

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-10>

УДК 621.317

МИКИЙЧУК Богдан

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0009-0004-2392-7690>

e-mail: [bogdannew@i.ua](mailto:bogdannew@i.ua)

ЯЦУК Василь

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-4213-4862>

e-mail: [vasyl.o.yatsuk@lpnu.ua](mailto:vasyl.o.yatsuk@lpnu.ua)

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІЩЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

*Важливим напрямком впровадження політики всебічної економії енергоресурсів є використання засобів вимірювань та методик обліку витрат. Причому, найскладніша ситуація склалася в галузі обліку використання теплової енергії. Значні проблеми, під час споживання теплової енергії, виникають при спробі її індивідуального обліку для складних об'єктів теплоспоживання. В статті проаналізовано основні чинники, що впливають на ефективність теплопостачання та вказано на недоліки існуючих методик розрахунку витрат тепла на опалення.*

*Розроблено математичну модель теплової ефективності приміщення на основі рівняння теплового балансу приміщення та показника якості теплопостачання.*

*Ключові слова: тепла ефективність, якість теплопостачання, коефіцієнт ефективності використання теплової енергії, математична модель, тепловий баланс*

MYKYICHUK Bohdan, YATSUK Vasyl

Lviv Polytechnic National University

## MATHEMATICAL MODEL OF THE ROOM THERMAL EFFICIENCY BY THE HEAT SUPPLY QUALITY INDEX

*The relevance of the study of the quality of heat supply services is determined by the existence of serious problems of both scientific and applied nature in this area. Applied problems are related to the need to increase the efficiency of the use of energy carriers, and primarily thermal energy. Of course, ensuring the objectivity of accounting for heat consumption is important in this matter. Today, there are a number of thermometers whose accuracy is sufficient for commercial accounting. However, the lack of efficiency in obtaining information about the level of heat consumption, the significant price of heat meters and the lack of a function to remember the values of the quality indicators of heat supply slow down the process of introducing modern technologies into the procedures of mutual settlements between heat generating companies and heat consumers. For the utility industry of Ukraine, under the conditions of insufficient own resources, permanent price increases and instability of the energy market, the problem of their economy is constantly relevant.*

*An important direction in the implementation of the comprehensive energy saving policy is the use of measurement tools and cost accounting methods. Moreover, the most difficult situation has developed in the field of accounting for the use of thermal energy. Significant problems with the consumption of thermal energy arise when trying to individually calculate it for complex objects of heat consumption. The article analyzes the main factors affecting the efficiency of heat supply and points out the shortcomings of existing methods of calculating heat consumption for heating.*

*A mathematical model of the thermal efficiency of the room was developed based on the equation of the thermal balance of the room and the heat supply quality indicator.*

*Key words: thermal efficiency, quality of heat supply, efficiency coefficient of thermal energy use, mathematical model, thermal balance.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Актуальність дослідження якості надання послуг з теплопостачання визначається існуванням в цій області серйозних проблем як наукового, так і прикладного характеру. Прикладні проблеми пов'язані із необхідністю підвищення ефективності використання енергоносіїв, і в першу чергу теплової енергії [1]. Важливим в цій справі є, звичайно, забезпечення об'єктивності обліку споживання тепла. На сьогоднішній день існує ряд тепломірів, точність яких достатня для здійснення комерційного обліку. Однак відсутність оперативності отримання інформації про рівень споживання тепла, значна ціна тепломірів та відсутність функції запам'ятовування значень показників якості надання тепла гальмують процес впровадження сучасних технологій в процедури взаєморозрахунків між тепло генерувальними компаніями та споживачами тепла. Для комунального господарства України за умов недостатності власних ресурсів, перманентного дорожчання та нестабільності ринку енергоносіїв постійно актуальною є проблема їх економії [2-4]. Основна частина житлового фонду має централізоване постачання енергоносіями, причому за багатопідвідним колективним принципом (рис. 1) [4]. Фізичне зношування будівель та устаткування призводить до зростання енерго споживання і на сьогодні не розроблено зручних у практичному

використанні стандартизованих методів та методик, які б об'єктивно (через економічні показники) стимулювали кожного індивідуального споживача до всебічної економії енергоносіїв. Аналіз існуючої структури централізованого постачання енергоносіями за багато підвідним колективним принципом (рис.1) показує практичну трудність простого апаратного (об'єктивного) обліку спожитого теплі індивідуальними споживачами.

