

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

На правах рукопису

МИКИЙЧУК БОГДАН МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.317; 536.53

**СТВОРЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСАД ДЛЯ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ СПОЖИТОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З
ОЦІНЮВАННЯМ ЇЇ ЯКОСТІ**

05.01.02 - стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення
152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
15 «Автоматизація та приладобудування»

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Богдан МИКИЙЧУК

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник –
Доктор технічних наук, професор
Василь ЯЦУК

Ідентичність всіх примірників дисертації

ЗАСВІДЧУЮ:

*Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради*

Роман БАЙЦАР

Львів - 2024

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Теплова енергія є енергоносієм, який широко використовується в промисловості та комунальному господарстві. Значною проблемою, при використанні теплової енергії є труднощі, які виникають при спробі вимірювання її індивідуального споживання. Нормативний метод вимірювання обсягу споживання тепла за узагальненими нормативами, вносить значну недостовірність в систему розрахунків за надання послуги теплопостачання та не сприяє впровадженню ідеології всеохоплюючої економії енергоресурсів. Гостро постає питання створення нормативно-технічного та метрологічного забезпечення обліку споживання індивідуальним споживачем теплової енергії в умовах широкого розповсюдження систем централізованого теплозабезпечення (багатоквартирні будинки), яке забезпечить достатній рівень вірогідності оцінки теплоспоживання окремим приміщенням, щоб можна було здійснювати комерційні розрахунки та виконувати вимоги чинних нормативно-правових актів. Основні проблеми виникають при спробі забезпечити облік індивідуального споживання тепла через відсутність раціональних нормативно-методичних та техніко-економічних практик обліку теплової енергії, які б дозволили в умовах великого розмаїття об'єктів теплоспоживання створити системи обліку з великим ступенем адаптації як до змін теплофізичних властивостей об'єктів теплоспоживання, так і до змін на ринку енергоносіїв.

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.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема наукової роботи відповідає проблемам, над розв'язанням яких працює кафедра, а саме проблемам вимірювання кількості теплової енергії спожитої окремим приміщенням та забезпечення якості послуги теплопостачання. Так, на протязі ряду років працівники кафедри займаються розробкою засобів для вимірювання кількості спожитої теплової енергії, дослідженням теплових явищ, поведінки пристроїв вимірювання тепла в умовах їх експлуатації, розробленням

методів та засобів бездемонтажного контролю їх метрологічних характеристик. Тема даної наукової роботи дозволяє доповнити тематику кафедри, розширити пізнання в області дослідження залежності якості надання послуг теплопостачання від достовірності їх обліку, з метою забезпечення задоволеності споживачів в умовах підвищення енергоощадності української економіки. Основні результати роботи були використані при розробці держбюджетної теми “Розроблення будинкових систем для індивідуального обліку спожитого тепла, води, газу з оцінкою їх якості («СТЕП»)", № держреєстрації 0104U002312.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є аналіз існуючих методів вимірювання кількості спожитої теплової енергії та пошук методів удосконалення нормативно-технічного забезпечення індивідуального обліку споживання теплової енергії в Україні з оцінюванням якості послуги теплозабезпечення.

Для реалізації окресленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз нормативно-правового та нормативно-методичного забезпечення стовно вимог до індивідуального обліку споживання теплової енергії складними теплотехнічними об'єктами та визначити показники які забезпечать погодження інтересів виконавця та споживача при здійсненні комерційного обліку послуги теплопостачання та оцінюванні її якості;

- здійснити оптимізацію структури і функцій системи індивідуального обліку тепла багатоквартирного будинку та розробити метод структурування функції якості послуги теплопостачання для забезпечення умов її постійного вдосконалення;

- розробити математичну модель індивідуального споживання теплової енергії окремим приміщенням та провести оцінку її придатності застосування для складних теплотехнічних об'єктів;

- дослідити специфіку оцінювання ефективності використання теплової енергії окремого приміщення шляхом врахування його теплофізичних властивостей та оцінювання якості послуги тепло забезпечення;

- розробити структуру та алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку для ідентифікації місць критичних тепловтрат, що створюватиме умови оперативного покращення теплової ефективності приміщення.

Об'єкт дослідження – процес обліку теплової енергії індивідуальними споживачами з оцінюванням її якості.

Предмет дослідження – науково-методичні та науково-технічні засади підвищення ефективності обліку споживання теплової енергії індивідуальними споживачами з оцінюванням її якості.

Методи дослідження. У дисертації використано теоретичні аспекти інформаційно-вимірювальної техніки та метрології, моделювання, програмування, розроблення, дослідження та стандартизації, в тому числі у галузі метрологічного забезпечення засобів вимірювальної техніки. Математичне моделювання базується на вирішенні задач про передачу, використання та облік теплової енергії. Використовуються положення теорії теплопровідності, а також викладки теорії математичного моделювання теплових процесів. Використовувалася сучасна теорія оцінювання якості.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку теоретичних, методологічних та нормативно-технічних основ індивідуального обліку споживання теплової енергії та методів оцінювання якості послуг теплопостачання.

У дисертаційній роботі отримано наступні наукові результати:

Вперше запропоновано:

- коефіцієнт теплової ефективності приміщення, як вимірюваний показник тепловтрат приміщення, нормування якого, при здійсненні комерційного обліку, сприятиме погодженню інтересів виконавця і споживача послуги теплопостачання та визначенню рівня якості наданої послуги.
- метод структурування функції якості послуги теплопостачання, що дає змогу підвищити ступінь відповідності наданої послуги, реалізувати

принцип постійного вдосконалення та сприяє підвищенню вірогідності оцінювання якості при мінімізації витрат на його реалізацію.

- удосконалено математичну модель споживання теплової енергії, шляхом нормування надійності послуги тепlopостачання та оцінювання теплової ефективності приміщення, що дає змогу оперативно визначати тепловий баланс окремого приміщення та підвищити точність обліку використаної теплової енергії індивідуальним споживачем.

- отримала подальший розвиток методологія підвищення ефективності використання теплової енергії шляхом врахування теплофізичних властивостей приміщення та оцінювання якості теплозабезпечення, що дає змогу інтегрувати такий підхід в нормативне забезпечення комерційного індивідуального обліку споживання теплової енергії.

- удосконалено метод тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку із застосуванням CANNY та Hot Pixels Seeds алгоритмів для ідентифікації місць критичних тепловтрат, що дає змогу оперативно оцінювати теплову ефективність приміщення.

Практичне застосування отриманих результатів. результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри «Інформаційні вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка» для підготовки фахівців за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», в тому числі аспірантів - дисциплін «Вибрані питання опрацювання результатів вимірювань та вимірювальних сигналів», «Проблеми технічного регулювання та оцінювання відповідності».

Особистий внесок здобувача. Здобувачем особисто сформовано постановку задачі з вивчення можливості впровадження сучасної теорії оцінювання споживання теплової енергії окремим приміщенням багатоквартирного будинку з централізованим тепlopостачанням. Досліджено математичну модель та специфіку споживання теплової енергії окремим приміщенням багатоквартирного будинку. Сформульовано вимоги до структури системи обліку тепла та розроблено алгоритм оцінювання теплової ефективності

окремим приміщенням. Удосконалено методику тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку. Розроблено рекомендації до удосконалення методики розподілу між споживачами теплової енергії. Розроблено алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання та пропозиції щодо підвищення точності обліку теплової енергії.

Апробація результатів. Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та результати досліджень доповідались і обговорювались на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних і науково-технічних конференціях: V Міжнародній науково-практичній конференції «Innovative development of science, technology and education» 15-17 лютого 2024 року, м. Ванкувер, Канада; Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 85)» 15-16 лютого 2024 року, м. Тернопіль, Україна, м. Ополе, Польща; Міжнародній мультидисциплінарній науковій інтернет-конференції «Світ наукових досліджень. Випуск 27» 22-23 лютого 2024 року, м. Тернопіль, Україна, м. Ополе, Польща.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із переліку умовних позначень та скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок, з яких 124 сторінок основного тексту, що містять 14 рисунків та 6 таблиць. Список використаних джерел налічує 98 найменувань.

Публікації: За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових праць, з них 8 статей у фахових виданнях України, 1 стаття – у науковому періодичному виданні іншої держави, що включене до міжнародної наукометричної бази даних, 4 тези доповідей.

Створення нормативно-технічних засад для індивідуального обліку спожитої теплової енергії з оцінюванням її якості

АНОТАЦІЯ

Микийчук Б.М. Створення нормативно-технічних засад для індивідуального обліку спожитої теплової енергії з оцінюванням її якості. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти та науки України, Львів, 2024.

Дисертація присвячена розвитку теорії нормативно-технічних засад для індивідуального обліку спожитої теплової енергії з оцінюванням її якості.

У першому розділі проаналізовано існуючі методи обліку спожитої теплової енергії. Здійснено їх порівняльний аналіз стосовно можливостей їх застосування для обліку споживання тепла окремим приміщенням багатоквартирного будинку. Встановлено, що найбільш раціональною схемою обліку спожитої теплової енергії є її комерційний облік за результатами вимірювання будинкового вузла обліку з наступним розподілом між індивідуальними споживачами за показами квартирних пристроїв-розподілювачів тепла. Здійснено огляд існуючих засобів обліку споживання теплової енергії та виявлено їх особливості застосування для обліку теплової енергії індивідуальними споживачами багатоквартирного будинку. Здійснено аналіз чинного нормативно-правового забезпечення комерційного обліку теплової енергії та показано необхідність його удосконалення у напрямку підвищення вірогідності результатів обліку та підвищення рівня забезпечення якості послуги теплопостачання.

У другому розділі розроблено та проаналізовано математичну модель індивідуального споживання теплової енергії окремим приміщенням багатоквартирного будинку. Встановлено необхідні умови забезпечення яких є важливою умовою виконання вимог чинних нормативно-правових актів

стосовно забезпечення якості послуги теплопостачання. Показано, що важливою умовою виконання договірних зобов'язань між виконавцем та споживачем послуги теплопостачання є забезпечення відповідного рівня теплової ефективності приміщення. Запропоновано нормувати коефіцієнт теплової ефективності приміщення та здійснювати його періодичне оцінювання за результатами теплотехнічного аудиту. Досліджено специфіку індивідуального обліку спожитої теплової енергії у будинках з великою кількістю споживачів. Встановлено практичну трудність комерційного обліку спожитого тепла у складних теплотехнічних об'єктах при існуючому методичному забезпеченні. Запропоновано підхід до раціонального об'єднання різних методів обліку теплової енергії при здійсненні комерційного обліку споживання тепла індивідуальним споживачем. Для врахування поточних теплотехнічних характеристик окремих приміщень багатоквартирного будинку розроблено алгоритм визначення їх коефіцієнтів теплової ефективності, який базується на граф-моделі теплового балансу приміщення в багатоквартирному будинку, який дозволяє враховувати індивідуальні теплофізичні властивості приміщення.

У третьому розділі розроблено структурну схему системи комерційного обліку теплової енергії багатоквартирного будинку, визначено її функції та проаналізовано вимоги до структурних елементів. Проаналізовано вимоги до тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючи будинку. Розроблено структуру системи тепловізійного моніторингу яка складається з тепловізійної камери, фотокамери на основі матриці із зарядовими зв'язками та пірметра. Розроблено алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу, який дозволяє здійснювати ідентифікацію місць тепловтрат та прив'язку їх до конкретного місця огорожуючої конструкції досліджуваного будинку. Також, розроблено блок-схему використання морфологічного та CANNY алгоритмів обробки даних за результатами тепловізійного моніторингу. Проаналізовано необхідні умови для підвищення точності обліку споживання тепла окремим приміщенням. Розроблено підхід до оцінювання непевності результатів

вимірювання теплової енергії для систем з витратомірами та лічильниками різних типів.

У четвертому розділі розроблено рекомендації до методики розподілу витрат теплової енергії між споживачами багатоквартирних будинків. Запропоновані зміни до методики дозволить здійснювати розподіл обсягів спожитої теплової енергії між споживачами багатоквартирних будинків у випадку застосування загально будинкових вузлів обліку тепла та наявності споживачів, приміщення яких оснащені, не оснащені пристроями розподілу тепла та які обладнані автономними системами опалення. Розроблено алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання який може використовуватися при плануванні і організації теплопостачання індивідуального споживача, а також, підтвердження права на зміну розміру оплати у разі зниження якості послуги.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, метрологічні характеристики, система обліку теплової енергії, лічильники теплової енергії, кваліметричне оцінювання, тепловізійний моніторинг, якість послуги теплопостачання.

Creation of normative and technical principles for individual accounting of consumed thermal energy with assessment of its quality

ABSTRACT

Mykyichuk B. M. Creation of normative and technical principles for individual accounting of consumed thermal energy with assessment of its quality. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 152 "Metrology and information-measuring technology" - Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2024.

The dissertation is devoted to the development of the theory of regulatory and technical principles for individual accounting of consumed thermal energy with assessment of its quality.

In the first chapter, the existing methods of accounting for consumed thermal energy are analyzed. Their comparative analysis was carried out in relation to the possibilities of their application for accounting for heat consumption in individual rooms of an apartment building. It has been established that the most rational accounting scheme for consumed thermal energy is its commercial accounting based on the measurement results of the home accounting unit with subsequent distribution among individual consumers according to the readings of apartment heat distribution devices. An overview of the existing means of accounting for thermal energy consumption was carried out and the peculiarities of their application for accounting for thermal energy by individual consumers of an apartment building were revealed. An analysis of the current regulatory and legal provision of commercial thermal energy accounting was carried out and the need for its improvement in the direction of increasing the reliability of the accounting results and increasing the level of quality assurance of the heat supply service was shown.

In the second chapter, a mathematical model of individual heat energy consumption by a separate room of an apartment building was developed and analyzed. The necessary conditions have been established, the provision of which is

an important condition for the fulfillment of the requirements of the current legal acts regarding the quality assurance of the heat supply service. It is shown that an important condition for the fulfillment of contractual obligations between the executor and the consumer of the heat supply service is to ensure the appropriate level of thermal efficiency of the premises. It is proposed to standardize the coefficient of thermal efficiency of the room and carry out its periodic assessment based on the results of a thermal audit. The specifics of individual accounting of consumed thermal energy in houses with a large number of consumers have been studied. The practical difficulty of commercial accounting of consumed heat in complex heat engineering objects with the existing methodical support has been established. An approach to the rational combination of various methods of accounting for thermal energy in the implementation of commercial accounting of heat consumption by an individual consumer is proposed. To take into account the current thermal technical characteristics of individual rooms of an apartment building, an algorithm for determining their thermal efficiency coefficients has been developed, which is based on the graph of the thermal balance of the room in the apartment building, which allows taking into account the individual and thermophysical properties of the room.

In the third chapter, a structural diagram of the system of commercial thermal energy accounting of an apartment building is developed, its functions are defined, and the requirements for structural elements are analyzed. The requirements for thermal imaging monitoring of heat loss in external enclosing buildings have been analyzed. The structure of the thermal imaging monitoring system, which consists of a thermal imaging camera, a photo camera based on a matrix with charge connections, and a pyrometer, has been developed. An algorithm of the television monitoring system has been developed, which allows identification of places of heat loss and linking them to a specific place of the enclosing structure of the house under study. Also, a block diagram of the use of morphologic and CANNY data processing algorithms based on the results of thermal imaging monitoring was developed. Necessary conditions for increasing the accuracy of accounting for heat consumption by individual rooms have been analyzed. An approach to estimating the uncertainty of

heat energy measurement results for systems with flowmeters and counters of various types has been developed.

In the fourth chapter, recommendations for the method of distribution of thermal energy costs between consumers of multi-apartment buildings are developed. The proposed changes to the methodology will allow for the distribution of consumed heat energy between consumers of multi-apartment buildings in the case of the use of general building heat metering units and the presence of consumers whose premises are equipped, not equipped with heat distribution devices, and which are equipped with autonomous heating systems. An algorithm for assessing the quality of the heat supply service has been developed, which can be used in the planning and organization of the heat supply of an individual consumer, as well as confirmation of the right to change the amount of payment in case of a decrease in the quality of the service.

Key words: metrological support, metrological characteristics, thermal energy accounting system, thermal energy meters, qualitative assessment, thermal imaging monitoring, quality of heat supply services.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Микийчук Б. М., Яцук В.О. / Математична модель теплової ефективності приміщення з урахуванням показника якості теплопостачання // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: міжнародний науково-техн. журнал. – 2024. - №1.- С.74-81. - Бібліогр.: 12 назв. - укр. – <https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/255/221>.
2. O. Honsor, V. Mykyichuk / Fundamental aspects of metrological support in IoT // Measuring Equipment and Metrology - 2024. – Vol. 85 (1), № 1. - P. 50-56 – <https://science.lpnu.ua/istcmtm/all-volumes-and-issues/volume-85-no1-2024/fundamental-aspects-metrological-support-iot>.
3. П. Столярчук, Б. Микийчук, В. Яцук, О. Шпак / Оптимізація методики контролю якості сонячних колекторів // Вимірюв. техніка та метрологія: міжвід. наук.-техн. зб.. - 2014. - Вип. 75. - С. 119-124. - Бібліогр.: 10 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000524098>.
4. П. Г. Столярчук, М. М. Микийчук, В. Р. Куць, Б. М. Микийчук / Метод декомпозиции функции качества системы метрологического обеспечения производства // Устойчивое развитие. — Варна. — 2013. — № 12. — С. 25 — 30.
5. Б. М. Микийчук, В. О. Яцук / Математична модель теплової ефективності приміщення з показником якості теплопостачання // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2010. - № 665. - С. 164-168. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000333104>.
6. Б. Микийчук, В. Яцук / Порівняльний аналіз методів обліку теплової енергії індивідуальними споживачами // Вимірюв. техніка та метрологія. - 2010. - Вип. 71. - С. 66-71. - Бібліогр.: 10 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000345601>.
7. Б. М. Микийчук, В. О. Яцук, П. Г. Столярчук / Інформаційно-вимірювальні системи індивідуального обліку теплової енергії // Методи та прилади контролю якості. - 2010. - № 24. - С. 65-68. – <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/3540>.

