання енергоспоживання в спеціалізованому програмному забезпеченні, наприклад DesignBuilder та EnergyPlus. Це надасть змогу краще зрозуміти природу таких перетоків та уявлення про те, як компенсувати їх при розрахунках споживання.

Висновки

На основі отриманих даних від приладів-розподільвачів теплової енергії було проведено відповідні розрахунки за затвердженою національною методикою та її аналіз, а також визначено енергоспоживання окремих квартир багатоквартирної будівлі з вертикальною системою опалення. В ході розрахунків було побудовано та проаналізовано графіки споживання теплової енергії, виявлено ряд проблем, що виникають при розподілі теплової енергії. Зокрема можуть бути внесені доповнення до методики [7], наприклад щодо зведення енергетичних балансів при донарахуванні.

Не дивлячись на це, прилади-розподільвачі дозволили суттєво знизити енергоспоживання будівлі, тому їх використання є перспективним напрямом для енергозбереження в Україні та вимагає додаткових досліджень: проведення комп'ютерних моделювань та практичних експериментів для поліпшення результатів розподілу та підвищення їх точності.

Також необхідно відзначити наступне: якщо у мешканців встановити тільки термостатичні регулятори, а оплата від зниження витрат не буде зменшуватися, то у них не буде стимулу дбайливого ставлення до енергоресурсів. У разі, якщо встановити тільки прилади обліку без терморегуляторів, мешканці надалі не зможуть впливати на грошові витрати на потреби опалення. Тому тільки комплексний підхід забезпечить досягнення цілей економії енергоресурсу і грошових коштів.

Список використаної літератури

1. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.09.2017р. №605-р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
3. 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.
4. Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України Режим доступу: <https://saee.gov.ua/>
5. Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» № 2119-VIII від 09.06.2018. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2119-19>.
6. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» №2189-VIII від 01.05.2021. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>.
7. Про затвердження Порядку визначення технічної можливості встановлення вузлів розподільного обліку теплової енергії та економічної доцільності встановлення приладів - розподільвачів теплової енергії. Постанова №829 Кабінету Міністрів України від 24.10.2018. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/829-2018-%D0%BF>.
8. Про затвердження Методики розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг. Наказ Мінрегіонбуду від 22.11.2018 № 315. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18#Text>.
9. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII // ВВР, 2017, № 33, р.359.
10. Закон України «Про Фонд енергоефективності» № 2095-VIII // ВВР, 2017, № 32, ст.344.
11. European Parliament Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union 2012; 315/1.

12. ДСТУ EN 834:2017. Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади з електроживленням (EN 834:2013)/
13. Jelena Ziemele, Ieva Pakere, Dagnija Blumberga, Gatis Zogla. Economy of heat cost allocation in apartment buildings. Riga Technical University, Institute of Energy Systems and Environment, Azenes iela 12/1, Riga, LV 1048, Latvia.
14. Liu L, Fu L, Jiang Y, Guo S. Major issues and solutions in the heat-metering reform in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011;15(1):673–680.
15. Pakanen J, Karjalainen S. Estimating static heat flows in buildings for energy allocation systems. *Energy and Buildings* 2006. Vol. 38(9). p. 1044–1052.
16. Gafsi A, Lefebvre G. Stolen heating or cooling energy evaluation in collective buildings using model inversion techniques. *Energy and Buildings* 2003. Vol. 35(3). p. 293–303.
17. Siggelsten S. Reallocation of heating costs due to heat transfer between adjacent apartments. *Energy and Buildings* 2014. Vol. 75. p. 256–263.
18. Vringer K, Blok TAK. Household energy requirement and value patterns. *Energy Policy* 2007. Vol. 35. p. 553–566.
19. Linde'n AL, Carlsson-Kanyama A, Eriksson B. Efficient and inefficient aspects of residential energy behavior: what are the policy instruments for change? *Energy Policy* 2006. Vol. 34. p. 1918–1927.
20. Simon Siggelsten | (2018) Heat cost allocation in energy efficient multiapartment buildings. *Cogent Engineering*, 5:1, 1438728, DOI: 10.1080/23311916.2018.1438728.
21. Ecotermo. Heat Cost Allocator Drawbacks. Електронне видання. URL: <http://www.ecothermo.it/heat-cost-allocator-drawbacks/>