Також відсутня нормативна база, що дозволила б здійснювати нарахування оплати за використане тепло із врахуванням якості наданої послуги за звітний період.

У зв'язку з цим задача підвищення достовірності обліку теплової енергії з одночасним оцінюванням її якості, з метою раціонального її використання є надзвичайно актуальною проблемою економіки України.

### Формулювання цілей статті

Метою статті є розроблення математичної моделі теплового балансу складних об'єктів теплоспоживання з використанням показника якості теплозабезпечення.

### Сучасний стан послуг теплопостачання

Системи централізованого теплопостачання представляють собою структурно складні системи пов'язані між собою різноманітними технологічними процесами (рис. 1) [1, 4].

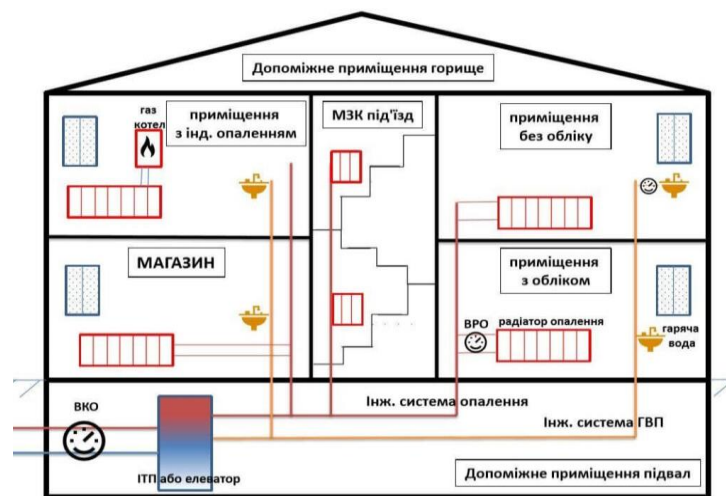


Рис.1 Структура централізованого постачання енергоносіями за багато підвідним колективним принципом  
(<https://www.teplo.od.ua/2021/03/23/2155/>)

На сьогодні масово встановлюються лічильники спожитих тепла, природного газу, холодної і гарячої води. Однак, постачання енергоносіями в сучасних умовах не завжди є ритмічним, їх якісні показники об'єктивно не контролюються, що призводить до порушення прав споживачів і унеможливає реалізацію закону України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» [2]. Існуючі індивідуальні лічильники енергоносіїв морально застаріли, мають недостатньо високий (2...4) клас точності для комерційного обліку, не контролюють якість надаваних послуг з енергопостачання та не дозволяють автоматизувати процеси обліку, контролю, діагностування працездатності та розрахунків за спожиті енергоносії [3, 4]. Крім того, в них відсутні можливості врахування якості спожитих енергоносіїв. Не розроблені також питання бездемонтажної метрологічної перевірки (на місці експлуатації) як окремих лічильників, так і будинкових систем комерційного обліку енергоносіїв (рис. 1).

Уряд дозволив використання приладів-розподільвачів теплової енергії для квартир із вертикальним розведенням труб, де неможливо встановити індивідуальні лічильники. Нагадаю, раніше поквартирний облік тепла був доступний лише мешканцям будинків із горизонтальною системою опалення (рис. 2) [4-6]. Натомість люди, які мешкають у багатоповерхівках, де відсутня технічна можливість встановлення індивідуальних лічильників, сплачують за показаннями комерційного будинкового вузла (складний обсяг тепла розділяють між усіма мешканцями пропорційно до площі їхніх квартир, при цьому вартість опалення місць загального користування окремо не підраховують). Власники ж теплотлічильників платять і за фактично спожиту теплову енергію, і (пропорційно до площі квартири) компенсують частину вартості опалення загальних приміщень - фойє, коридорів, сходових кліток, «візочних» тощо. Останні заощаджують, за підрахунками фахівців у 1,5-2 рази [4, 5].