8. Б. М. Микийчук / Переваги автоматизованих систем індивідуального обліку витрат теплової енергії з оцінюванням якості тепlopостачання // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2009. - № 639. - С. 193-195. - Бібліогр.: 2 назв. - укр. – <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000210426>.

9. Б. Микийчук / Системи раціонального обліку та розподілу теплової енергії в оселях - перспективний напрямок енергоощадності // Вимірюв. техніка та метрологія. - 2009. - Вип. 70. - С. 103-105. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000213634>.

10. Микийчук Б. М. / Актуальні питання метрологічної надійності вимірювання температури // Міжнародна мультидисциплінарна наукову інтернет-конференція "Світ наукових досліджень", Тернопіль – Ополе, 22-23 лютого 2024 – <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/5319/>.

11. Микийчук Б. М. / Вимоги до якості під час надання послуг тепlopостачання в житлово-комунальній сфері // Proceedings of V International Scientific and Practical Conference «Innovative development of science, technology and education», Vancouver, Canada, 15-17 February 2024 – <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/02/innovative-development-of-science-technology-and-education-15-17.02.2024.pdf>.

12. Микийчук Б. М. Системи інтелектуально-раціонального обліку та розподілу теплової енергії в оселях – перспективний напрямок енергоощадності // International Scientific Internet Conference «Information society: technological, economic and technical aspects of formation», Ternopil – Opole, February 15-16, 2024 – <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1612/>

13. Лапченко Ю., Микийчук Б., Паращич Р. / Метод оцінювання якості використання теплової енергії // Міжнародноа науково-практична конференція «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи», 22-24 травня 2013 р., Львів. С. 237.

ЗМІСТ

| | |
|---|------------|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ..... | 17 |
| ВСТУП..... | 18 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ І НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ..... | 21 |
| 1.1. Аналіз існуючих методів обліку спожитої теплової енергії окремим приміщенням | 21 |
| 1.2. Порівняльна характеристика засобів обліку теплової енергії..... | 32 |
| 1.3. Аналіз нормативно-правового забезпечення послуг теплопостачання та індивідуального обліку тепла..... | 40 |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ НАУКОВО- МЕТОДИЧНИХ ЗАСАД ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ..... | 53 |
| 2.1. Дослідження математичної моделі індивідуального споживання теплової енергії | 53 |
| 2.2. Дослідження специфіки індивідуального обліку спожитої теплової енергії в будинках з великою кількістю споживачів | 61 |
| 2.3. Розроблення алгоритму оцінювання ефективності використання теплової енергії індивідуальним споживачем | 73 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ НАУКОВО- ТЕХНІЧНИХ ЗАСАД ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛА..... | 80 |
| 3.1. Структура системи обліку теплової енергії індивідуальним споживачем..... | 80 |
| 3.2. Тепловізійний моніторинг тепловтрат будівель | 87 |
| 3.3. Підвищення точності обліку теплової енергії окремим приміщенням ... | 100 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГИ З ПОСТАЧАВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ | 108 |
| 4.1. Структурування функції якості послуги теплопостачання та алгоритм її оцінювання | 108 |

| | |
|---|------------|
| 4.2. Розроблення рекомендацій до методики розподілу витрат теплової енергії на опалення між споживачами багатоквартирного будинку | 118 |
| ВИСНОВКИ..... | 126 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 128 |
| ДОДАТКИ..... | 139 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЗВТЕ – засоби вимірювання теплової енергії

ЖКГ – житлово-комунальне господарство

ТВК – тепловізійна камера

ПВТ – пірометричний вимірювач температури

ПЗЗ – пристрій із зарядовим зв'язком

ЦТП – центральний тепловий пункт

ВСТУП

Традиційний підхід до управління системами теплопостачання передбачає виробництво теплової енергії в обсягах, достатніх для забезпечення очікуваних теплових втрат через зовнішні огороження будівель. З погляду теорії управління, цей підхід ґрунтується на принципі управління за збуренням. Відсутність автоматичного контролю за фактичним тепловим станом приміщень, що опалюються, призводить до значних витрат палива у період потепління і значного погіршення якості опалення у період похолодання.

Одним із основних недоліків наявних систем управління теплопостачанням, які використовують принцип центрального якісного регулювання за нормативним температурним графіком опалення, є відсутність зворотного зв'язку щодо реального стану опалюваних приміщень. Це призводить до недостатнього задоволення потреби індивідуальних споживачів у теплі, що проявляється в реакції споживачів, які вирішують додатково опалювати свої приміщення за допомогою побутових засобів, що в свою чергу призводить до значних втрат палива та енергоресурсів.

Економне та ефективне використання теплової енергії в житлово-комунальному секторі України має важливе соціально-економічне значення, оскільки власні енергетичні ресурси обмежені та є різниця у темпах зростання тарифів порівняно з реальними доходами населення. Останнім часом індивідуальні системи опалення проголошуються як переконлива альтернатива централізованим системам. Проте використання таких систем у багатоповерхових будинках розвинених країн може бути складним, оскільки вони ефективно працюють лише з використанням газу як джерела енергії. Використання твердого або рідкого палива у таких будівлях практично неможливе через екологічні та організаційні проблеми [1, 2]. У цьому контексті спалювання будь-якого виду палива у великих котельнях завжди буде більш ефективним, ніж у малих.

Переваги централізованого опалення підтверджує наявність достатніх внутрішніх ресурсів вугілля та відповідна інфраструктура для його видобутку в

Україні. Це дозволяє зробити висновок, що принцип колективного теплопостачання залишиться основним для більшості населення у майбутньому. Крім того, більшість будівель в країні вже обладнані централізованими системами опалення. Враховуючи ці умови, облік спожитої теплової енергії з можливістю індивідуального регулювання стає об'єктивним стимулом для всебічної економії.

Впровадження енергоефективних технологій має охоплювати всі аспекти суспільного життя, включаючи житлові будинки. Уже здійснено перші кроки у цьому напрямку: нові будівлі оснащуються відповідною теплоізоляцією, встановлюються пластикові вікна, в квартирах встановлюється індивідуальне опалення і т. д. Ці заходи безперечно важливі й корисні, і вже дають позитивні результати. Проте, чи достатньо цього для вирішення проблеми? У наших будинках потрібно впроваджувати передові технології, які вже використовуються в промисловості. Для оцінки якості наданої послуги з опалення та встановлення відповідних тарифів необхідно в реальному часі вимірювати та реєструвати температуру в опалюваних приміщеннях [3, 4].

Витрати на експлуатацію різних типів лічильників споживання енергії, які встановлюються на даний час, стають надто високими через складнощі в обслуговуванні, знятті оперативних та об'єктивних показів, обліку, профілактичного обслуговування, повірки і ремонту. Ці витрати, у будь-якому випадку, перевищують вартість самого лічильника і його монтажу. Розташування таких лічильників в різних місцях квартири, які були б доступні для зняття показів, потребує регулярних візитів різних операторів в ізольовані квартири, точного збирання показів, що може стати неприпустимим для мешканців квартири.

Застосування системи рівнянь теплового балансу та вимірювання температур вздовж стояків (у кожній квартирі) за допомогою статистичних методів дозволяє контролювати зміну витрат енергії порівняно з прогнозованими значеннями при проектуванні. Результати експлуатації споруд підтверджують практичну достовірність використаних співвідношень для

розрахунку систем опалення за умов нормальної роботи котельні. Це означає, що на початковому етапі розподіл витрат між стояками відповідає розрахунковим значенням і може бути використаний для подальших розрахунків.

Впровадження систем інтелектуально-раціонального управління ресурсами в житлових приміщеннях допоможе вирішити не лише проблему збереження енергії, але також підвищить рівень комфорту та безпеки. Найбільш ефективно такі системи впроваджувати на етапі проектування нових будівель. При цьому впровадження таких систем є вигідним для всіх учасників ринку нерухомості.

Одним з ключових завдань є організація раціонального використання тепла та автоматичне регулювання температури у кожній окремій кімнаті, враховуючи критерії економії та комфорту. У випадку відсутності мешканців вдома, система автоматично знижує температуру в кімнатах до прийняттого мінімуму, а під час їхнього повернення, або негайно після цього, температура автоматично налаштовується до необхідного значення. Аналогічний алгоритм застосовується вночі: коли всі сплять, температура знижується, а за певний час перед тим, як хтось прокинеться, вона автоматично повертається до зазначеного рівня. При цьому в кожній кімнаті може бути встановлена своя бажана температура.

Таким чином, ми маємо принаймні два періоди, коли не потрібно підтримувати зазначену температуру. Це дозволить економити тепло і кошти без участі користувача, що, звичайно, неможливо досягти за допомогою ручних регуляторів на батареях.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ І НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Аналіз існуючих методів обліку спожитої теплової енергії окремим приміщенням

На поточному етапі розвитку України велике значення має завдання зниження енерговитрат економіки. Ця проблема стала особливо актуальною останнім часом, через зростання цін на енергоносії. Один із способів впровадження державної політики повного збереження енергоресурсів полягає у використанні спеціальних засобів вимірювання - пристроїв обліку витрат [4, 5, 6]. Однак, на шляху впровадження пристроїв обліку енергоносіїв існує ряд перешкод [7, 8, 9, 10]. Особливо складна ситуація склалася в сфері обліку теплової енергії, перш за все, через високу вартість пристроїв теплообліку - до кількох тисяч гривень. Один з основних недоліків традиційних індивідуальних теплолічильників полягає у необхідності врізання їх у наявну систему теплопостачання, що особливо ускладнюється у зв'язку з вертикальним розташуванням опалювальних систем у більшості багатоповерхового житлового фонду, за якої в помешканні може бути кількість теплових стояків рівна кількості опалюваних кімнат, що під час практичної реалізації системи індивідуального обліку тепла, необхідно буде встановлювати витратоміри на кожному стояку або здійснювати значні модифікації системи розподілу тепла у будівлі. Обидва ці методи індивідуального обліку в сучасних багатоповерхових будинках настільки здорожчують процес впровадження індивідуального обліку, що виникають сумніви у доцільності таких змін. Більшість великих споживачів, таких як підприємства, організації та багатоквартирні будинки, вже встановили пристрої обліку тепла, однак для дрібних споживачів, таких як квартири, офіси чи орендарі невеликих приміщень, ця проблема практично не вирішена [9, 10]. Крім технічної проблеми індивідуального обліку теплової енергії існують нормативно-правові аспекти, пов'язані з організацією процедур об'єктивного встановлення та застосування питомих норм тепловитрат для індивідуальних

споживачів. Таким чином, вимірювання обсягу спожитого тепла індивідуальними споживачами має велике економічне значення і є складним питанням не лише технічним, а й соціальним.

Отже, підвищення точності обліку теплової енергії разом із оцінкою її якості для раціонального використання є надзвичайно актуальною проблемою для економіки України.

На даний момент індивідуальні споживачі теплової енергії, зокрема мешканці квартир, сплачують за нормовану кількість тепла, а не за фактичне його споживання, тому вони природньо не зацікавлені у зниженні свого енергоспоживання [10, 11]. Розподіл витрат між окремими споживачами всередині цієї категорії здійснюється за встановленими нормативними тарифами [6, 12, 13] віднесених до одиниці площі, одиниці об'єму об'єкту споживання, причому практично відсутня можливість оцінювання якості наданої споживачеві послуги з опалення.

Система централізованого теплопостачання є основним методом забезпечення теплом для будівель у соціально-економічній сфері та адміністративних будівель. Ця система має переваги, такі як обладнання теплових об'єктів системами безпеки, які автоматично припиняють роботу у разі відхилень технологічних параметрів від заданих значень, що позитивно впливає на надійність цього методу теплопостачання. Вона також забезпечує безпеку для споживача, оскільки у житлові та громадські приміщення не потрапляють шкідливі продукти згоряння. Однак у такій системі є і недоліки, серед яких значні втрати тепла, складність самостійного регулювання споживання тепла та розбалансування системи при зміні навантаження тепла (нові підключення, відключення, термомодернізація будівель) [14].

У технічній літературі та в нормативних документах використовується термін "вузол обліку". Під цим терміном розуміється комплекс пристроїв, включаючи засоби вимірювання теплової енергії (ЗВТЕ), що відповідають вимогам технічних регламентів у яких встановлюються вимоги до технічних та метрологічних характеристик. Цей комплекс призначений для визначення

кількості спожитої теплової енергії і служить для реєстрації та контролю параметрів теплоносія, який використовується для опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, або виробничих потреб.

Узагальнена структурна схема обліку теплової енергії при централізованому теплопостачанні багатоквартирного будинку представлена на Рис. 1.1:

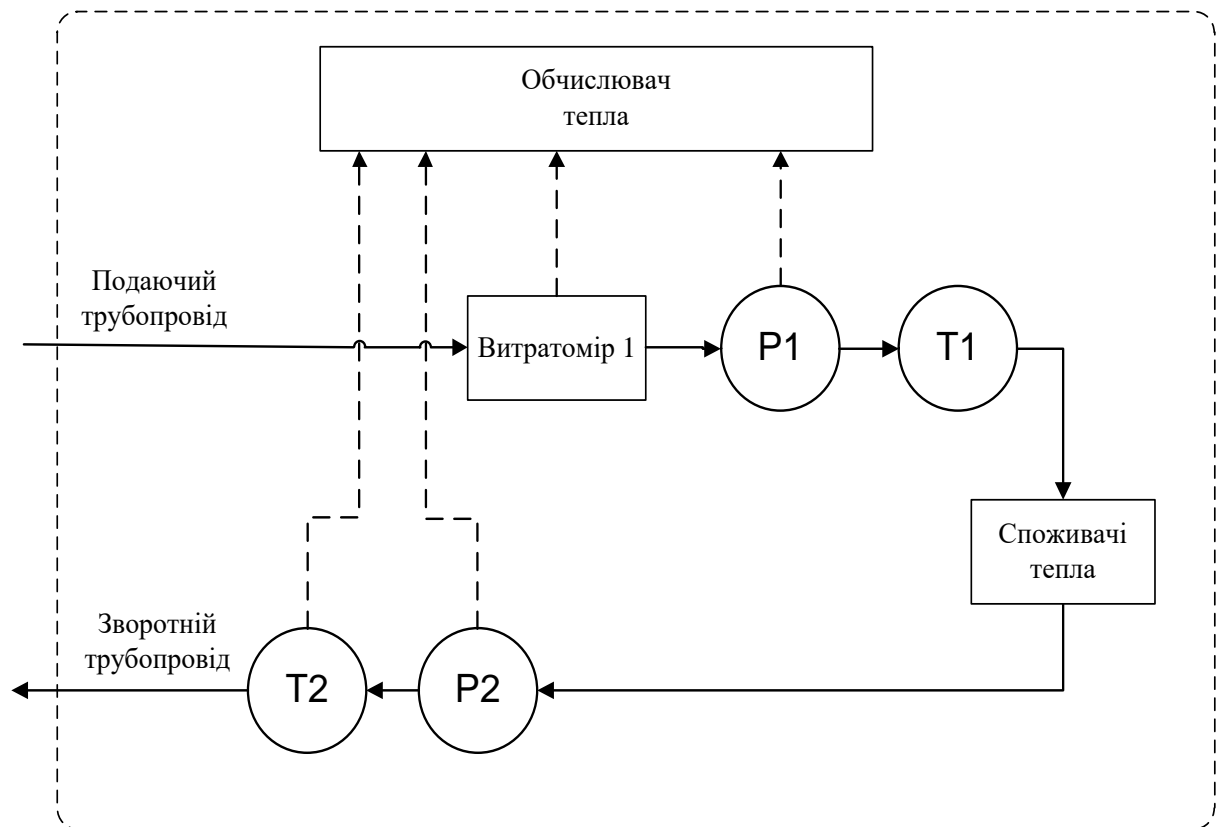


Рис. 1.1 Узагальнена структурна схема обліку теплової енергії багатоквартирного будинку.

Функціональні можливості вузла обліку полягають у наступному:

1. Вимірювання та індикація витрати теплоносія в подаючому трубопроводі (Витратомір);
2. Вимірювання та індикація температури в подаючому (T1) та зворотньому (T2) трубопроводах;
3. Вимірювання та індикація тиску в подаючому (P1) та зворотньому (P2) трубопроводах;
4. Вимірювання та індикація часу роботи теплотічильника;

5. Періодичне фіксування параметрів тепломережі у внутрішній енергонезалежній пам'яті;
6. Обчислення, індикування та передача даних про кількість спожитого тепла.

В загальному випадку, згідно теорії теплопередачі [15], кількість теплової енергії, що передається потоком теплоносія через трубопровід протягом певного періоду часу, визначається шляхом інтегрування добутку витрати теплоносія на його ентальпію [14]:

$$Q = \int_{t_0}^{t_k} (q \cdot h) dt \quad (1.1)$$

де Q – кількість теплової енергії, передана від джерела, чи отримана споживачем; q – масова витрата теплоносія; h - питома ентальпія теплоносія, що залежить від його параметрів (тиску та температури), $h = f(T, P)$; $t = t_k - t_0$ – інтервал часу, протягом якого обчислюється кількість теплової енергії.

Проте, при практичній реалізації комерційного обліку тепла в будинках з багатьма споживачами, виникають проблеми як технічного так і організаційного плану [16, 17].

Сьогодні застосовуються такі основні методи комерційного обліку теплової енергії [18, 19, 20]:

- 1) за затвердженими нормами споживання віднесеними до одиниці площі приміщення;
- 2) пропорційний розподіл показів будинкових вузлів обліку тепла, віднесені до площі конкретного приміщення;
- 3) пропорційний розподіл показів будинкових вузлів обліку тепла, віднесені до визначених індивідуальних теплотехнічних властивостей окремих приміщень і ефективності опалювальних пристроїв, які в них використовуються.

При цьому виникає ряд методичних похибок обліку, пов'язаних із специфікою тепло-фізичних та конструкційних особливостей окремих

приміщень будинку. Тому позглянемо специфіку обліку тепла найбільш розповсюдженими методами.

У випадку використання, для комерційного обліку першого методу, кількість спожитої теплової енергії можна знайти з виразу

$$Q_i = q \cdot S_i \quad (1.2)$$

де Q_i – кількість використаної теплової енергії i -тим споживачем; q – норма споживання теплової енергії на обігрів 1 м^2 за нормативний період часу; S_i – площа приміщення i -го споживача.