V. Deshko, Dr. Sc. (Eng.), Prof., ORCID 0000-0002-8218-3933

M. Shovkaliuk, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-1898-3493

N. Honcharov, Msc. ORCID 0000-0002-4175-8868

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

N. Politykina, expert energy auditor MistoEnergy, ORCID 0000-0002-7294-3492

INDIVIDUAL DISTRIBUTION OF THERMAL ENERGY CONSUMPTION IN AN APARTMENT BUILDING: PRACTICAL EXPERIENCE

The cost of thermal energy production is constantly growing, on average, tariffs in the regions of Ukraine have tripled in recent years. The component of payment for heating in utility costs is the main one for most apartment buildings, but due to the peculiarities of district heating systems, residents do not have an impact on heat consumption, and there is a problem of uneven heat distribution: some rooms are overheated, others unheated. The normative documents of Ukraine indicate the installation of metering and regulation of energy consumption as one of the main measures to increase the level of energy efficiency of buildings. Modernization of heating engineering systems with the installation of thermostats and heat distributors is one of the most discussed energy saving measures at the general meeting of condominiums, which is of interest to most residents of buildings in operation. Experience shows that after the installation of such devices, the consumption of thermal energy by buildings is reduced, which leads to a reduction in heating costs.

The relevance of the topic of this article is to study modern methods of individual distribution of thermal energy in apartment buildings, in particular in houses with a vertical heating system. The object of the study is an existing apartment building in Kyiv, where, starting in 2019, thermal energy distributors were put into operation. The subject of the study is the methods of heat distribution between apartments and the analysis of the practical results of the implementation of such a project in the existing serial building in Kyiv.

The following research tasks were set: collection of general information about thermal energy distributors, their types and principles of operation; analysis of the current regulatory framework regarding the problem of individual accounting of thermal energy; analysis of the method of heat energy distribution adopted in Ukraine with identification of the main problems that arise during its application; analysis of practical results of thermal energy distribution in an apartment building in Kyiv.

Keywords: *apartment building, heat consumption, individual metering, distribution devices*

References

1. Official site of the State Statistics Service of Ukraine. Access mode: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. On approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness" Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 18.09.2017. №605-p. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
3. 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.
4. Official website of the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine Access mode: <https://sae.gov.ua/>
5. Law of Ukraine "On commercial accounting of thermal energy and water supply" № 2119-VIII from 09.06.2018. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2119-19>.
6. Law of Ukraine "On Housing and Communal Services" №2189-VIII of 01.05.2021. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>.
7. On approval of the Procedure for determining the technical feasibility of installing thermal energy distribution metering units and the economic feasibility of installing thermal energy distributors. Resolution №829 of the Cabinet of Ministers of Ukraine of October 24, 2018. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/829-2018-%D0%BF>.
8. On approval of the Methodology for distribution among consumers of the volumes of utilities consumed in the building. Order of the Ministry of Regional Development dated 22.11.2018 № 315. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18#Text>
9. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
10. Law of Ukraine "On the Energy Efficiency Fund" № 2095-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, № 32, p.344.
11. European Parliament Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union 2012; 315/1.
12. DSTU EN 834: 2017. Heat flow meters to determine the heat dissipation of indoor heating batteries. Power appliances (EN 834: 2013)
13. Jelena Ziemele, Ieva Pakere, Dagnija Blumberga, Gatis Zogla. Economy of heat cost allocation in apartment buildings. Riga Technical University, Institute of Energy Systems and Environment, Azenes iela 12/1, Riga, LV 1048, Latvia.
14. Liu L, Fu L, Jiang Y, Guo S. Major issues and solutions in the heat-metering reform in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011;15(1):673–680.
15. Pakanen J, Karjalainen S. Estimating static heat flows in buildings for energy allocation systems. *Energy and Buildings* 2006. Vol. 38(9). p. 1044–1052.
16. Gafsi A, Lefebvre G. Stolen heating or cooling energy evaluation in collective buildings using model inversion techniques. *Energy and Buildings* 2003. Vol. 35(3). p. 293–303.
17. Siggelsten S. Reallocation of heating costs due to heat transfer between adjacent apartments. *Energy and Buildings* 2014. Vol. 75. p. 256–263.
18. Vringer K, Blok TAK. Household energy requirement and value patterns. *Energy Policy* 2007. Vol. 35. p. 553–566.
19. Linde'n AL, Carlsson-Kanyama A, Eriksson B. Efficient and inefficient aspects of residential energy behavior: what are the policy instruments for change? *Energy Policy* 2006. Vol. 34. p. 1918–1927.
20. Simon Siggelsten | (2018) Heat cost allocation in energy efficient multiapartment buildings. *Cogent Engineering*, 5:1, 1438728, DOI: 10.1080/23311916.2018.1438728.
21. Ecotermo. Heat Cost Allocator Drawbacks. Електронне видання. URL: <http://www.ecothermo.it/heat-cost-allocator-drawbacks/>

Надійшла 26.08.2021
Received 26.08.2021