Але з огляду на високу вартість встановлення приладів обліку, різний рівень доходів громадян і наявну систему субсидування, урядова постанова навряд чи повністю розв'яже проблему «справедливої» оплати за спожите тепло.

Відповідно до Методики загальний обсяг спожитої теплової енергії, визначений за допомогою вузла комерційного обліку теплової енергії, складається з наступних основних складових [5, 6]:

- обсягу теплової енергії на опалення приміщення споживача;
- обсягу теплової енергії на опалення місць загального користування (МЗК) та допоміжних приміщень будинку;
- обсягу теплової енергії на забезпечення функціонування внутрішньо будинкових систем опалення;
- обсягу теплової енергії, який надходить від ділянки транзитного трубопроводу.

Комерційний прилад обліку теплової енергії обліковує всю теплову енергію, витрачену у будівлі, а не лише на опалення квартир, які не відокремлені від системи тепlopостачання. Тому справедливо, що кожне приміщення оплачує свою частку. Дві складові оплачують всі співвласники будівлі – це обсяг теплової енергії, витрачений на опалення МЗК та функціонування системи. Далі неопалювані квартири або квартири з індивідуальним опаленням оплачують за втрачену теплову енергію в транзитних трубопроводах в їх квартирах. Залишок теплової енергії розподіляється на квартири з централізованим тепlopостачанням. Середньо статистично витрачається теплової енергії приблизно: на опалення 80 %, на МЗК – 10 %, на функціонування - 8 %, на стояки – 2 % [4, 5].

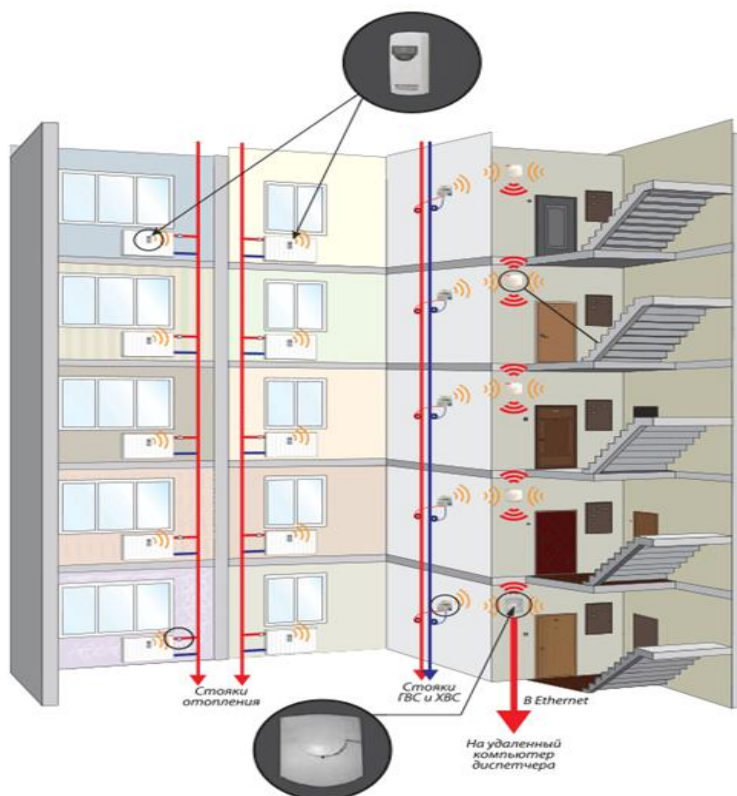


Рис.2 Схема встановлення квартирних приладів обліку в будинках з вертикальною розводкою  
(<https://www.ukrinform.ua/rubric-society/2556917-platimo-lise-za-spozite-teplo-zavilis-novi-mozlivosti.html>)

Це обумовлює необхідність застосування методології системного підходу до оцінювання ефективності теплзабезпечення, тобто розкриття внутрішніх взаємозв'язків між термодинамічними властивостями окремих елементів і підсистем, визначення і врахування основних впливних факторів. Здійснити це без створення адекватних математичних моделей основних елементів та процесів системи тепlopостачання є неможливим.