Норми використання теплової енергії для обігріву 1 м^2 встановлюються для конкретних регіонів на підставі аналізу тепловитрат за попередні роки.

Використання даного методу обліку призводить до суттєвих відмінностей між встановленою нормою споживання теплової енергії і її фактичним обсягом використання. Це ускладнює об'єктивність розрахунків за використання енергоресурсів, спонукає до їх неефективного використання, збільшує показники фактичної потреби в них і загалом гальмує впровадження енергозберігаючих технологій.

Частковим вирішенням цієї проблеми, при наявності загальнобудинкового тепло лічильника, другий метод, є впровадження методики оцінювання кількості спожитого тепла шляхом розподілу загальної кількості виміряного тепла, що здійснюється пропорційно до площі окремих приміщень, квартир, офісів [20, 21].

$$Q_i = Q \cdot \frac{S_i}{S} \quad (1.3)$$

де Q_i – кількість використаної теплової енергії i -тим споживачем; Q – за даними теплотічильника будинку протягом певного періоду часу; S_i – площа приміщення кожного i -го споживача, S – загальна площа будинку.

Цей метод суттєво покращує достовірність загального обліку теплової енергії, але не стимулює встановлення та використання регулюючих пристроїв індивідуальними споживачами, що не сприяє підвищенню енергоощадності.

Однак, цей підхід також не враховує індивідуальні теплотехнічні характеристики окремих приміщень та ефективність використаних в них опалювальних пристроїв, тому не може забезпечити достатньо об'єктивну оцінку індивідуального споживання тепла.

Щоб вирішити питання індивідуального обліку спожитої теплової енергії запропоновано метод [21], який полягає в тому, що розподіл загальної витрати тепла між окремими споживачами проводиться пропорційно до опалюваної площі, шляхом вимірювання температури води в системі опалення на межах опалюваних приміщень для кожного окремого споживача створюється можливість забезпечити стабільність незалежно від характеристик встановлених опалювальних пристроїв та враховувати стан регулюючих кранів у тепло-гідралічній моделі системи опалення.

В даному методі за основу для розрахунків індивідуальної витрати тепла запропоновано використовувати рівняння теплопередачі від води до повітря, що є базовими при розрахунках систем опалення [21]:

$$Q = k_{np} \Delta T F_{ek}, \quad (1.4)$$

де Q – кількість тепла, віддана нагрівачем; $k_{np} = k \Delta T^n G_{ek}^m$ – середній коефіцієнт теплопередачі опалювального пристрою; $\Delta T = (T_1 - T_2) / 2 - T_{нов}$; T_1 , T_2 – відповідні температури води на вході та виході нагрівача; $T_{нов}$ – температура повітря в опалюваному приміщенні, що визначена так, як вона визначалась при випробуванні опалювального пристрою; $G_{ek} = G_f / (G_{cm} \cdot F_{ek})$ – емпіричний коефіцієнт, пропорційний еквівалентній витраті теплоносія; F_{ek} – емпіричний коефіцієнт, пропорційний еквівалентній площі нагрівальної поверхні опалювального пристрою.

Оскільки витрата впливає на коефіцієнт теплопередачі через зміну коефіцієнту тепловіддачі від теплоносія до внутрішнього огородження, який для води є значним, то його залежність від еквівалентної витрати G_{ek} є невеликою. При розрахунках використовують еквівалентні розміри опалювального приладу і встановлюють середній коефіцієнт тепловіддачі у стандартних умовах. Різниця

ΔT обчислюється як різниця між середніми арифметичними температур на вході та виході опалювального пристрою та температурою повітря у певній визначеній точці приміщення.

Це співвідношення є достатньо точним для практичних цілей, тому точність визначення кількості спожитого тепла буде залежати лише від точності вимірювання температур та еквівалентної витрати теплоносія. Наприклад, при середньоквадратичних відхиленнях вимірювання всіх температур $\Delta T = \pm 0,5$ °C, похибка визначення кількості тепла Q становитиме приблизно ± 2 % [21].

При своїй простоті даний метод ще не знайшов широкого розповсюдження, оскільки виникають певні труднощі технічного плану, пов'язані із необхідності обладнання опалюваних приміщень додатковими засобами вимірювання теплотехнічних характеристик приміщень та нагрівачів, а також комунікаційними пристроями для передачі інформації на вузол обліку. Також, цей метод не дозволяє враховувати теплової ефективності окремих приміщень, що не сприяє впровадженню енергозберігаючих заходів. Точність визначення кількості тепла згідно виразу (1.4) не дає практично задовільних результатів через зміни в часі коефіцієнта теплопередачі опалювального приладу, викликані накопиченням відкладень, фарбуванням, екрануванням та іншими чинниками. Проте, важливо врахувати, що, як показано [22], приміщення отримує певну кількість тепла через труби (стояки), що в деяких випадках може досягати 30%.

Необхідність постійної економії енергоресурсів поставила вимогу переходу до тарифів реального часу, що дозволить вийти на дійсну ціну енергоресурсу та оптимізувати його виробництво, постачання і споживання. Зокрема потрібно створювати умови введення економічних стимулів регулювання об'ємів споживання енергоресурсів, а теплової енергії – першочергово.

Для вирішення цієї задачі в роботі [23] пропонується новий метод індивідуального обліку теплової енергії, який полягає в збиранні та інтегруванні параметрів, що безпосередньо відповідають за теплообмін між опалювальними

приладами та внутрішнім повітрям у приміщенні. Різниця між температурою поверхні опалювального пристрою та температурою в приміщенні при визначеній площі теплообміну, згідно з теорією теплообміну, визначає кількість тепла, що надходить у приміщення.

Ця задача розв'язується тим, що в методі визначення спожитої теплової енергії [23] на опалення додатково враховують ефективні площі нагріву $S_{ieф}$ та коефіцієнти тепловіддачі λ_i для кожного нагрівача, вимірюють ефективну температуру поверхні нагрівача $t_{ieф}$ і визначають коефіцієнт ефективності кожного з нагрівачів k_i за співвідношенням

$$k_i = \frac{\lambda_i S_{iee}}{q_s S_i} (t_{iee} - t_{np.}), \quad (1.5)$$

де q_s - усереднене значення теплоти на одиницю опалюваної площі; S_i - площа приміщення; t_{np} - розрахункове значення температури в опалюваних приміщеннях; $S_{ieф}$ - ефективна площа нагрівання i -го нагрівача; λ_i - коефіцієнт тепловіддачі i -го нагрівача; $t_{ieф}$ - ефективна температура поверхні i -того нагрівача;

Спожиту теплову енергію кожним окремим локальним споживачем $Q_{jлс}$ визначають за співвідношенням:

$$Q_{jлс} = \sum_{i=1}^n k_i S_i, \quad (1.6)$$

де $Q_{jлс}$ - теплова енергія, спожита кожним окремим споживачем, $i=0, 1, \dots, n$ - кількість опалюваних приміщень кожного локального споживача; i визначають спожиту теплову енергію $Q_{см}$ всіма споживачами, які знаходяться в будівлі за співвідношенням

$$Q_{см} = \sum_{j=1}^m Q_{лс}, \quad (1.7)$$

де $Q_{см}$ - теплова енергія, що спожита всіма споживачами, які знаходяться в будівлі; $j=0, 1, 2, \dots, m$ - загальна кількість локальних споживачів в будівлі.

Вимірювання ефективної температури поверхні нагрівача, експериментальне визначення коефіцієнтів тепловіддачі та визначення ефективних площ нагрівання окремих нагрівачів дозволяє провести розрахунки коефіцієнтів їх ефективності точніше, ніж це можливо за допомогою відомих методів, що дозволяє визначити фактичну кількість теплової енергії, спожитої локальним споживачем на опалення, а не просто відповідно до норм. Це, у свою чергу, дозволить зменшити витрати на оплату теплової енергії [8, 9, 24]. Такий метод визначення спожитої теплової енергії на опалення локальними споживачами є об'єктивним економічним стимулом для них, оскільки надає їм можливість вживати заходів щодо зменшення споживання тепла. З цим методом можна визначити найбільш ймовірні місця втрат тепла в будівлі, порівнюючи споживання тепла різних локальних споживачів (наприклад, квартир, офісів підприємств) або приміщень на типових поверххах, і розробити заходи їх зменшення.

Перспективність цього методу полягає в тому, що споживач тепла може самостійно контролювати температуру в приміщенні, встановлюючи регулятор подачі теплоносія на вході опалювального пристрою. Це дозволяє зменшити витрати на спожиту теплову енергію та ефективніше використовувати опалювальні системи. Однак, даний метод ще не знайшов широкого розповсюдження, оскільки, як і в попередньому методі, виникають певні труднощі технічного плану, пов'язані із необхідності обладнання опалюваних приміщень додатковими засобами вимірювання теплотехнічних характеристик приміщень та нагрівачів, а також комунікаційними пристроями для передачі інформації на вузол обліку.

Частковим видом застосування третього методу обліку теплової енергії є пропорційний розподіл показів будинкових вузлів обліку тепла, віднесені до показів розподільвачів тепла, встановлених на кожен нагрівача, конкретного приміщення. Використання індивідуальних розподільвачів тепла набуває, все більшого розповсюдження, як за кордоном, так і в Україні.

Таким чином, для вирішення питання підвищення енергоефективності систем тепlopостачання необхідно зосередити увагу на пошуку можливих шляхів вдосконалення та стандартизації методів індивідуального обліку тепла, вивчення взаємозв'язку економічних аспектів з технічними аспектами обліку теплової енергії та контролю теплових і гідравлічних станів систем опалення є важливими завданнями. Оцінка якості наданої послуги з тепlopостачання та встановлення відповідного тарифу вимагає реєстрування температури в опалюваному приміщенні в реальному часі. Організаційно-правовий аспект використання регуляторів температури в опалюваному приміщенні виникає безпосередньо з необхідності індивідуального регулювання споживання тепла. Окрім технічних та організаційних аспектів, індивідуальний облік теплової енергії також може значно зменшити фінансові витрати на тепlopостачання [10, 25].

Тому на даному етапі реформування послуг тепlopостачання доцільно здійснити порівняльну оцінку переваг існуючих методів індивідуального обліку спожитої теплової енергії (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Оцінювання ефективності методів обліку тепла

| | Метод обліку тепла | | | |
|-------------------------------|---|--|---|--|
| Показники ефективності методу | №1 - за нормами спожите тепло віднесене до площі приміщення | №2 – покази будинкового лічильника розподіляються пропорційно площі приміщення | №3 - покази будинкового лічильника розподіляються пропорційно до різниці температур на вході та виході опалювального пристрою | №4 - покази будинкового лічильника розподіляються пропорційно до співвідношення між параметрами, які безпосередньо відповідають за теплообмін між опалювальними приладами і внутрішнім повітрям та зовнішнім середовищем |
| Точність обліку | низька | середня | висока | висока |
| Ефективність для | низька | середня | висока | висока |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| індивідуально о обліку | | | | |
| Точність оцінювання якості наданої послуги теплопостачан ня | низька | середня | висока | висока |
| Ступінь нормативного забезпечення | високий | середній | низький | низький |
| Додаткові затрати на впровадження методу | низькі | середні | середні | високі |
| Рекомендації до застосування | Застарілий метод з низькою точністю обліку тепла | Забезпечує прийнятну точність при мінімальних затратах | Забезпечує прийнятну точність та можливість часткового врахування індивідуальних теплотехнічних особливостей приміщення | Забезпечує високу точність та можливість врахування більшості індивідуальних теплотехнічних особливостей приміщення |

Досвід зарубіжних країн показує, що впровадження сучасних методів обліку індивідуального споживання тепла та підвищення точності обліку дозволяє заощаджувати до 25% споживаних енергоносіїв [1, 26]. В Україні більшість існуючих будинків мають централізовану систему опалення, зміна якої для більшості споживачів є нереальною, до того ж подекуди більше половини матеріально-технічної бази ЖКГ та житлового фонду є фізично зношеною та застарілою. Об'єктивним стимулом для всебічної економії в таких умовах завжди буде індивідуальний облік спожитої теплової енергії при можливості її індивідуального регулювання.

Проведений аналіз щодо застосування сучасних методів індивідуального обліку спожитої теплової енергії, показує необхідність їх практичного застосування та впровадження у новій методиці обліку і розрахунків за використану теплову енергію, а також важливість оцінювання якості наданої послуги теплопостачання.

1.2. Порівняння характеристик засобів обліку теплової енергії

Системи централізованого тепlopостачання в Україні, як правило, чотирьох трубні із залежним елеваторним приєднанням до джерел (елеватор – апарат, що змішує поступаючу воду з тією, що виходить). Температура води в трубопроводах може бути від 0 до 80 °С, різниця температур - від 0 до 80 °С тиск - до 16 МПа [14].

Один від одного технічно теплोलічильники відрізняються по методу вимірювання витрати теплоносія. На сьогоднішній день в теплोलічильниках що серійно випускаються, у залежності від принципу вимірювання, використовуються витратоміри наступних типів:

1. Змінного перепаду тиску: із звужуючими пристроями; з гідравлічними опорами; відцентровий; з напірними пристроями; з напірними підсилювачами; струменеві.

2. Змінного рівня: із затопленим отвором витоку; з отвором витоку типу водозливу-щілинні; (з прямокутним отвором; з профільованим отвором).

3. Обтікання: постійного перепаду тиску (ротаметри; поплавкові; поршневі); поплавково-пружинні.

4. Тахометричні: турбінні (з аксиальною турбінкою; з тангенціальною турбінкою); кулькові; камерні (поршневі; дискові; з кільцевим поршнем; з овальними колесами; роторні; лопатеві; ківшеві).

5. Силкові: із зовнішнім впливом (коріолісові; гіроскопічні; турбосилкові); з внутрішнім впливом (коріолісові; турбосилкові).

6. Силкові перепадні.

7. Теплові: з електричним нагрівом (калориметричні; із зовнішнім нагрівом; термоанемометричні); з індукційним нагрівом; з нагрівом рідинним теплоносієм.

8. Вихрові.

9. Електромагнітні.

10. Ультразвукові: доплерівські.

11. Оптичні: засновані на ефекті Фізо-Френеля; засновані на ефекті Доплера.

12. Ядерно-магнітні.

13. Іонізаційні.

14. Концентраційні.

15. Міткові.

16. Парціальні.

Крім перерахованих, запропоновані ще і інші пристрої вимірювання витрати, наприклад кореляційні, поляризаційні, по відхиленню струменя і т. і., що не отримали ще широкого застосування.

Для масового впровадження тепломірів для індивідуального обліку потрібне використання витратомірів за кількістю введів теплової енергії у квартиру. Найбільшого розповсюдження в теплोलічильниках для індивідуального обліку спожитої теплової енергії використовуються витратоміри:

- тахометричні, що різняться типом турбіни;
- змінного перепаду тиску із звужуючими пристроями;
- ультразвуковими перетворювачами побудовані на основі доплерівського ефекту;
- електромагнітні, що базуються на використанні електромагнітних витратомірів, які використовують властивість рідини, що вимірюється, збуджувати електричний струм під час її руху в магнітному полі.

Всі ці витратоміри характеризуються сукупністю задовільних метрологічних характеристик (похибка $\pm(1...4)\%$) та широко використовуються для обліку споживання енергоносіїв.

Тахометричними витратомірами називаються витратоміри засновані на залежності витрати речовини від швидкості руху тіла, встановленого в трубопроводі.

В залежності від будови перетворювача витрати тахометричні витратоміри поділяються на:

- а) турбінні;
- б) кулькові;
- в) камерні.

Тахометричний витратомір з лічильником складається з чотирьох елементів:

- а) перетворювача витрати (турбінки, кульки і т. п.);
- б) тахометричного перетворювача швидкості обертання турбінки або іншого елемента в частоту електричних імпульсів;
- в) електричного частотоміра;
- г) електричного лічильника.

Тахометричні лічильники (турбінні і камерні) , через свою простоту та низьку ціну, займають основне місце серед приладів для вимірювання кількості рідини і газу.

Кулькові витратоміри менш точні в порівнянні з турбінними і мають менший лінійний діапазон вимірювання, але зате вони можуть працювати в забруднених середовищах. Турбінні і особливо камерні прилади дуже чутливі до забруднень і механічних домішок. Істотним недоліком турбінних приладів є залежність їх показів від в'язкості середовища. З збільшенням в'язкості діапазон лінійної характеристики приладу істотно зменшується. Камерні прилади в цьому відношенні кращі.

Камерними називаються тахометричні витратоміри і лічильники, що мають один або декілька обертальних елементів, які при русі відміряють певні об'єми або маси рідини або газу.

Витратомірами змінного перепаду тиску називаються витратоміри, засновані на залежності від витрати речовини перепаду тиску, що створюється нерухомим пристроєм, що встановлюється в трубопроводі, або самим елементом трубопроводу.

Витратоміри змінного перепаду тиску поділяються на шість самостійних груп в залежності від будови і принципу дії їх перетворювачів витрати.

1. Витратоміри із звужуючим пристроєм.

2. Витратоміри з гідравлічним опором.
3. Відцентрові витратоміри.
4. Витратоміри з напірним пристроєм.
5. Витратоміри з напірним підсилювачем.
6. Струменеві витратоміри, засновані на залежності від витрати перепаду тиску, що утворюється при ударі струменя.

Найбільш поширеними серед перелічених є витратоміри зі звужуючим пристроєм. Вони становлять значну частку всіх витратомірів, встановлених не тільки у нас, але й за кордоном.

Причиною цього є наступні три дуже важливі їх переваги:

1. Загальна універсальність застосування. Вони можуть бути використані для вимірювання витрат будь-яких однофазних середовищ і, до певної міри, двофазних. Крім того, вони можуть бути використані для вимірювання різних витрат у трубах практично будь-якого діаметру і за будь-якого тиску та температури.

2. Зручність масового виробництва. Єдиним індивідуально виготовлюваним компонентом є перетворювач витрати - звужуючий пристрій. Усі інші деталі, включаючи складні компоненти, такі як дифманометр і вторинний прилад, можуть бути виготовлені серійно досить просто. Їх конструкція не залежить ні від типу середовища, що вимірюється, ні від розміру витрати.

3. Відсутність необхідності в зразкових витратоточних установках у разі використання стандартних звужуючих пристроїв, встановлених у трубах, як перетворювачів витрати, при діаметрі труб не менше за 50 мм.

Крім цього, витратоміри зі звужуючими пристроями мають певні недоліки, серед яких найбільш значущим є квадратична залежність між витратою і перепадом, що веде до нерівномірності шкали та обмеженого діапазону

вимірювання, $Q_{\max}/Q_{\min} = 3/1$ і ускладнення, виникаючі при застосуванні їх для вимірювання змінних витрат.

До числа інших їх недоліків можна віднести обмежені точність і швидкодію і наявність ртуті в деяких типах дифманометрів. Інерційність витратомірів зростає із збільшенням довжини трубок, що з'єднують звужуючий пристрій з дифманометром, а у разі пневматичного повторного перетворювача також і трубок, що з'єднують дифманометр з повторним приладом. Похибка вимірювання у витратомірів із звужуючими пристроями може лежати в досить широких межах, в залежності від стану звужуючого пристрою, діаметра трубопровода, стабільності тиску і температур середовища, що вимірюється. У середньому граничну приведену похибку у них можна оцінити цифрами $\pm 1-3\%$.

В загальному, ці витратоміри мають ряд переваг перед витратомірами інших типів: забезпечують високу надійність вимірювань і мінімальну залежність якості вимірювань від фізико-хімічних характеристик рідини, яку вони вимірюють. Однак вони також мають свої недоліки, такі як обмежений динамічний діапазон, нелінійність характеристик, високий опір, створюваний потоком рідини на вході до пристрою, потреба у демонтажі для щорічної перевірки, складність експлуатації та монтажу, а також потреба у вільних прямих ділянках трубопроводу перед і після монтажу вимірювального пристрою. Ці недоліки роблять їхнє використання важким порівняно з перевагами, які пропонують сучасні прилади інших типів. Витратоміри цього типу в структурі теплолічильників витісняються іншими типами витратомірів.

Принцип дії **ультразвукових витратомірів** ґрунтується на випромінюванні та прийманні ультразвукового сигналу, а також вимірюванні різниці часу його розповсюдження вздовж та проти потоку рідини. Ця виміряна різниця часу пропорційна середній швидкості руху рідини та обсягу її витрати.

На сьогодні застосовуються два різновиди ультразвукових витратомірів.

- витратоміри, засновані на переміщенні ультразвукових коливань рухомим середовищем: а) ультразвукові коливання прямують по потоку і проти потоку; б) ультразвукові коливання прямують перпендикулярно до руху потоку;

- витратоміри, засновані на ефекті Доплера.

Ультразвукові витратоміри знаходять застосування для трубопроводів самих різних діаметрів починаючи від 10 мм і вище. Головним чином вони застосовуються для вимірювання витрати різних рідин.

Переваги ультразвукових витратомірів полягають у тому, що вони не вимагають прямого контакту з середовищем, яке вимірюється, не викликають гідравлічного опору в потоці рідини, мають широкий динамічний діапазон і високу лінійність вимірювань, а також відзначаються високою точністю і надійністю. Завдяки можливості використання безпроменевих (імітаційних) методів калібрування, вони можуть бути повірені без демонтажу з трубопроводу.

До недоліків ультразвукових витратомірів можна віднести такі: необхідні довгі прямі ділянки трубопроводів, необхідність проведення високоточних лінійних вимірювань під час монтажу, чутливість до "заповітрявання" середовища та стану внутрішньої поверхні трубопроводу (особливо при використанні накладних сенсорів витрати).

Поява багатопроневих ультразвукових витратомірів дозволила зменшити довжину прямих ділянок у кілька разів. Використання вимірювальних ділянок, виготовлених на заводі, усуває необхідність проведення високоточних лінійних вимірювань безпосередньо на трубопроводі. Можливість вибору між врізними та накладними датчиками дозволяє враховувати стан внутрішньої поверхні трубопроводу.

Електромагнітні витратоміри вимірюють рівні витрат за допомогою явища електромагнітної індукції. Під час протікання електропровідної рідини через імпульсне магнітне поле, у ній виникає електрорушійна сила, пропорційна середній швидкості руху рідини та її витраті. Як ультразвукові, так і електромагнітні сенсори витрат не впливають на потік під час вимірювання, оскільки не перешкоджають руху теплоносія.

Електромагнітні витратоміри забезпечують високу точність вимірювань (часто використовуються як еталонні прилади), майже нечутливі до забруднень та фізико-хімічних характеристик рідини (основна умова для сучасних приладів

- рідина повинна бути провідною, з питомою провідністю не менше 10^{-5} Ом/м), володіють широким динамічним діапазоном (до 200) та здатні вимірювати навіть дуже малі витрати. Крім того, вони створюють мінімальний гідравлічний опір для потоку, нечутливі до змін профілю розподілу швидкості потоку, мають високу швидкодію та не потребують встановлення довгих прямих ділянок перед і після їх розташування.

В Таблиці 1.2 наведено основні характеристики найбільш розповсюджених сучасних витратомірів.

Таблиця 1.2

Порівняльний аналіз характеристик сучасних витратомірів

| Тип витратоміра | Характеристики витратомірів | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|------------------------|-------------------|------------|
| | Метод вимірювання | Номінальна витрата, Q _n , м ³ /год | Похибка вимірювання, % | Час роботи, років | Ціна, грн. |
| Apator Powogaz ELF | тахометричний | 0,6 | 2 | 12 | 5 285 |
| SCYLAR INT 8 | тахометричний | 10 | 1,5 | 12 | 25 108 |
| SHARKY 775 Diehl | ультразвуковий | 2,5 | 0,6 | 11 | 14 980 |
| SHARKY 775 Diehl | ультразвуковий | 10 | 0,4 | 11 | 31 083 |
| ENDRESS+HAUSER Promag H 53H15 | електромагнітний | 6 | 0,2 | 10 | 37800 |
| Orion2-46211A4 | електромагнітний | 12 | 0,2 | 10 | 25950 |

Також широкого розповсюдження набувають тепломіри – розподілювачі витрат тепла, побудовані на базі сучасних мікроконтролерних пристроїв.

Їх використовують в системах систем обліку спожитої теплової енергії на опалення багатоквартирного будинку. Для справедливого розподілу оплати за тепло використане окремими квартирами, на кожному із нагрівачів необхідно встановлювати розподілювач теплової енергії з визначенням її кількості за двома температурами (температура нагрівача та температура у приміщенні) та трьома температурами (температура на вході нагрівача, температура на виході нагрівача та температура у приміщенні). Ці електронні перетворювачі кількості

спожитого тепла об'єднуються у вимірювальну систему за радіально-магістральним принципом, за яким кожен розподілювач температури передає по радіоканалу в концентратор інформацію про теплові режими нагрівачів, а концентратори через інтерфейс під'єднаний до обчислювача колективного теплотічильника [27, 28]. При цьому кількість реально спожитого тепла в конкретному приміщенні уточнюється на підставі показів колективного теплотічильника.

В Таблиці 1.3 наведено основні характеристики найбільш розповсюдженіших сучасних розподілювачів тепла.

Таблиця 1.3

Порівняння характеристик розподілювачів тепла

| Тип розподілювача витрат | Характеристики розподілювачів | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------|
| | Стартова температура, °C | Діапазон вимірюваних температур, °C | Межі відносних похибок вимірювання, % | Час роботи, років | Ціна, грн. |
| ТЕПЛОmeter 2-1 | 27 | 27...95 | ±(3...12) | 12 | 1240 |
| ТЕПЛОmeter 2-2 | $\Delta t \geq 5$ | 10...95 | ±(3...12) | 12 | 1450 |
| Diehl | 35 | 5...100 | ±(3...12) | 12 | 1570 |
| Sontex 565 | 35 | 0...105 | ±(3...10) | 12 | 1680 |

Для збору та опрацювання інформації від розподілювачів тепла необхідно встановлювати цифровий концентратор інформації з відповідним програмним забезпеченням та забезпечувати відповідне сервісне обслуговування.

1.3. Аналіз нормативно-правового забезпечення послуг теплопостачання та індивідуального обліку тепла

Питання нормативно-правового забезпечення комерційного обліку теплової енергії індивідуальним споживачем в Україні регулюється рядом законодавчих актів.

Закон України «Про теплопостачання» [5] регулює відносини, пов'язані з виробництвом, транспортуванням, постачанням і використанням теплової енергії. Також забезпечує державний нагляд за режимами споживання теплової енергії, безпечною експлуатацією теплоенергетичного обладнання та безпечним виконанням робіт на об'єктах у сфері теплопостачання, незалежно від форм власності суб'єктів господарської діяльності.

Зокрема, Стаття 1 цього Закону визначає, що основою для комерційного обліку індивідуального споживання тепла та показники якості встановлюються на підставі Договору між постачальником та споживачем тепла – «виробництво теплової енергії – це вид господарської діяльності, яка включає в себе процес перетворення енергетичних ресурсів, незалежно від їхнього джерела походження, в теплову енергію за допомогою технічних засобів з метою подальшого її продажу на умовах договору».

Суб'єкти централізованого теплопостачання – це фізичні та юридичні особи усіх форм власності, що займаються виробництвом та постачанням теплової енергії, а також наданням відповідних послуг у сфері централізованого теплопостачання.

Стаття 20 цього Закону визначає, що: «Тарифи на теплову енергію мають забезпечувати відшкодування всіх обґрунтованих економічно витрат на виробництво, транспортування та постачання теплової енергії».

Стаття 24 цього Закону встановлює, що: «Споживач теплової енергії має право на:

- вибір одного або кількох джерел теплової енергії чи організацій, що постачають тепло, якщо це можливо за існуючими технічними умовами;

- отримання інформації про якість послуги теплопостачання, тарифів, правил оплати, режимів споживання теплової енергії;
- відшкодування збитків, заподіяних внаслідок порушення його прав відповідно до угоди;
- отримання кількості теплової енергії з характеристиками у відповідності до угод, а також чинних норм і правил.

Нормами Закону України «Про житлово-комунальні послуги» № 2189 [29], який діє з 1 травня 2019 року, регулюють взаємовідносини у сфері надання та споживання житлово-комунальних послуг. Ці зміни включають нову класифікацію таких послуг, зокрема, послугу з постачання теплової енергії.

Згідно зі статтею 16 Закону № 2189, яка містить загальні особливості надання житлово-комунальних послуг, якість цих послуг має відповідати вимогам, встановленим законом, іншими правовими актами та умовами укладеного договору.

Відповідно до статті 7 Закону № 2189 споживач має такі права:

- отримувати вчасно та адекватно якісні житлово-комунальні послуги відповідно до вимог законодавства та умов укладених договорів;
- вимагати виправлення виявлених недоліків у наданні житлово-комунальних послуг протягом строки, передбаченого умовами договорів чи законодавством;
- зменшувати встановлену законодавством оплату за житлово-комунальні послуги у випадку їх ненадання, часткового надання або погіршення якості;
- здійснювати перевіряння кількості та якості житлово-комунальних послуг у порядку визначеному чинним законодавством.

Відповідальність за забезпечення якості комунальної послуги покладається на постачальника цієї послуги. Постачальник комунальної послуги зобов'язаний забезпечувати своєчасне, безперервне і високоякісне надання комунальних послуг відповідно до вимог законодавства та умов укладених договорів про

надання таких послуг. Це включає створення системи управління якістю відповідно до національних, або міжнародних стандартів.

Захист прав споживачів житлово-комунальних послуг забезпечується вповноваженим центральним органом виконавчої влади, що відповідає за дотримання державної політики із державного нагляду (контролю) за дотриманням законодавства у сфері захисту прав споживачів. Цим органом є Держпродспоживслужба, яка визначена згідно з Положенням про Державну службу України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 02.09.2015 № 667.

Законом № 2189 встановлено, що перерахунок вартості комунальної послуги, встановлення періоду ненадання послуги або надання послуги в неповному об'ємі та неналежної якості, здійснюється виконавцем комунальної послуги або управителем багатоквартирного будинку самостійно. Споживачеві повинна бути виплачена неустойка (штраф чи пеня) у розмірі та згідно з порядком, що регламентується договором або законодавством.

Статтею 4 Закону № 2189 визначено, що затвердження порядку здійснення перерахунку вартості комунальної послуги та послуги з управління багатоквартирним будинком за період їх ненадання, надання не в повному обсязі або невідповідної якості належить до повноважень Кабінету Міністрів України.

Постанова Кабінету Міністрів України № 482 від 5 червня 2019 року регламентує порядок перерахунку вартості послуги під час надання послуги у багатоквартирному будинку за час її ненадання або надання невідповідної якості.

Згідно зі Законом № 2189, виконавець комунальної послуги, або управитель багатоквартирного будинку повинен самостійно провести перерахунок вартості комунальних послуг або послуги з управління багатоквартирним будинком за весь період їх ненадання, надання не в повному обсязі, або невідповідної якості. Також він зобов'язаний виплатити споживачу неустойку (штраф, пеню) згідно з встановленими законодавством, або договором порядку та розмірах.

Порядок проведення перерахунку вартості послуги з управління багатоквартирним будинком за період її ненадання, або надання невідповідної якості було схвалено рішенням Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 року № 482.

Згідно з частиною третьою статті 26 Закону № 2189, виконавець комунальної послуги не несе відповідальності за ненадання, надання не в повному обсязі, або невідповідної якості, якщо він доведе, що якість цих послуг на точці обліку (у випадку укладення індивідуального договору – на межі внутрішньобудинкових систем багатоквартирного будинку та інженерно-технічних систем приміщення споживача) відповідає вимогам, установленим Законом, іншими актами законодавства та договором.

Для ефективного застосування вищезазначених норм Закону № 2189 необхідно укласти договори про надання комунальних послуг з постачання теплової енергії та гарячої води відповідно до правил і умов, встановлених цим законодавством, тобто, укласти нові договори про надання комунальних послуг.

Згідно зі статтею 12 Закону № 2189, такі угоди можуть бути затверджені індивідуально для різних моделей організації відносин за договорами (індивідуальний, чи колективний договір про надання комунальних послуг) та для різних категорій споживачів.

Норми щодо надання послуг з постачання теплової енергії та стандартні договори про надання цих послуг були схвалені постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2019 року № 830. Організація відповідальності за якість комунальних послуг визначаються залежно від моделі укладення договірних зобов'язань.

При укладенні індивідуальних договорів про надання послуги постачання теплової енергії та гарячої води, що укладається окремо кожним співвласником багатоквартирного будинку з виконавцем послуг, виконавець зобов'язаний гарантувати відповідність якісних та кількісних характеристик послуги встановленим нормативам на межі внутрішньобудинкових систем та інженерно-технічних систем у приміщенні споживача.

Якщо, коли комунальні послуги, що надаються у багатоквартирному будинку на підставі укладеного договору між виконавцем таких послуг та об'єднанням співвласників будинку як колективним споживачем, не були надані, або були надані не в повному обсязі, або неналежної якості, виклик виконавця для проведення перевірки кількості та якості послуг, що були надані, підписання акта-претензії та відбір проб здійснюється представником об'єднання співвласників будинку. У цій перевірці можуть брати участь співвласники за їхнім бажанням.

При укладенні колективного договору щодо надання послуги постачання теплової енергії та гарячої води, що укладається від імені та за рахунок усіх співвласників багатоквартирного будинку управителем, або іншою уповноваженою особою співвласників, виконавець гарантує відповідність кількісних та якісних параметрів послуги встановленим нормативам на межі централізованих інженерних систем, що використовуються для постачання послуги, та внутрішніх систем багатоквартирного будинку.

У випадку, якщо комунальні послуги, надані у багатоквартирному будинку за колективним договором про надання таких послуг, не були надані, надані не в повному обсязі, або мають неналежну якість, управитель, або інша уповноважена співвласником особа може запросити виконавця для перевірки кількості та якості послуг, підписати акт-претензії та здійснити відбір проб. Участь у перевірці за бажанням можуть взяти співвласники, або представники об'єднання співвласників багатоквартирного будинку.

При укладенні договору про надання послуг постачання теплової енергії та гарячої води колективному споживачу, такому як ОСББ (договір укладається з виконавцем послуг або іншою юридичною особою, що об'єднує всіх співвласників будинку та укладає договір від їхнього імені), відносини між співвласниками та між ними та ОСББ, якщо вони забезпечують свої потреби шляхом самозабезпечення, регулюються згідно зі статтею 22 Закону України "Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку".

У випадку, коли комунальні послуги, що надаються у багатоквартирному будинку на підставі укладеного договору між виконавцем таких послуг та об'єднанням співвласників будинку як колективним споживачем, не були надані, або були надані не в повному обсязі, або неналежної якості, виклик виконавця для проведення перевірки кількості та якості наданих послуг, підписання акта-претензії та відбір проб здійснюється представником об'єднання співвласників будинку. У цій перевірці можуть брати участь співвласники за їхнім бажанням.

У випадку укладення індивідуального договору, якщо співвласниками багатоквартирного будинку не було здійснено вибір моделі організації договірних відносин, тобто, коли кожен співвласник укладає окремий договір з виконавцем цих послуг з урахуванням індивідуальних особливостей, виконавець забезпечує відповідність кількісних та якісних характеристик послуги встановленим нормативам на межі централізованих інженерно-технічних систем, що забезпечують послуги виконавця, та внутрішньобудинкових систем багатоквартирного будинку.

Постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2018 року №1145 затверджено порядок проведення перевірки відповідності якості надання певних комунальних послуг та послуг з управління багатоквартирним будинком встановленим параметрам, що передбачені у відповідному договорі про надання таких послуг [30].

Під час перевірки якості надання послуги з постачання теплової енергії згідно з параметрами, визначеними у договорі про цю послугу, виконавець комунальних послуг бере до уваги:

- своєчасність початку та завершення опалювального сезону;
- безперервність надання послуги з постачання теплової енергії;
- дотримання встановленої нормативної температури у приміщеннях споживача для приміщень без систем обліку теплової енергії у випадку укладення індивідуального договору з обслуговуванням внутрішньобудинкових систем;
- відповідність тиску теплоносія встановленим параметрам тиску;

- відповідність температури теплоносія графіку температур теплової мережі, зокрема температурі в подавальному трубопроводі, відповідно до умов договору.