В даний час на стан системи тепlopостачання в Україні впливають такі чинники (рис. 1, рис. 2):

- невідповідність тарифів і цін теплової енергії витратам на її виробництво;
- споживання тепла за відсутності приладів обліку;
- високий рівень втрат тепла при його передачі та споживанні;
- низький рівень впровадження енергоефективних технологій та обладнання.

Тому виникає необхідність розроблення методики обчислення ціни на теплову енергію, відповідно до якої споживач сплачував би за спожите тепло за диференційованими тарифами. Ці тарифи повинні максимально об'єктивно враховувати рівень споживання конкретного приміщення. В зв'язку з цим виникає необхідність підвищення об'єктивності обліку кількості наданої теплової енергії індивідуальному споживачеві та оцінювання якості послуги тепlopостачання

Існуюча методика розрахунку витрат тепла на опалення приміщень [4-6] є досить складною і базується на використанні середньостатистичних даних встановлених для певних типів приміщень, матеріалів будівель та особливостей конструкції системи опалення. Та основним недоліком цієї методики є її декларативність, яка полягає в тому, що характеристики теплоспоживання конкретного приміщення встановлюються при його будівництві і в подальшому, як правило, використовується як постійна величина. Тому необхідною умовою об'єктивного оцінювання витрати тепла в будівлях, в яких не встановлено пристрої обліку, є розроблення і використання методики розрахунку тепловтрат конкретного приміщення. Ця методика має враховувати результати вимірювань температурного поля будівлі за допомогою тепловізорів, що дозволить визначити індивідуальні особливості теплоспоживання конкретного приміщення. Результати досліджень повинні бути використані при заповненні паспорту, в якому, за результатами енергетичного аудиту приміщення записуються його основні теплоенергетичні характеристики. Проведення щорічної паспортизації приміщень дозволить, по-перше, об'єктивніше оцінювати рівень споживання теплової енергії, по-друге, стимулюватиме впровадження енергозберігаючих заходів.

Сучасний стан розвитку мікроелектронних та інформаційних технологій з доступними за ціною та об'ємами поставок елементної бази та засобів обчислювальної техніки дає можливість стверджувати про доцільність та можливість розроблення будинкових систем комерційного обліку спожитих енергоносіїв для індивідуальних споживачів [7, 8]. Суть методики обліку індивідуально спожитого тепла полягає у визначенні та інтегруванні різниць температур між опалювальним пристроєм і опалюваним приміщенням і базується на визначенні температури і різниць температур. Так як діапазон вимірюваних температур становить приблизно  $(0...+100)$  °C, а різниць температур лише  $\pm(3...10)$  °C, то показано, що при необхідному рівні точності в багатоканальних системах обліку найдоцільніше використовувати в них напівпровідникові сенсори [8]. Окрім цього, окремою важливою задачею є визначення і кількісне врахування рівня якості при наданні житлово-комунальних послуг [9].

Процес обліку використання енергоресурсів повинен містити дві складові: вимірювальну – отримання, за допомогою засобів вимірювань, кількісної інформації про надану споживачеві енергію та розрахункову – розрахунок кількості використаної споживачем енергії з оцінюванням якості наданої послуги:

$$Q_B = K Q_H \quad (1)$$

де  $Q_B$  – кількість використаної теплової енергії;  $Q_H$  – кількість наданої теплової енергії;  $K$  – коефіцієнт ефективності використання теплової енергії приміщенням.