Під час аналізу якості надання послуги з постачання теплової енергії виконавець цих послуг реєструє показники температури та тиску теплоносія і порівнює їх з вказаними у договорі параметрами, визначаючи відповідність чи ступінь відхилення:

- за показами, що надходять з вузла (вузлів) комерційного обліку теплової енергії, зокрема з електронних архівів цих вузлів, у випадку укладення договору з індивідуальним споживачем на надання послуги з постачання теплової енергії, договору з колективним споживачем на надання послуги з постачання теплової енергії, колективного договору на надання послуги з постачання теплової енергії, договору з власником (користувачем) будівлі на надання послуги з постачання теплової енергії;
- за даними, що надходять з вузла (вузлів) розподільного обліку теплової енергії, включаючи інформацію з електронних архівів цих вузлів, у випадку укладення індивідуального договору на надання послуги з постачання теплової енергії з обслуговуванням внутрішньобудинкових систем.

Якщо вузол (вузли) розподільного обліку теплової енергії відсутні в приміщенні споживача, з яким укладено вище згаданий індивідуальний договір, виконавець послуги щодо постачання теплової енергії зафіксує температуру повітря у приміщеннях споживача та оцінює, чи відповідають ці показники нормативній температурі повітря у приміщеннях споживача.

Кількісні та якісні характеристики надання послуги постачання теплової енергії, які враховуються під час здійснення перерахунку вартості послуги у разі її ненадання, надання не в повному обсязі або невідповідної якості наведені в Табл.1.4.

Таблиця 1.4

Кількісні та якісні характеристики надання послуги постачання теплової енергії

| Вид комунальної послуги | Кількісні та якісні характеристики послуг | Вид договору, що визначає кількісні та якісні характеристики надання послуг | Відхилення від установлених параметрів характеристик надання послуг | Здійснення перерахунку в разі відхилення кількісних та якісних характеристик надання послуг |
|--------------------------------|--|---|--|--|
| 1. Постачання теплової енергії | 1) своєчасний початок і закінчення опалювального періоду | усі види договорів про надання послуги незалежно від моделі організації договірних відносин та категорій споживачів | надання послуги пізніше встановленого строку або дострокове закінчення опалювального періоду перерви у наданні послуги | відповідно до вимог, передбачених <u>пунктом 13 Порядку</u> здійснення перерахунку вартості комунальних послуг за період їх ненадання, надання не в повному обсязі або невідповідної якості (далі - Порядок) |
| | 2) безперервне надання комунальної послуги (далі - послуга) протягом усього опалювального періоду, крім часу перерв, визначених <u>частиною першою статті 16 Закону України "Про житлово-комунальні послуги"</u> | | | відповідно до вимог, передбачених <u>пунктом 13 Порядку</u> |
| | 3) температура теплоносія відповідає температурному графіку теплової мережі в частині | усі види договорів про надання послуги незалежно від моделі організації договірних відносин та категорій | температура теплоносія у подавальному трубопроводі нижча ніж значення температури, | відповідно до вимог, передбачених <u>пунктом 15 Порядку</u> |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| | температури подавального трубопроводу відповідно до умов договору про надання послуги | споживачів | визначені температурним графіком теплової мережі в частині температури подавального трубопроводу відповідно до умов договору про надання послуги | |
| | 4) тиск теплоносія відповідає гідравлічному режиму теплової мережі відповідно до умов договору про надання послуги | | тиск теплоносія не відповідає гідравлічному режиму теплової мережі відповідно до умов договору про надання послуги | відповідно до вимог, передбачених <u>пунктом 15</u> Порядку |
| | 5) температура повітря у приміщеннях споживача (для приміщень, не оснащених вузлами розподільного обліку теплової енергії/приладами-розподільвачами теплової енергії) відповідає нормативній температурі повітря у приміщеннях житлового будинку, а саме: 18 °С - в опалюваних приміщеннях будинків, проектну | індивідуальна угода про надання послуги з тепlopостачання з обслуговуванням внутрішньобудинкових систем | температура в приміщеннях споживача нижча ніж нормативна температура у приміщеннях житлового будинку, а саме: 18 °С - в опалюваних приміщеннях будинків, проектну документацію на нове будівництво або реконструкцію яких затверджено до 1 жовтня 2005 р. | відповідно до вимог, передбачених <u>пунктом 16</u> Порядку |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | <p>документацію на нове будівництво або реконструкцію яких затверджено до 1 жовтня 2005 р.; температура згідно з державними будівельними нормами - у будинках, проектну документацію на нове будівництво або реконструкцію яких затверджено після 1 жовтня 2005 р., та у будинках, проектну документацію на капітальний ремонт яких затверджено після 12 березня 2011 року</p> | | <p>температура згідно з державними будівельними нормами - у будинках, проектну документацію на нове будівництво або реконструкцію яких затверджено після 1 жовтня 2005 р., та у будинках, проектну документацію на капітальний ремонт яких затверджено після 12 березня 2011 року</p> | |
|--|--|--|---|--|

На основі проведеного аналізу існуючого стану проблеми обліку споживання теплової енергії окремим приміщенням можна зробити наступні узагальнення.

По-перше, в даний час найбільш економічно виправданою є система обліку тепла на основі показів загальнобудинкового теплолічильника з наступним розподілом витрат по окремих квартирах на підставі розрахунків згідно чинної Методики [12], однак вона не дає необхідної справедливості розподілу, оскільки не враховує поточного стану теплотехнічних характеристик будинку.

По-друге, важливо також вирішити питання забезпечення необхідної стабільності теплового навантаження будинку при індивідуальному використанні тепла кожним споживачем. Ця проблема стане актуальною при введенні можливості самостійного регулювання кількості використаної теплової

енергії. Така необхідність випливає з того, що оптимально працюють теплогенеруючі установки при стабільному тепловому навантаженні, а великі коливання цього навантаження можуть призвести до зростання вартості виробленої теплової енергії.

По-третє, слід вирішити питання щодо соціально-економічного обґрунтування зменшення тарифів на опалення кімнат, які в будинку мають «невигідне» розміщення (кутові квартири, або такі, що розташовані на першому чи останньому поверхах).

По-четверте, доцільно розробити методику визначення тепловтрат окремих приміщень будинку, яка б забезпечувала оперативний контроль стану тепловтрат та стандартизований алгоритм оцінювання енергоефективності окремих приміщень.

По-п'яте, важливо створити методику оцінювання точності обліку спожитої теплової енергії, яка б дозволила враховувати результати вимірювань будинкових тепломірів, квартирних розподілювачів тепла та результати тепловізійного моніторингу тепловтрат.

Вирішення всіх цих завдань нерозривно пов'язане з проблемами оцінки якості використання тепла. Існуюча концепція забезпечення якості теплопостачання [6, 33] на сьогоднішній день вважається застарілою і не відповідає європейським стандартам. Зокрема, важко оперативно визначити задекларовані показники якості, такі як зниження температури повітря в приміщенні нижче норми та перерви у теплопостачанні, оскільки у споживачів відсутні вимірювачі температури, які були б зареєстровані у встановленому порядку законодавства. Навіть наявність відповідних засобів вимірювань у теплопостачальних організацій не гарантує споживачам необхідної оперативності у контролі за цими показниками якості. Очевидно, що постачальник спробує уникнути відповідальності, затягуючи час контролю якості до часу усунення невідповідностей, які виникли з вини постачальника. При цьому моменти відповідальності місцевих органів влади за порушення

вимог Закону України «Про тепlopостачання» [5] залишаються досить нечіткими та невизначеними.

Отже, ключова умова для забезпечення високої якості використання теплової енергії - теоретичне обґрунтування базової концепції контролю якості тепlopостачання. Це досягається через встановлення взаємозв'язку між обліком за даними індивідуальних теплोलічильників та квартирних розподільників тепла, а також розробку методики розрахунку теплоспоживання на основі результатів аналізу теплової математичної моделі будівлі та моніторингу теплотехнічного стану об'єкта.

Висновки до розділу 1

У першому розділі здійснено аналіз існуючих методів обліку теплової енергії та встановлено їх ефективність для обліку споживання тепла окремим приміщенням багатоквартирного будинку. Здійснено порівняльняння характеристик сучасних витратомірі, встановлено переваги та недоліки їх застосування в системах вимірювання кількості теплової енергії. Розглянуто особливості застосування приладів-розподільувачів тепла, як важливого засобу підвищення об'єктивності комерційного обліку тепла, що споживається індивідуальним споживачем. Проведено аналіз нормативно-правового забезпечення обліку тепла та встановлено основні його невідповідності для індивідуального обліку окремого приміщення багатоквартирного будинку.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ЗАСАД СИСТЕМ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1. Дослідження математичної моделі індивідуального споживання теплової енергії

Системи централізованого теплопостачання – це структурно складні системи, які поєднані різноманітними технологічними процесами.

Це підкреслює важливість використання методології системного підходу для оцінки ефективності систем теплопостачання. Зокрема розкриття внутрішніх зв'язків між термодинамічними характеристиками окремих елементів і підсистем, а також визначення та врахування основних впливових факторів. Без створення адекватних математичних моделей для основних елементів та процесів системи теплопостачання такий підхід стає неможливим.

Існуюча методика розрахунку тепловитрат на опалення приміщень [6, 12] є складним і базується на середньостатистичних даних, що встановлені для певних типів приміщень, будівельних матеріалів і особливостей систем опалення. Головним недоліком цієї методики є її декларативність: характеристики теплоспоживання конкретного приміщення фіксуються при будівництві і, як правило, залишаються постійними. Тому для об'єктивної оцінки ефективності тепловитрат у будівлях потрібно розробити та використовувати методику розрахунку тепловитрат конкретних приміщень. Ця методика повинна враховувати результати вимірювання температурного поля будівлі за допомогою тепловізорів, щоб виявити індивідуальні особливості теплоспоживання кожного приміщення. Результати таких досліджень мають бути використані при складанні паспорту, в якому, відповідно до результатів енергетичного аудиту, фіксуються основні теплоенергетичні характеристики приміщення. Щорічне складання паспортів приміщень дозволить більш об'єктивно оцінювати рівень споживання теплової енергії і сприятиме впровадженню енергозберігаючих заходів.

Процес обліку використання енергоресурсів має дві складові: вимірювальну, яка полягає в отриманні кількісної інформації про енергію, що

надається споживачеві за допомогою засобів вимірювання, та розрахункову, яка включає оцінку ефективності використаної споживачем енергії та оцінку якості наданої послуги [31].

$$Q_i^{вик} = K_i^{E\Phi} \cdot Q_i^{над} \quad (2.1)$$

де $Q_i^{вик}$ – кількість використаної теплової енергії індивідуальним споживачем; $Q_i^{над}$ – кількість наданої теплової енергії індивідуальному споживачу; $K_i^{E\Phi}$ – коефіцієнт ефективності використання теплової енергії приміщенням.

Суть методу, полягає у зборі та підсумовуванні характеристик, які безпосередньо відповідають за теплообмін між опалювальними пристроями та внутрішнім повітрям у приміщенні.

Коефіцієнт $K_i^{E\Phi}$ можна використовувати як основний показник якості використання теплової енергії приміщенням. Основною проблемою при цьому є встановлення дійсного значення коефіцієнта $K_i^{E\Phi}$. Очевидно, що коефіцієнт $K_i^{E\Phi}$ буде індивідуальним для кожного облікового приміщення і буде змінюватися від багатьох факторів (зміна тепловтрат приміщення та теплопередачі нагрівних пристроїв, зміна конфігурації приміщення і т.і.).

Існуючі підходи до створення математичних моделей теплопостачання базуються на формалізації теплового балансу приміщення [8]. Структурно це можна зобразити наступним чином:

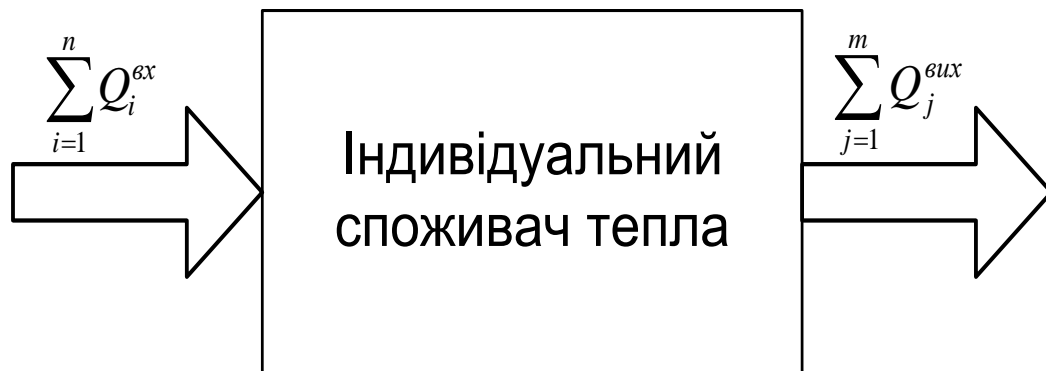


Рис. 2.1 Структура теплового балансу індивідуального споживача тепла.

Рівняння теплового балансу окремого приміщення (будинок, квартира) можна представити наступним чином [34]:

$$\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} = \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}, \quad (2.2)$$

де $\sum_{i=1}^n Q_i^{ex}$ - сумарні поступлення тепла в приміщення (від опалювальних приладів, побутових приладів, людей і т.і.); $\sum_{j=1}^m Q_j^{aux}$ - сумарні тепловтрати приміщення (через огорожуючі конструкції, за рахунок повітрообміну і т.і.).

Висока надійність теплопостачання та забезпечення необхідного рівня якості є важливими умовами ефективного функціонування системи опалення. Тому контроль теплового балансу в приміщенні повинен здійснюватися з врахуванням встановлених температурних режимів.

Очевидно, що досягнення теплового балансу та створення комфортної для людини температури в приміщенні можливе лише за умови оптимального поєднання та виконання 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, з можливістю однозначного регулювання її параметрів, доцільно визначити критерій ефективності як ймовірність виконання передбачених функцій теплопостачання при заданій ймовірності мінімальних втрат тепла.

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

$$k_H(t) = P\left\{t, \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} \geq Q_H^{ex}\right\} \cdot P\left\{t, Q_H^{ex} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}\right\}, \quad (2.3)$$

де $P\left\{t, \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} \geq Q_H^{ex}\right\}$ - ймовірність того, що в момент часу t значення вхідного ефекту системи теплопостачання (рівень наданої теплової енергії) буде

не нижчим деякого заданого рівня Q_H^{ex} ; $P\left\{t, Q_H^{ex} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}\right\}$ - ймовірність того, що в момент часу t величина вихідного ефекту системи тепlopостачання - $\sum_{j=1}^m Q_j^{aux}$ буде не нижчою сумарних тепловтрат приміщення при забезпеченні необхідних показників якості.

Перший множник виразу (2.3) визначається структурою системи тепlopостачання, показниками надійності окремих її компонентів і т. і. Другий множник відображає ефективність використання тепла будинком і визначається якістю застосованих енергоефективних заходів (рівень тепловтрат через огорожуючі конструкції, ефективність передачі тепла від нагрівальних пристроїв до внутрішнього повітря).

Розрахунки складових виразу (2.3) можуть стати складними через відсутність необхідних вихідних даних. Отже, для практичного використання можна замість першого множника у виразі (2.3) використати коефіцієнт, який визначає забезпечення приміщення тепловою енергією:

$$k_{ЗБ}^{ПП} = 1 - \frac{M\{\Delta Q\}}{Q_{пл.}}, \quad (2.4)$$

де $M\{\Delta Q\}$ - математичне сподівання недопостачання споживачу тепла за плановий період; $Q_{пл.}$ - кількість запланованого постачання споживачу тепла.

Отже, для розрахунку коефіцієнта забезпечення тепловою енергією можна використати дані з попереднього опалювального сезону.

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

$$C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R = \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}, \quad (2.5)$$

де C_R, ρ_R, V_R, T_R - питома теплоємність, густина, об'єм і середня температура приміщення.

Тоді коефіцієнт теплової ефективності приміщення можна знайти за формулою:

$$K_i^{E\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}}{C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R}, \quad (2.6)$$

Беручи до уваги складність організаційно-технічної структури системи теплопостачання, з точки зору системного аналізу, математичну модель S_{T3} її функціонування представимо у виді:

$$S_{T3} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1) \rightarrow \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} = \sum_{j=1}^m Q_j^{aux} \rightarrow const \\ 2) \rightarrow K_H(t) = P \left\{ t, \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} \geq Q_H^{ex} \right\} \cdot P \left\{ t, Q_H^{ex} \geq \sum_{j=1}^m Q_j^{aux} \right\} \\ 3) \rightarrow C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R = \sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{aux} \\ 4) \rightarrow K_{E\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^{ex} - \sum_{j=1}^m Q_j^{aux}}{C_R \cdot \rho_R \cdot V_R \cdot T_R} \rightarrow \max \end{array} \right. \quad (2.7)$$

Забезпечення виконання умови 1) є важливою умовою забезпечення виконання вимог нормативно-правових актів [5, 6, 33] стосовно виконання умов надання виконавцем послуги теплопостачання. Сумарні поступлення тепла в приміщення $\sum_{i=1}^n Q_i^{ex}$ відбувається від різних джерел: опалювальних приладів, побутових приладів, людей і т.і. Сумарні тепловтрати приміщення $\sum_{j=1}^m Q_j^{aux}$ відбувається через огорожуючі конструкції, за рахунок повітрообміну і т.і.

Методи побудовані на вимірюванні теплотехнічних параметрів приміщення (Методи №3 та №4 – див. Таблиця 1.1). Вони можуть бути побудовані на співвідношеннях:

а) для кількості тепла $Q_{пр}$, яка віддається від нагрівального приладу до приміщення:

$$Q_{пр} = \int_0^{\tau} K_{НП} \cdot F_{НП} \cdot \Delta t \cdot dt, \quad (2.8)$$

де $K_{НП}$ – ефективний коефіцієнт тепловіддачі від приладу до повітря приміщення конвекцією, до стін радіацією; $F_{НП}$ – площа нагрівального приладу; τ – час; Δt – середня різниця температур.

$$\Delta t = t_{НП} - t_{ПР}, \quad (2.9)$$

де $t_{НП}$ – середня температура нагрівального приладу, $t_{ПР}$ – температура приміщення.

б) для кількості тепла, яке віддається через огороження (стіни, перекриття, вікна) до навколишнього, за межами приміщення, повітря:

$$Q_{OG} = \int_0^{\tau} K_{OG} \cdot F_{OG} \cdot \delta t \cdot dt, \quad (2.10)$$

де K_{OG} – коефіцієнт тепловіддачі через огороження; F_{OG} – площа огороження (стіни, підлоги, стелі), $\delta t = t_{ПР} - t_{НС}$ – різниця температур приміщення і навколишнього середовища $t_{НС}$.

Використання таких співвідношень на перший погляд є простим, але на практиці ні одна з величин, які входять до (2.8, 2.10) не може бути визначена як величина стала.

Ефективний коефіцієнт тепловіддачі $K_{НП}$ залежить від середньої температури поверхні нагрівального пристрою (НП), яка неоднозначно залежить від температур на вході-виході з нагрівального пристрою, на неї впливає спосіб під'єднання НП, напрямок руху теплоносія (води) – зверху-вниз чи знизу-вверх, стану поверхні (фарбована чи не фарбована, чим фарбована), побутове екранування, спосіб встановлення.

Не чітко визначеною є і площа нагрівального приладу, до якої треба відносити і площу труб. За основу таких розрахунків можна було б спиратись на величини, які використовуються при проектуванні системи опалення: ефективну площу, чітко визначену різницю температур через температури води і температуру розрахункову в приміщенні. Але всі ці величини є змінними в часі і залежать від індивідуального споживача.

Вважаючи, що під час опалювального сезону, основним джерелом поступлення теплової енергії є опалювальні пристрої, які отримують енергію від системи центрального тепlopостачання, то вираз для визначення кількості теплової енергії, яку отримав індивідуальний споживач можна представити у наступному виді:

$$Q_i^{ex} = Q_{лич}^{бюд} \cdot \frac{Q_i^{розпод}}{\sum_{j=1}^m Q_j^{розпод}} \cdot k_{МЗК}, \quad (2.11)$$

де Q_i^{ex} - кількість теплової енергії отримана і-м споживачем; $Q_{лич}^{бюд}$ - кількість теплової енергії використаної багатоквартирним будинком; $Q_i^{розпод}$ - кількість теплової енергії визначеної за показами всіх розподілювачів тепла і-го споживача; $\sum_{j=1}^m Q_j^{розпод}$ - кількість теплової енергії визначеної за показами всіх розподілювачів тепла всіх j –споживачів багатоквартирного будинку; $k_{МЗК}$ - коефіцієнт, що враховує частину теплової енергії, яка використовується для опалення місць загального користування.

На практиці, сумарні тепловтрати приміщення $\sum_{j=1}^m Q_j^{ex}$ можна визначити двома шляхами:

- розрахунковим із використанням стандартних методик [35];
- вимірювальним, за результатами тепловізійного моніторингу будинку.

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі, із використанням стандартних методик є загальновідомим, добре описаний в нормативній та науковій літературі. Однак, його застосування має значні недоліки пов'язані із забезпеченням розрахунків об'єктивною інформацією про поточний стан тепловтрат конкретної будівлі. Тому детальніше розглянемо особливості оцінювання тепловтрат приміщення за результатами тепловізійного моніторингу огорожуючи конструкцій будинку.

Суть тепловізійного моніторингу огорожуючи конструкцій будинку полягає в тому, що можна отримати об'єктивну інформацію про тепловтрати будинку. Це дозволить отримувати інформацію про поточний стан тепловтрат

будинку, що створює умови для оцінки ступеня теплоефективності будівлі та оперативно розробляти заходи стосовно її підвищення. Використання безпілотних літальних апаратів, як платформи для системи контролю, дозволить підвищити оперативність тепловізійного обстеження будівлі та мінімізувати затрати. Дослідження особливостей проведення тепловізійного моніторингу будівель буде проведено в роботі нижче.

Застосування такого підходу, підвищить об'єктивність віднесення тепловтрат окремих приміщень будинку, які належать індивідуальному споживачу, при здійсненні комерційного обліку використаної ним теплової енергії. Поєднання результатів тепловізійного моніторингу та результатів вимірювання розподільовачами тепла дозволить підвищити об'єктивність обліку тепла, контролю рівня якості послуги теплопостачання та справедливості розподілу витрат за опалення між індивідуальними споживачами багатоквартирного будинку.

2.2 Дослідження специфіки індивідуального обліку спожитої теплової енергії в будинках з великою кількістю споживачів

Аналіз існуючих структур централізованого постачання теплової енергії при використанні колективного багатопідвідного принципу виявляє складність об'єктивного вимірювання спожитої теплової енергії за допомогою простого апаратного (об'єктивного) обліку спожитого тепла індивідуальними споживачами в багатоквартирних будинках [22, 23, 24, 32]. Основні труднощі полягають у різноманітності індивідуальних споживачів теплової енергії, яка представлена на Рис. 2.2.

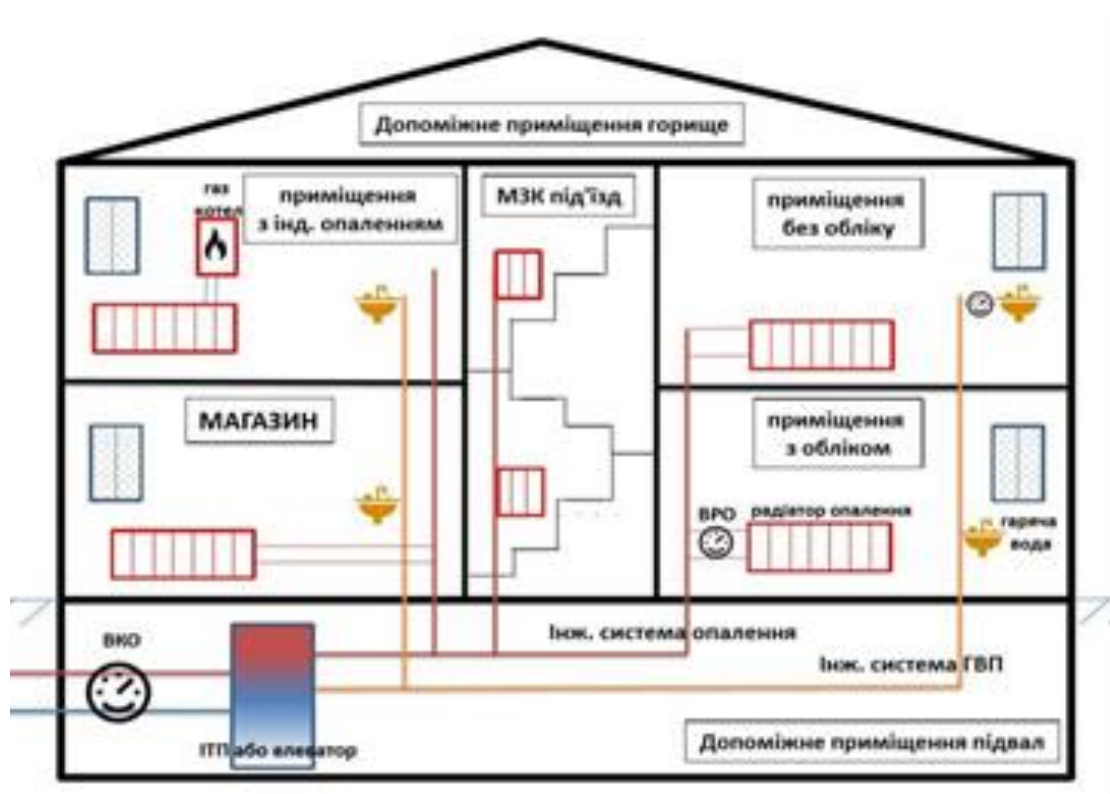


Рис.2.2 Схема централізованого постачання теплом за багатопідвідним колективним принципом

Часто індивідуальні лічильники енергоносіїв, що використовуються для обліку, є застарілими з моральної точки зору, мають недостатньо високий, для комерційного обліку (2...4) клас точності і не забезпечують автоматизації процесів обліку, контролю, діагностики працездатності та розрахунків за

використані енергоносії [36, 37]. Крім того, вони не здатні врахувати якість використаної теплової енергії. Не вирішені також питання щодо бездемонтажної метрологічної перевірки (на місці експлуатації) як окремих лічильників, так і будинкових систем комерційного обліку теплової енергії.

На сьогодні на урядовому рівні дозволено встановлення та використання приладів-розподільвачів теплової енергії для житлових приміщень із вертикальним розведенням труб, в яких встановлення індивідуальних лічильників є неможливим. Слід зазначити, що поквартирний облік тепла раніше був можливий лише для жителів будинків із горизонтальною системою подачі тепла [12, 36, 37].

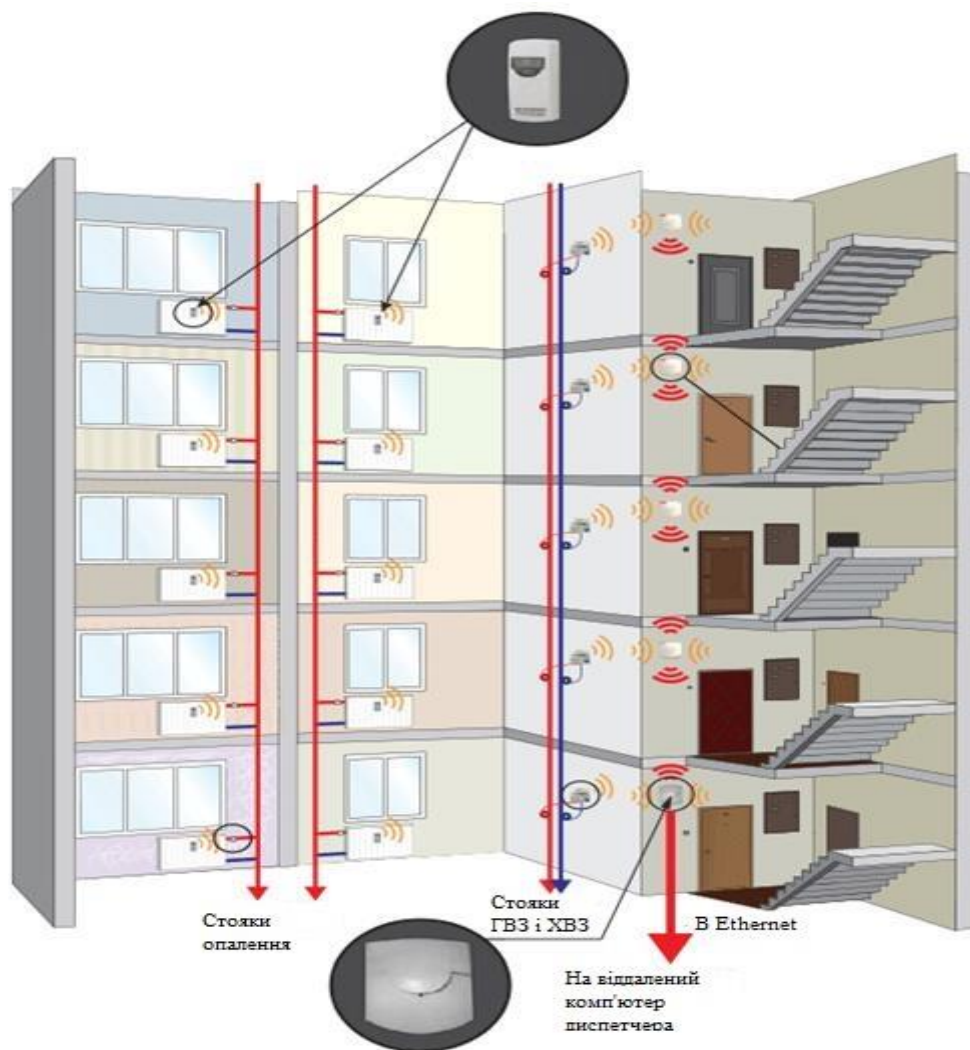


Рис. 2.3 Схема встановлення квартирних приладів обліку в будинках з вертикальною розводкою.

В той же час, мешканці багатоповерхівок в яких неможливе встановлення індивідуальних лічильників, повинні сплачувати за споживання теплової енергії відповідно до показів комерційного будинкового вузла. В цьому випадку спожитий обсяг теплової енергії розділяють між усіма мешканцями пропорційно до площі житлових приміщень, окремо не підраховуючи вартість опалення місць загального користування. Тоді як власники теплотлічильників оплачують як за фактично спожиту теплову енергію, так і компенсують частину вартості опалення загальних приміщень – фойє, коридорів, сходових кліток, «візочних» тощо (пропорційно до площі квартири). Таким чином вони заощаджують в 1,5-2 рази [12, 38].

Оьже, в одному будинку необхідно застосовувати три способи комерційного обліку споживання теплової енергії (згідно Табл. 1.1 це способи №2, №3 та №4).

Комерційний прилад обліку теплової енергії реєструє загальний обсяг витраченої теплової енергії в будівлі, а не тільки ту, що використовується для опалення окремих квартир, якщо вони не мають індивідуальних систем опалення. Тому кожне приміщення оплачує лише свій власний внесок. Існують дві складові, за якими сплачують всі власники: це обсяг теплової енергії, яка використовується для опалення МЗК, та енергія, що використовується для функціонування системи. Крім того, власники неплюваних квартир, або квартир з індивідуальним опаленням сплачують за втрачену теплову енергію у транзитних трубопроводах, які проходять через їхні приміщення. Решта теплової енергії розподіляється між квартирами з централізованим опаленням. Усереднено на опалення квартир теплової енергії витрачається близько: 80 %, на МЗК – 10 %, на функціонування системи опалення - 8 %, на стояки – 2 % [39, 40].

Проблеми розподілу спожитої теплової енергії, визначеної через колективний лічильник, можуть бути розв'язані різними способами. Дослідимо можливості індивідуального обліку спожитої теплової енергії для будинків з великою кількістю споживачів.

На підставі показів засобів вимірювальної техніки теплових вузлів багатоквартирного будинку проводяться розрахунки між споживачами та виконавцями комунальних послуг щодо постачання теплової енергії за певними критеріями.

Загалом можливі два способи технічної організації вимірювання індивідуального споживання тепла на опалення:

- шляхом встановлення лічильників тепла на вводі трубопроводів опалення у квартиру (для двотрубних горизонтальних систем опалення з поквартирними приладовими вітками)
- шляхом встановлення на опалювальних приладах приладів-розподільувачів теплової енергії (для термомодернізованих систем опалення), що виготовляються відповідно до ДСТУ EN 834:2017 [41] та ДСТУ EN 835:2007 [42].

Водночас, згідно з вимогами Житлового кодексу України [29], власники квартир у багатоквартирних будинках зобов'язані сплачувати вартість не лише за кількість теплової енергії, виміряної лічильниками, але й за певну частку тепловтрат, пов'язаних із:

- опаленням загальних приміщень (сходових кліток, ліфтових холів, коридорів тощо);
- експлуатацією системи опалення будинку (втрати тепла у теплових пунктах, магістральних трубопроводах, стояках та трубах до квартирних вводів).

Згідно Закону України "Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання" [4], ця частка теплової енергії повинна розподілятися між споживачами пропорційно до площі (а при різних висотах приміщень - до їх об'єму) квартири або іншого приміщення споживача.

У загальному випадку обсяг спожитої на опалення будівлі теплової енергії $Q_{ліч}^{буд}$, який визначають за показами вузла комерційного обліку (загальнобудинкового лічильника тепла), можна записати як суму обсягів теплової енергії на опалення всіх споживачів:

- що оснащені вузлами розподільного обліку $\sum_{i=1}^n Q_i^{розпод}$,

- що не оснащені вузлами розподільного обліку $\sum_{j=1}^m Q_j^{розрах}$,

- місць загального користування $Q_{МЗК}$,

- забезпечення функціонування внутрішньобудинкової системи опалення $Q_{функ}$.

$$Q_{ліч}^{буд} = \sum_{i=1}^n Q_i^{розпод} + \sum_{j=1}^m Q_j^{розрах} + Q_{МЗК} + Q_{функ}, \quad (2.12)$$

Обсяг спожитої теплової енергії на опалення споживачів, у приміщення яких встановлені вузли розподільного обліку тепла, визначається на основі показників цих вузлів $Q_i^{розпод}$, і на підставі цих даних обчислюється середнє значення споживання теплової енергії q за формулою:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^{розпод}}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (2.13)$$

де $\sum_{i=1}^n S_i$ – площа приміщень усіх споживачів будинку, m^2 , приміщення яких оснащені справними вузлами розподільного обліку.

Кожен із споживачів будинку, приміщення яких оснащені вузлами розподільного обліку, порівнюють обсяг спожитої за розрахунковий період теплової енергії, визначений за показаннями вузла розподільного обліку

$\sum_{i=1}^n Q_i^{розпод}$, з величиною мінімального споживання теплової енергії Q^{MIN} , яку

обчислюють за формулою:

$$Q_i^{MIN} = K^{MIN} \cdot q \cdot S_i, \quad (2.14)$$

де S_i – площа приміщень даного споживача, м²; K^{MIN} – коефіцієнт мінімально допустимого зменшення споживання теплової енергії споживачем, що визначається за допомогою наступного виразу:

$$K^{MIN} = \frac{(t_H - \Delta t) - t_{CO}}{t_H - t_{CO}}, \quad (2.15)$$

де t_H – нормована температура, °С, у приміщеннях споживача, яку приймають згідно з вимогами табл. 4 ДБН В.2.2-15-2005 [44]; Δt – допустиме пониження температури, °С, у приміщеннях споживача, яке приймають згідно з вимогами п. 5.3 ДБН В.2.5-67:2013 [35]; t_{CO} – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С, для району розташування об'єкта, яку визначають згідно з вимогами п. 5.13 ДБН В.2.5-67:2013 [35] за табл. 2 ДСТУ □ Н Б В.1.1-27:2010 [44].