Коефіцієнт  $K$  можна розраховувати на основі методики запропонованої в [7, 9]. Суть методу, полягає в збиранні та інтегруванні параметрів, які безпосередньо відповідають за теплообмін між опалювальними приладами і внутрішнім повітрям в приміщенні.

Цей коефіцієнт можна використовувати як основний показником якості використання теплової енергії приміщенням. Основною проблемою при цьому є встановлення дійсного значення коефіцієнта  $K$ . Очевидно, що коефіцієнт  $K$  буде індивідуальним для кожного облікового приміщення і буде змінюватися від багатьох факторів (зміна тепловтрат приміщення та теплопередачі нагрівних пристроїв, зміна конфігурації приміщення і т.п.).

При цьому необхідно вирішити низку задач, без вирішення яких важко говорити про якість використання теплової енергії.

По-перше, найбільш економічно виправданою є система обліку тепла на основі показів загальнобудинкового тепло лічильника з подальшим розподілом витрат по окремих квартирах на підставі розрахунків на основі співвідношення (1).

По-друге, необхідно вирішити питання забезпечення необхідної стабільності теплового навантаження будинку у випадку поквартирної зміни споживання тепла. А ця проблема виникне із уведенням можливості індивідуального регулювання кількості використаного тепла самим споживачем. Ця вимога зумовлена тим, що найбільш ефективно теплогенеруючі об'єкти працюють при певному стабільному тепловому навантаженні, а його значні відхилення призведуть до зростання ціни виробленого тепла.

По-третє, необхідно вирішити питання соціально-економічного обґрунтування зменшення тарифів на опалення кімнат, які в будинку мають «невигідне» розміщення (кутові, на першому та останньому поверхах).

По-четверте, необхідно розробити методику метрологічної перевірки, яка б забезпечувала єдність показів різних за типом теплотлічильників та стандартизований алгоритм оцінювання теплоспоживання за показами теплотлічильників. Це можливо тільки при метрологічній повірці на місці експлуатації теплотлічильника.

Вирішення всіх цих задач тісно пов'язане із проблемами оцінювання якості використання тепла. Існуюча сьогодні концепція забезпечення якості послуги тепlopостачання є надзвичайно трудомісткою і не вповні відповідає європейським підходам забезпечення якості [10-12]. Зокрема, деякі задекларовані показники

якості, наприклад, зниження температури повітря в приміщенні нижче нормованої та перерви у теплопостачанні, важко оперативно ідентифікувати (у споживача відсутні вимірювачі температури зареєстровані у встановленому законодавством порядку). Наявність необхідних засобів вимірювань у теплопостачальних організацій не гарантують споживачеві потрібної оперативності контролю названих показників якості. Очевидно, що постачальник постарасться уникнути відповідальності шляхом затягування часу контролю показників якості аж до моменту усунення неполадок, які виникли з його вини. А моменти відповідальності місцевих органів влади за недотримання вимог Закону України «Про теплопостачання» є дуже невизначеними та неконкретними.

Тому надзвичайно важливою умовою забезпечення високої якості використання теплової енергії є теоретичне обґрунтування основної ідеї контролю якості теплопостачання шляхом взаємозв'язку між обліком за показами індивідуальних теплічильників та створеної методики розрахунку теплоспоживання за результатами розрахунку по тепловій математичній моделі будинку та моніторингу теплотехнічного стану будинку.