Для тих споживачів, для яких виміряний (за показами вузла розподільного обліку) обсяг спожитої за звітний період теплової енергії Q_i , виявиться меншим за мінімальне споживання теплової енергії Q_i^{MIN} , встановлюють обсяг спожитої теплової енергії рівним мінімально допустимій величині, тобто $Q_i = Q_i^{MIN}$ [4]. Для решти споживачів обсяг спожитої за розрахунковий період теплової енергії приймають рівним величині, визначеній за показаннями вузла розподільного обліку, тобто $Q_i = Q_i^{розпод}$.

Якщо житлове приміщення споживачів не оснащені вузлами розподільного обліку теплової енергії, то обсяги спожитої теплової енергії за розрахунковий період визначають за формулою 2.16:

$$Q_i^{розр} = K_i \cdot q \cdot S_i^{розр}, \quad (2.16)$$

де $S_i^{розр}$ – площа приміщень відповідного споживача, м²; K_i – поплашковий коефіцієнт, який може бути встановлений співвласниками багатоквартирного будинку, або будь-якої іншої будівлі з двома чи більше споживачами [4], враховує особливості розташування приміщень цього споживача. Його можна обчислити за допомогою виразу:

$$K = K_{i1} \cdot K_{i2} \cdot \dots \cdot K_{iN}, \quad (2.17)$$

де K_{i1} – поправковий коефіцієнт, який враховує положення цього споживача в плані будівлі (кутове або проміжне); K_{i2} – поправковий коефіцієнт, що враховує положення цього споживача по вертикалі будівлі (на нижньому, на верхньому або на проміжних поверхах); K_{iN} – поправкові коефіцієнти, які допустимо встановлювати самими співвласниками багатоквартирного будинку.

Питомі фіксовані витрати теплоти q_{Φ} на опалення місць загального користування багатоквартирного будинку а також на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення за розрахунковий період обчислюють за формулою:

$$q_{\Phi} = \frac{Q_{\text{ліч}}^{\text{бюд}} - \sum_{i=1}^n Q_i^{\text{розпод}} - \sum_{j=1}^m Q_j^{\text{розрах}}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{МЗК}}^{\text{бюд}} + \sum_{i=1}^n S_{\text{снож}} + \sum_{i=1}^n S_{\text{АВТ}}}, \quad (2.18)$$

де $\sum_{i=1}^n S_{\text{АВТ}}$ – сумарна площа приміщень усіх споживачів багатоквартирного будинку, у яких встановлені індивідуальні (автономні) системи теплопостачання (за наявності таких споживачів у будинку).

Обсяг теплової енергії, спожитої за розрахунковий період у багатоквартирному будинку, розподіляють між усіма споживачами згідно наступних формул:

– якщо житлове приміщення оснащено вузлами розподільного обліку теплової енергії:

$$Q_{i\Sigma}^{\text{розп}} = Q_i^{\text{розп}} + q_{\Phi} + S_i^{\text{розп}}, \quad (2.19)$$

– якщо житлове приміщення не оснащено вузлами розподільного обліку теплової енергії:

$$Q_{i\Sigma}^{\text{розр}} = Q_i^{\text{розр}} + q_{\Phi} + S_i^{\text{розр}}, \quad (2.20)$$

– для споживачів, що обладнані індивідуальними (автономними) системами теплопостачання:

$$Q_{i\Sigma} = q_{\Phi} \cdot S_i^{asm}, \quad (2.21)$$

У випадку, коли в будинку немає жодних споживачів, чиї приміщення обладнані вузлами розподільного обліку, то розподіл витрат теплової енергії розраховується іншим способом. Якщо немає в будинку споживачів, що мають індивідуальні (автономні) системи теплопостачання, кількість спожитої теплової енергії на опалення будинку за розрахунковий період $Q_{лич}^{б\ddot{y}d}$ розподіляють між усіма споживачами будинку пропорційно до площі їх приміщень S_i за формулою:

$$Q_{i\Sigma} = \frac{Q_{лич}^{б\ddot{y}d} \cdot S_i^{asm}}{\sum S_i}, \quad (2.22)$$

де $\sum S_i$ – сумарна площа приміщень усіх споживачів будинку.

Якщо в будинку наявні квартири, що обладнані індивідуальними (автономними) системами теплопостачання, обсяг спожитої теплової енергії $Q_{лич}^{б\ddot{y}d}$ розподіляють між споживачами за такими формулами:

– для споживачів, що обладнані внутрішньобудинковою центральною системою опалення:

$$Q_{i\Sigma} = (q_o + q_{\Phi}) S_i^{ЦТ}, \quad (2.23)$$

– для споживачів, що обладнані індивідуальними (автономними) системами теплопостачання:

$$Q_{i\Sigma} = q_{\Phi} \cdot S_i^{asm}, \quad (2.24)$$

де $S_i^{ЦТ}$ та S_i^{asm} – площі приміщень споживачів, м², що обладнані, відповідно, центральною системою опалення та індивідуальними (автономними) системами теплопостачання; q_o – питомі витрати, тепла за розрахунковий

період на опалення приміщень споживачів, що обладнані центральною системою опалення, які визначають за формулою:

$$q_o = \frac{(1 - K_\phi) \cdot Q_\Sigma}{\sum S_i^{ЦТ}}, \quad (2.25)$$

q_ϕ – питомі фіксовані витрати теплоти, ГДж/м², на опалення місць загального користування будинку а також на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення, визначені за розрахунковий період та які визначають за формулою:

$$q_\phi = \frac{K_\phi \cdot Q_\Sigma}{\sum S_i^{ЦТ} + \sum S_i^{aem}}, \quad (2.26)$$

де K_ϕ – коефіцієнт, що враховує частку загальних витрат теплової енергії в багатоквартирному будинку, які припадають на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення та на опалення місць загального користування.

Коефіцієнт K_ϕ , значення якого приймається згідно з рішенням співвласників багатоквартирного будинку, або будівлі з двома, або більше споживачами, має рекомендований діапазон значень від 0,3 до 0,4 У випадку, коли в приміщеннях споживачів у будинку є різна висота, у всіх розрахункових формулах замість площі приміщень S , м² використовується їхній об'єм V , м³. В такому випадку питомі витрати теплоти виражаються у ГДж/м³.

В роботі [23] пропонується інші методи розрахунків, через визначення коефіцієнтів споживання, сталих на певний час (сезон споживання, місяць), вимірювання однієї-трьох температур з уточненням витрати через емпіричні конструкторські співвідношення [12], справедливості яких підтверджена експлуатацією існуючих систем тепlopостачання. Дійсно, всі співвідношення необхідно інтегрувати в часі і не зовсім ясно як виконується ця процедура для будинку в цілому. Крім того, методи вимірювання температур між поверхами, метрологічне забезпечення цих вимірів залишаються неясними.

Основною рисою всіх розглянутих вище систем і методів, є те, що вони підходять до об'єкту абсолютно невідомого, в той час як він є об'єктом відомим (принаймі на етапі проектування) і більше того, який виконує функцію самоконтролю і саморегуляції. Дійсно, важко уявити собі, що якийсь споживач, отримуючи меншу допустимого долю теплоти не буде хоча б інформувати про це відповідні технічні служби, які повинні підтримувати систему в робочому стані, а саме: в стані відповідному проектному стану. Законодавчі підстави для цього в країні вже є – це норми оплати за спожите тепло, в частині зменшення оплати при зниженні температур в приміщенні [5, 12].

Таким чином, мова може йти про відхилення від проектного стану як по витратах теплоносія, так і по споживанню теплоти окремим нагрівним приладом, при застосуванні статистичного підходу до проблеми.

Аналіз досліджень іноземних науковців показує, що у більшості країн ЄС було впроваджено обов'язкове застосування приладів-розподільовачів за умови технічної та економічної доцільності, але в деяких країнах (Швеція та Фінляндія) після накопичення досвіду застосування, було вирішено відмінити дану вимогу [96]. Наявні експериментальні дослідження роботи системи розподільного обліку італійськими науковцями висвітлюють аспекти відносної точності підходу з використанням приладів-розподільовачів. На великій експериментальній установці в Національному метрологічному інституті Італії (м. Турин), що відтворювала систему опалення, на кожному радіаторі було встановлено повноцінний лічильник теплової енергії, і прилад-розподільовач. Одночасно фіксувались покази лічильників та приладів-розподільовачів, з подальшою обробкою. Результати порівняння – середнє відхилення становило біля 8,1% з розкидом значень від 4,9 до 37,7 %. Але додатковий аналіз даних встановив, що при однакових типорозмірах радіаторів, відхилення вимірювань складали від 2,7 до 4,9 % [97]. Ряд дослідників вказують на суттєвий рівень паразитних перетоків між приіщеннями в багатоквартирних будинках: дослідження 24-квартирного будинку в м. Краєгувац (Сербія) виявило, неопалюване приміщення може отримати до 80% потреби в тепловій енергії на

опалення, виключно через дані перетоки [98]. Через вищезазначену проблему є необхідність додаткових досліджень, формування та імплементації правил врахування і контролю за паразитними перетоками до квартир, що приєднані до системи опалення, але не встановили прилади-розподільвачі, а також особливо приміщення, обладнані індивідуальним опаленням, які слід досить умовно вважати відокремленими від загальнобудинкової системи опалення.

Аналіз нормативної літератури, наукові статті українських та іноземних фахівців щодо специфіки організації розподільного обліку теплової енергії на опалення в багатоквартирних будинках з вертикальними системами опалення. виявив ряд недоліків в технічних стандартах, практиках застосування і нормативно-правових документах, що регламентують організацію розподільного обліку. До ключових технічних, методичних та поведінкових недоліків технічних рішень розподільного обліку можна віднести наступні:

- відсутня однозначність у коректності застосування обраних фізичних величин для формування системи розподільного обліку;
- значна кількість поправкових коефіцієнтів, що збільшують неточність розподілу;
- більшість поправкових коефіцієнтів різних впливних факторів є занадто укрупненими, а частина коефіцієнтів, що є технічними і мають визначатись внаслідок інженерних розрахунків, визначаються рішенням самих мешканців;
- відсутність відслідковування впливу споживачів, що не входять в систему розподільного обліку і мають індивідуальні системи опалення.

Отже, важливим є подальше дослідження технічних, методичних та поведінкових факторів розподільного обліку теплової енергії, пошуку нових технічних рішень для покращення рівня точності, економічної привабливості та справедливості розподілу.

Специфіка індивідуального обліку тепла в багатоквартирному будинку полягає в тому, що сьогодні відсутня практика застосування різних методів обліку для будинків, де присутні приміщення з різним рівнем обладнання засобами обліку. Це зумовлює використання спрощених підходів до обліку, що

не сприяє підвищенню точності обліку, а отже і справедливості оплати за спожите тепло. Для вирішення цієї науково-технічної задачі необхідно застосування методології системного підходу до оцінювання ефективності теплозабезпечення. Необхідним є виявлення внутрішніх зв'язків між термодинамічними властивостями окремих елементів і підсистем, а також врахування основних впливових чинників. Тому надзвичайно важливо створити адекватні математичні моделі, що відобразатимуть основні елементи та процеси системи теплопостачання.

2.3. Розроблення алгоритму оцінювання ефективності використання теплової енергії індивідуальним споживачем

Нормативна база оцінювання характеристик, які визначають теплотехнічні властивості окремих приміщень сьогодні не має важливих вихідних даних, що сприяло б правильному та оперативному визначенню індивідуального споживання тепла. Тому необхідно створити практичний алгоритм оцінювання ефективності використання теплової енергії окремим приміщенням.

При цьому необхідно враховувати поточний стан теплотехнічних характеристик зовнішніх огороджуючих конструкцій будівлі, які мають стабільну тенденцію до зміни під дією зовнішніх та внутрішніх чинників.

Дані отримані за цим алгоритмом можуть використовуватися при енергетичному аудиті будівель та при створенні їх паспортів теплотехнічних характеристик.

Схему теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку можна представити в наступному виді (див. Рис. 2.4)

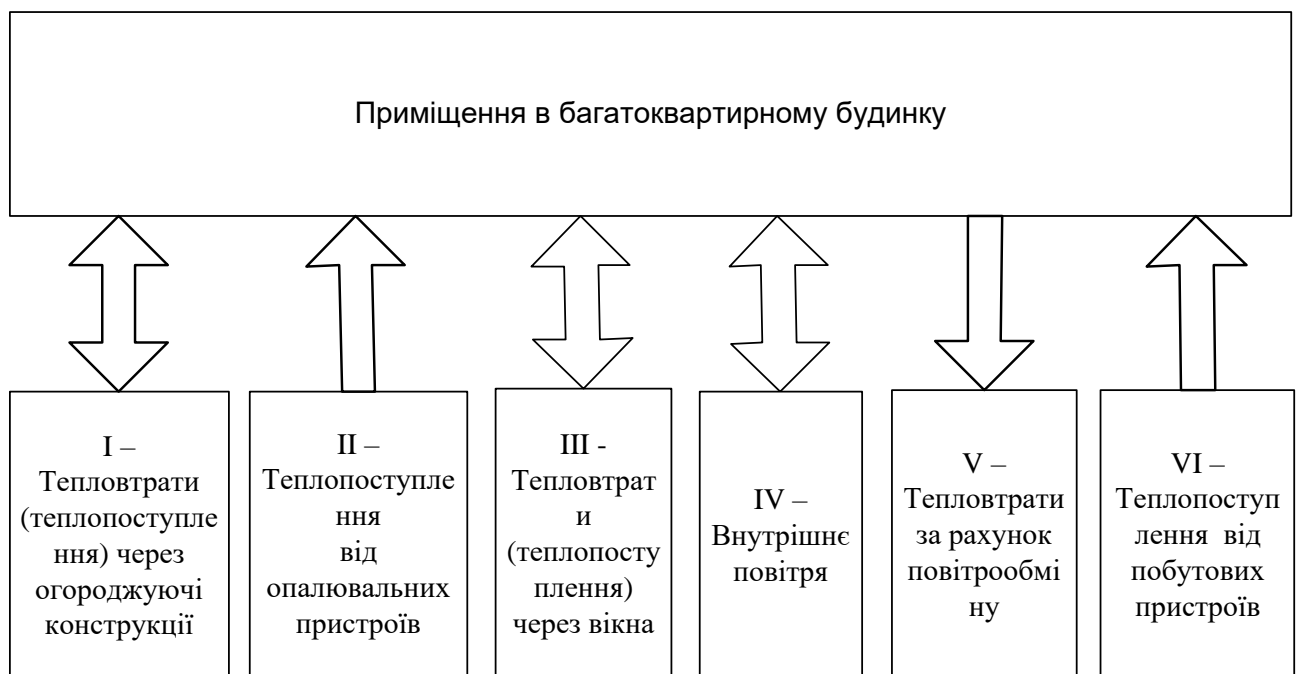


Рис. 2.4 Схема теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку.

Де I - тепловтрати чи теплопоступлення через огорожуючі конструкції (стіни, стеля, підлога);

II – теплопоступлення від опалювальних пристроїв;

III – тепловтрати чи тепло поступлення через вікна; тепло поступлення від побутових пристроїв;

IV – внутрішнє повітря;

V – тепловтрати за рахунок повітрообміну;

VI – теплопоступлення від побутових приладів.

Існує багато задач, в яких розглядається деяка сукупність об'єктів, між якими заданий певний зв'язок. Єфективним інструментом для вирішення таких задач є застосування теорії графів. Застосування теорії графів для аналізу складних процесів, до яких належать і завдання аналізу теплового балансу, дозволяє значно спростити процедуру аналізу їх властивостей, підвищує рівень наочності дослідження та створює умови поєднання різних властивостей.

На Рис. 2.5 наведено граф-модель теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку.

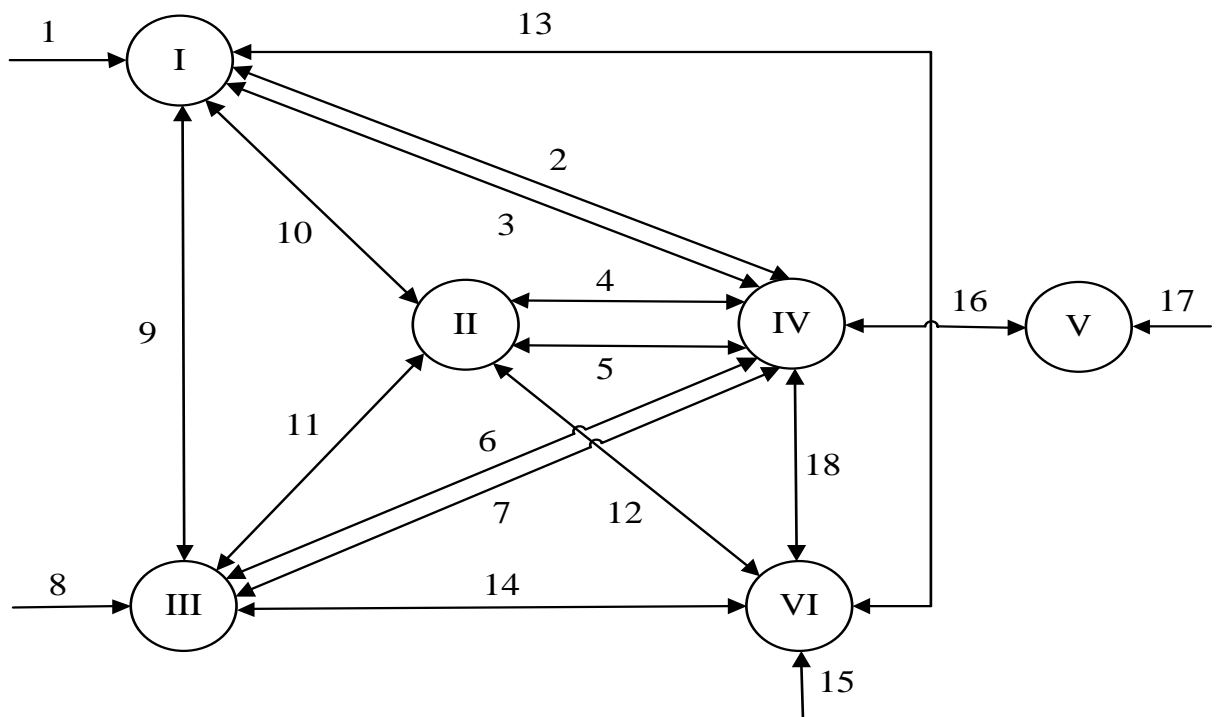


Рис. 2.5 Граф-модель теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку.