### Визначення інтегрального коефіцієнта теплової ефективності приміщення

Існуючі підходи до створення математичних моделей теплопостачання базуються на формалізації теплового балансу приміщення [7, 8]. Структурно це можна зобразити як (рис. 3):

Рівняння теплового балансу окремого приміщення (будинок, квартира) можна представити як [1, 7, 8]:

$$\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} = \sum_{j=1}^m Q_j^{lux}, \quad (2)$$

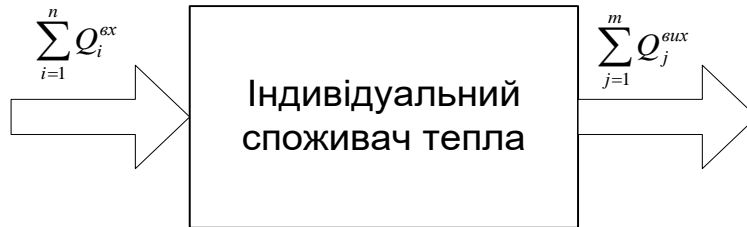


Рис. 3 Тепловий баланс індивідуального споживача тепла

де  $\sum_{i=1}^n Q_i^{ex}$  - сумарні поступлення тепла в приміщення (від опалювальних приладів, побутових

приладів, людей і т.і.);  $\sum_{j=1}^m Q_j^{lux}$  - сумарні тепловтрати приміщення (через огорожувальні конструкції, за рахунок повітрообміну і т.і.).

Необхідною умовою ефективного функціонування систем теплопостачання є високий рівень надійності постачання тепла при забезпеченні необхідного рівня якості. Тому забезпечення теплового балансу приміщення повинно виконуватися при забезпеченні встановлених температурних режимів у приміщенні. Основною якісною умовою є температура в приміщенні  $T \geq 18^\circ\text{C}$ .

Очевидно, що виконання умови теплового балансу та створення комфортної для людини температури внутрішнього повітря можливе при оптимальному поєднанні та виконанні таких умов:

- подача теплової енергії з необхідними кількісними та якісними показниками;
- використання отриманої теплової енергії з необхідним рівнем ефективності.

Оскільки система теплопостачання є технічною системою, тобто є можливість однозначного регулювання її характеристик, доцільно сформулювати критерій ефективності як ймовірність виконання заданих функцій теплопостачання при заданій ймовірності мінімальних втрат тепла.

Цей критерій можна представити коефіцієнтом ефективності функціонування системи теплопостачання:  $k_e(t)$ , що знаходиться з виразу:

$$k_e(t) = P \left\{ t, \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} \geq Q_H^{ex} \right\} \cdot P \left\{ t, Q_H^{ex} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{lux} \right\}, \quad (3)$$

де  $P \left\{ t, \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} \geq Q_H^{ex} \right\}$  - ймовірність того, що в момент часу  $t$  значення вихідного ефекту системи

теплопостачання (рівень наданої теплової енергії) буде не нижчим деякого заданого рівня  $Q_H^{ex}$ ;

$P\left\{t, Q_H^{ex} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{ex}\right\}$  - ймовірність того, що в момент часу  $t$  величина вихідного ефекту системи

теплопостачання -  $Q_H^{ex}$  буде не нижчою сумарних тепловтрат приміщення при забезпеченні необхідних показників якості.

Перший множник виразу (3) визначається структурою системи теплопостачання, показниками надійності окремих її елементів і т.і. Другий множник характеризує ефективність використання тепла будинком і визначається якістю вжитих енергоефективних заходів (рівень тепловтрат через огорожуючі конструкції, ефективність передачі тепла від нагрівних пристроїв внутрішньому повітрю).

Розрахунки складових виразу (3) можуть бути ускладнені відсутністю необхідних вихідних даних. Тому для практичного застосування замість першого множника з виразу (3) можна використати коефіцієнт забезпечення тепловою енергією приміщення:

$$k_{ЗБ}^{ПР} = 1 - \frac{M\{\Delta Q\}}{Q_{пл.}} \quad (4)$$

де  $M\{\Delta Q\}$  - математичне сподівання недостатнього постачання споживачу тепла за плановий період;  $Q_{пл}$  - об'єм планового постачання споживачу тепла за плановий період.

Тоді коефіцієнт забезпечення тепловою енергією достатньо просто розрахувати скориставшись даними за попередній опалювальний сезон.

В основі нормування рівня якості послуги теплопостачання є рівень температури всередині опалювального приміщення.

Математичну модель теплового режиму приміщення в загальному виді можна представити так:

$$C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R = \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{ex} \quad (5)$$

де  $C_R, \rho_R, V_R, T_R$  - відповідно питома теплоємність, густина, об'єм і середня температура приміщення.

Тоді коефіцієнт теплової ефективності приміщення, що визначає другий множник з виразу (3) можна знайти зі співвідношення:

$$k_{ЕФ}^{ПР} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{ex}}{C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R} \quad (6)$$

Зрозуміло, що завдання визначення індивідуального споживання теплової енергії окремим приміщенням з визначення рівня якості забезпечення комфортних температурних режимів є складною науково-технічною задачею.

При цьому необхідно вирішити ряд проблем без вирішення яких важко говорити про якість використання теплової енергії.

По-перше, найбільш економічно виправданою є система обліку тепла на основі показів загальнобудинкового теплотічильника з наступним розподілом витрат по окремих приміщеннях на підставі розрахунків на основі співвідношення (1).

По-друге, необхідно вирішити проблему забезпечення необхідної стабільності теплового навантаження будинку при поквартирній зміні споживання тепла. А ця проблема виникне при введенні можливості індивідуального регулювання кількості використаного тепла самим споживачем. Ця вимога зумовлена тим, що найбільш ефективно теплогенерувальні об'єкти працюють при певному стабільному тепловому навантаженні, а його значні відхилення призведуть до зростання ціни виробленого тепла.

По-третє, необхідно вирішити питання соціально-економічного обґрунтування зменшення тарифів на опалення кімнат, які в будинку мають «невігідне» розміщення (кутові, на першому та останньому поверхах).

По-четверте, необхідно розробити методику метрологічної перевірки, яка б забезпечувала єдність показів різних за типом теплотічильників та стандартизований алгоритм оцінювання теплоспоживання за показами теплотічильників. Це можливо тільки при метрологічній перевірці на місці експлуатації теплотічильника.

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Питання поквартирного обліку тепла повинно мати не тільки технічне (забезпечення збору оперативної та об'єктивної інформації про використання теплової енергії кожним приміщенням), але й адміністративне (впровадження прогресивних методик оцінювання витрат тепла, моніторинг змін теплотехнічних показників окремих приміщень, поточне коригування тарифів). Це дозволить отримувати об'єктивну інформацію про стан використання теплової енергії конкретним приміщенням, оперативно оцінювати якість використання тепла та ввести диференційовані тарифи, що максимально враховуватимуть рівень споживання конкретної квартири.

Введення диференційованих тарифів буде стимулювати як виробників теплової енергії (підвищення ефективності вироблення тепла), так і споживачів (зменшення тепловтрат приміщень та регулювання кількості спожитого тепла). Паспортизація приміщень на основі результатів вимірювань тепловтрат не вимагає значних затрат на переобладнання систем опалення багатоповерхових будівель (з вертикальної подачі тепла на індивідуальні вводи) і, на нашу думку, буде надзвичайно актуальним методом підвищення достовірності обліку споживання теплової енергії із оцінюванням її якості.

### Література

1. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Энергобереження – пріоритетний напрямок державної політики України. Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.
2. Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання. Закон України, Документ 2119-VIII, чинний, поточна редакція - Редакція від 19.08.2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2119-19#Text> (Дата доступу 19.01.2024 р.)
3. Засименко В.М., Яцук В.О. Якісна оцінка метрологічних характеристик температурних каналів індивідуальних теплолічильників // Вісник НУ “ЛП”; “Автоматика, вимірювання та керування”. 2002. – № 445. – С. 155-160.
4. Щодо власників приміщень з індивідуальним опаленням. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.teplo.od.ua/2021/03/23/2155/> (Дата доступу 19.01.2024 р.)
5. Платимо лише за спожите тепло: з'явилися нові можливості. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/2556917-platimo-lise-za-spozite-teplo-zavilis-novi-mozlivosti.html> (Дата доступу 19.01.2024 р.)
6. Про затвердження Методики розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг. Документ z1502-18, чинний, поточна редакція - Редакція від 29.03.2022, підстава - z0360-22. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18#Text> (Дата доступу 20.01.2024 р.)
7. Лозбін В.І., Столярчук П.Г., Засименко В.М., Яцук В.О., Плавинська Т.О. Теплотехнічні аспекти обліку витрат теплової енергії індивідуальними споживачами // Вісник ДУ “Львівська політехніка”; Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. - Вип. 365. - 1999. - С. 88-91.
8. Розроблення теоретичних засад оцінки якості енергоносіїв та створення на цій основі нових методів та засобів для індивідуального обліку спожитого тепла, води, газу та електроенергії. // Звіт держбюджетної НДР “ДБ/Лічильник” (заключний). – № ДР0102U001189. – Львів, 2003. – 40 с.
9. Спосіб визначення спожитої теплової енергії на опалення: Патент України 32611, МКВ G01K17/06. / Засименко В.М., Лозбін В.І., Столярчук П.Г., Яцук В.О. – №98105782; Заявлено 30.10.1998; Опубл. 15.02.2001, Бюл.№1. – 2 с.
10. EN 13829:2000. Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method. – CEN. – 2000.
11. Costantino A., Fabrizio E, Ghigini A, Bariani M. Climate control in broiler houses: A thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions. Energy and Buildings. Vol.169, 15 June 2018, P. 110-126. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.056>
12. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT).

### References

1. Kovalko M.P., Denisjuk S.P. Energy conservation is a priority direction of the state policy of Ukraine. Kyiv: UEZ, 1998. – 506 p.
2. About commercial accounting of thermal energy and water supply. Law of Ukraine, Document 2119-VIII, valid, current edition - Edition dated 08/19/2022. [Electronic resource]. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2119-19#Text> (Access date 19.01.2024)
3. Zasyomenko V.M., Yatsuk V.O. Qualitative evaluation of the metrological characteristics of the temperature channels of individual heat meters // Bulletin of the National University "LP"; "Automation, measurement and control". 2002. - No. 445. - P. 155-160.
4. Regarding the owners of premises with individual heating. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.teplo.od.ua/2021/03/23/2155/> (Date of access January 19, 2024)
5. We pay only for the heat consumed: new possibilities have appeared. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/2556917-platimo-lise-za-spozite-teplo-zavilis-novi-mozlivosti.html> (Date of access January 19, 2024)
6. On the approval of the Methodology for distributing among consumers the volumes of utility services consumed in the building. Document z1502-18, valid, current edition - Edition dated 03.29.2022, basis - z0360-22. [Electronic resource]. Access mode:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18#Text> (Date of access January 20, 2024)

7. V. Lozbin, P. Stolyarchuk, V. Zasimenko, T. Plavynska, V. Yatsuk Heat engineering aspects of calculating individual heat energy consumption when using a collective heat meter.

8. Development of the theoretical basis for assessing the quality of energy carriers and, on this basis, the creation of new methods and means for individual accounting of consumed heat, water, gas and electricity. // State budget report of the NDR "DB/Lichylnik" (final). – No. DR0102U001189. - Lviv, 2003. - 40 p.

9. The method of determining the consumed thermal energy for heating: Patent of Ukraine 32611, MKV G01K17/06. / Zasymenko V.M., Lozbin V.I., Stolyarchuk P.G., Yatsuk V.O. – No. 98105782; Announced on 10/30/1998; Publ. 15.02.2001, Bull. No. 1. - 2 s.

10. EN 13829:2000. Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method. – CEN. – 2000.

11. Costantino A., Fabrizio E, Ghiggini A, Bariani M. Climate control in broiler houses: A thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions. Energy and Buildings. Vol.169, 15 June 2018, P. 110-126. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.056>

12. DSTU EN 12831-1:2017 Energy efficiency of buildings. The method of calculating the design heat load. Part 1. Thermal load, Module M3-3 (EN 12831-1:2017, IDT).