Основні елементи, які визначають стан теплового балансу наведені вище (див. Рис. 2.4).

При цьому, виникають зв'язки, які характеризують передавання теплоти між основними елементами, що визначають стан теплового балансу приміщення та внутрішнім повітрям.

Для формалізації завдання оцінювання стану теплового балансу конкретного приміщення в багатоквартирному будинку із використанням графу теплового балансу необхідно створити структурну матрицю зв'язків. В узагальненому виді структурна матриця зв'язків представлена в Таблиці 2.1.

Таблиці 2.1

Структурна матриця зв'язків графу теплового балансу приміщення

| Номер зв'язку | Ознака наявності зв'язку для елементів приміщення | | | | | |
|---------------|---|----|-----|----|---|----|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | -1 | | | | | |
| 2 | ±1 | | | ±1 | | |
| 3 | ±1 | | | ±1 | | |
| 4 | | ±1 | | ±1 | | |
| 5 | | ±1 | | ±1 | | |
| 6 | | | ±1 | ±1 | | |
| 7 | | | ±1 | ±1 | | |
| 8 | | | -1 | | | |
| 9 | ±1 | | ±1 | | | |
| 10 | ±1 | ±1 | | | | |
| 11 | | ±1 | | | | |
| 12 | | ±1 | | | | ±1 |
| 13 | ±1 | | | | | ±1 |
| 14 | | | ±1 | | | ±1 |
| 15 | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|--|--|--|----|----|----|
| 16 | | | | ±1 | ±1 | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | ±1 | | ±1 |

Враховуючи вагомість впливу конструктивних та тепло-фізичних властивостей окремих приміщень будинку на стан теплового балансу важливо створювати та вдосконалювати методи встановлення об'єктивних співвідношень між елементами теплового балансу та показниками конкретного приміщення.

Для врахування специфіки та характеру взаємозв'язків між елементами графу теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку доцільно скористатися матричним методом:

$$\begin{pmatrix} Q_I \\ Q_{II} \\ \dots \\ Q_{VI} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1j} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{ij} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} E_I \\ E_{II} \\ \dots \\ E_{VI} \end{pmatrix} \quad (2.27)$$

Де $E_I \dots E_{VI}$ – коефіцієнти, що враховують основні елементи, які визначають стан теплового балансу конкретного приміщення;

$w_{11} \dots w_{ij}$ – матриця коефіцієнтів зв'язків графу теплового балансу приміщення;

$Q_I \dots Q_{VI}$ – тепло-фізичні властивості окремих елементів теплового балансу приміщення.

На Рис. 2.6 наведено алгоритм визначення коефіцієнту теплової ефективності окремого приміщення в багатоквартирному будинку.



Рис. 2.6 Алгоритм вимірювання теплового балансу окремого приміщення в багатоквартирному будинку.

Застосування запропонованого підходу до оцінювання реальних теплофізичних властивостей окремого приміщення дозволяє підвищити:

- об'єктивність обліку теплової енергії за рахунок мотивування до встановлення розподільвачів тепла;
- оперативність виявлення невідповідностей послуги теплопостачання;
- взаємовідповідальність виконавця та споживача стосовно забезпечення якості послуги теплопостачання;
- мотивування окремих споживачів до термомодернізації їхніх приміщень;

- мотивування виконавців послуги тепlopостачання до впровадження енергоефективних заходів.

Розроблений підхід до вимілювання та оцінювання реальних теплофізичних властивостей окремого приміщення дозволить значно підвищити об'єктивність обліку споживання теплової енергії та стане основою для оцінювання якості послуги тепло забезпечення.

Висновки до розділу 2

У другому розділі розроблено математичну модель теплового балансу окремого приміщення, встановлено основні елементи приміщення, які визначають рівень теплової ефективності. Показано доцільність визначення коефіцієнта теплової ефективності приміщення та використання його як важливого показника при визначенні кількості спожитого тепла та при визначенні рівня якості послуги тепlopостачання. Проаналізовано специфіку індивідуального обліку споживання тепла в багатоквартирних будинках з різними методами обліку (розрахунковий, автономний, за показами розподілювачів) та запропоновано підхід для раціонального розподілу тепла спожитого будинком. Розроблено граф-модель теплового балансу окремого приміщення, застосування якого дозволяє враховувати індивідуальні теплофізичні властивості приміщення. Розроблено алгоритм визначення коефіцієнту теплової ефективності приміщення, як важливого показника підвищення об'єктивності обліку тепла та встановлення рівня якості послуги тепло забезпечення.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСАД ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБЛІКУ ТЕПЛА

3.1. Структура системи обліку теплової енергії індивідуальним споживачем

Мінімізація витрат на опалення – зрозуміле бажання кожного власника житла. Однак з низки причин не в кожній квартирі є можливість встановити індивідуальний теплотічильник. Проблема вирішується за допомогою монтажу розподільника витрат тепла. Такі пристрої в останні роки почали набувати все більшої популярності [32]. На відміну від теплотічильника розподільник витрат тепла встановлюється не в трубопровод опалення, а безпосередньо на поверхню кожного радіатора в квартирі. Може використовуватися в багатоквартирних будинках з горизонтальним і вертикальним розведенням систем опалення. Загальна кількість розподільників в одній квартирі може бути досить великою, але, на відміну від лічильника, вартість розподільника невелика і сумарні витрати на створення поквартирної системи обліку тепла (включаючи вартість необхідних додаткових комплектуючих) є доступною для масового застосування.

Система комерційного обліку споживання теплової енергії багатоквартирного будинку складаються таких основних функціонально самостійних частин (Рис. 3.1):

- теплообчислювача;
- сенсорів (витрати, температури і тиску теплоносія);
- сукупності пристроїв-розподільювачів тепла;
- концентратор даних від пристроїв-розподільювачів тепла.
- теплообчислювач - це спеціалізований мікропроцесорний пристрій, який призначений для оброблення сигналів, що надходять від сенсорів. Він перетворює ці сигнали в цифрову форму, обчислює кількість теплової енергії відповідно до заданого алгоритму, індикує результати та зберігає їх у енергонезалежній пам'яті пристрою.

Структурна схема системи комерційного обліку споживання теплової енергії багатоквартирного будинку представлена на Рис.3.1.

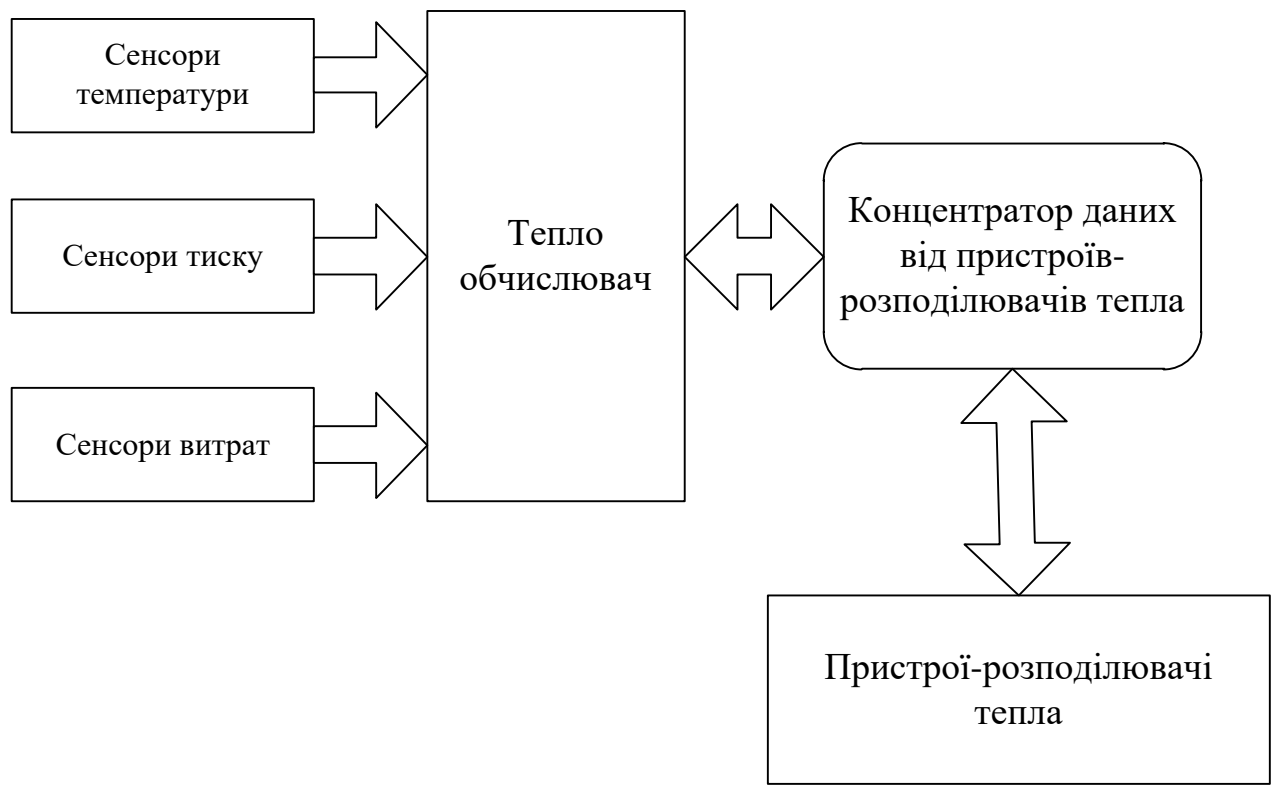


Рис.3.1 Структура системи комерційного обліку споживання теплової енергії багатоквартирного будинку.

Функції, які виконуються теплообчислювачем:

- перетворення вихідних сигналів від сенсорів витрати, температури, тиску в цифрові значення;
- здійснює визначення кількості спожитої теплової енергії;
- зберігає дані про теплову енергію та параметри теплоносія;
- передає інформацію в комп'ютер та систему вищого рівня;
- реєстрування нештатних режимів роботи системи обліку тепла;
- здійснює періодичну самодіагностику тепло лічильника.

Сенсори витрати є найбільш важливими компонентами теплового лічильника щодо його технічних та споживчих характеристик. Точність теплового лічильника визначається головним чином точністю сенсорів витрати.

Ці сенсори можуть бути реалізовані у вигляді функціонально повного самостійного пристрою, що має загальну назву - перетворювач витрати (ПВ), або первинний перетворювач витрати (ППВ), який може працювати лише у поєднанні з тепловим обчислювачем певного типу. У першому випадку вимірюючий сенсор витрати сформовує уніфікований вихідний сигнал, який може опрацьовуватися різними теплообчислювачами, чиї входи узгоджені з вихідними сигналами сенсора витрати. Ця комплектація теплолічильника до певної міри сприяє уніфікації приладів обліку тепла. До складу перетворювача витрати входить первинний та вторинний перетворювачі витрати. Останній являє собою електронний блок, який може бути збудований як окремий компонент разом з первинним перетворювачем витрати або мати окреме виконання. У деяких випадках вторинний перетворювач витрати входить до складу теплообчислювача, і вони можуть бути змонтовані в одному корпусі чи на одній платі. Існують різні методи вимірювання витрати теплоносія, такі як електромагнітний, ультразвуковий, вихровий та ін. Специфіка роботи витратомірів розглянуті у роботі в Розділі 1.

Сенсори тиску мають незначний вплив на точнісні та технічні характеристики теплолічильника. Як правило, у них присутній уніфікований вихід по струму 4 ... 20мА, 0 ... 20 або 0... 5 мА. Теплообчислювачі мають інформаційно узгоджений з сенсорами тиску вхід.

Останнім часом зростає потреба реєструвати фактичний тиск в системі для контролю параметрів теплоспоживання. Це допомагає також вирішувати різні суперечки з теплопостачальними організаціями, оскільки температура і тиск теплоносія є важливими вихідними параметрами для визначення його питомої ентальпії. Концентратор даних від пристроїв-розподільовачів тепла здійснює реєстрацію даних від розподільовачів тепла, встановлених у будинку та її

розподіл між індивідуальними споживачами. Прилади - розподілювачі теплової енергії (далі - розподілювачі) – пристрої, призначені для вимірювання різниці температур між поверхнею опалювального приладу і навколишнім середовищем з подальшим обчисленням значення, пропорційного кількості теплової енергії, яка отримана конкретним опалювальним приладом від теплотраси. Сукупність показів розподілювачів колективної системи опалення, дозволяє виділити частку теплоспоживання кожної квартири, згідно показів загальнобудинкового лічильника теплової енергії.

Розподілювачі оснащені системою дистанційного зняття показань та відповідають вимогам ДСТУ EN 834:2017 "Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади з електроживленням" та ДСТУ EN 834:2017 / Поправка № 1:2017 (EN 834:2013 / AC:2015, IDT) "Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади з електроживленням".

До основних переваг розподілювачів тепла можна віднести наступні:

- точне обчислення кількості теплової енергії, відданої опалювальним приладом безпосередньо в одиницях енергії (МДж, ГКал) - за звітний період;
- спрощені методики налагодження, зчитування даних і розподілу тепла (для зчитування даних не потрібен доступ у квартиру);
- відкритий протокол обміну;
- монтаж можна виконувати навіть у опалювальний сезон, тому що не потребує відключення радіаторів;
- економія за умовами використання термостатичних регуляторів;
- прилад не потребує постійної перевірки, як наприклад теплотлічильник;
- індикація зняття розподільника з батареї;

- можливість перевірки переданих мешканцями показань через контрольну суму;
- відключення обліку на час неопалювального сезону

Виходячи з цілей і завдань, які вирішують теплотічильниками, вони повинні мати такі властивості: легітимність; системність; надійність; технологічність; простоту і економічність експлуатації.

Легітимність теплотічильників полягає в їхній відповідності вимогам існуючої нормативно-технічної документації.

Системність теплотічильників означає здатність одного типу приладів забезпечувати облік як у виробника теплової енергії, так і у споживачів тепла, а також їхню інтеграцію в автоматизовані системи збирання, накопичення, оброблення і відображення інформації, а також управління споживанням тепла.

Використання одного типу ЗВ для обліку теплової енергії у споживачів та у виробників тепла допомагає зменшити або уникнути методичних похибок методу вимірювання та апаратурних помилок використовуваних приладів.

Виробники тепла забезпечують постачання теплоносія для теплових мереж через трубопроводи зазвичай діаметром від 400 до 1200 мм. Споживачі отримують теплоносій через трубопроводи, зазвичай, діаметром від 50 до 400 мм.

Ефективна інтеграція теплового лічильника в автоматизовані системи залежить від технічної можливості отримання інформації з нього, яка оперативно зберігається в комп'ютері, а також від наявності спеціального сертифікованого програмного забезпечення для здійснення такого обміну інформацією. Додаткові уніфіковані виходи теплотічильника, що, наприклад, дублюють канали вимірювання витрат, часто є дуже корисними. У цьому

випадку можлива проста інтеграція теплотічильника в наявну автоматизовану систему, побудовану на базі будь-якого контролера. Під час експлуатації теплотічильника його надійність, як властивість, проявляється та визначається надійністю його складових елементів. Ключовим елементом, що визначає надійність теплотічильника в цілому, є витратомір. Особливості витратомірів, які використовуються для вимірювання теплоносія, були детально розглянуті раніше. Надійність роботи теплотічильника в значній мірі залежить від якості його монтажу та відповідності правилам експлуатації.

Технологічність монтажу теплотічильника визначається можливістю вибору методу та місця його установки, а також витратами на сам процес монтажу. Вибір місця для установки теплотічильника обумовлюється обмеженнями, пов'язаними з допустимою довжиною "прямих" ділянок трубопроводу до та після первинних перетворювачів, а також можливими відстанями між сенсорами та теплообчислювачем.

Витрати на експлуатацію теплотічильників визначаються частотою та обсягом робіт з їх обслуговування та метрологічною перевіркою. Максимальний інтервал між перевірками для сучасних теплотічильників становить 3,5 років. У випадку метрологічної перевірки перевагу надають теплотічильникам, для яких наявна затверджена методика перевірки за допомогою імітаційного методу.

Для покращення існуючої системи обліку теплової енергії у житлових приміщеннях можна використовувати систему дистанційного збору даних з лічильників у багатоповерховому будинку. В наш час широкого поширення набули бездротові технології, які також зручно використовувати для систем енергозбереження в житлових будинках. У системах дистанційного збору даних зазвичай використовують такі рішення: дротовий інтерфейс M-Bus з наявною передачею даних з допомогою модема через GSM/GPRS канал і радіоінтерфейс,

що працює на частоті 868 МГц та володіє відкритим протоколом обміну даних. До систем збору та передачі даних за стандартизованими протоколами обміну даних входять:

- Прилади обліку енергоресурсів;
- Пристрої, призначені для збору та передавання даних;
- Використовуване в системі програмне забезпечення;

Особливістю роботи таких систем є те, що при заміні якогось компонента на його аналог іншого походження, система й надалі ефективно виконуватиме свої функції. До системи збору даних з допомогою радіоканалів входить: - лічильники тепла, які служать для передавання даних бездротовими каналами; - приймачі даних з лічильників (їх називають радіомаршрутизаторами); - пристрої, призначені для відображення отриманих даних з лічильників (це може бути планшет або телефон, що використовується фахівцем); - спеціалізоване програмне забезпечення, встановлене на планшеті чи телефоні.

До переваг описаних вище систем можна віднести вищу надійність системи, якої досягнуто за рахунок відсутності дротового зв'язку. Крім цього, системи такого типу дають можливість обслуговувати необмежену кількість приладів призначених для обліку енергоносіїв. До недоліків можна віднести обмежений радіус дії радіосигналу; дискретність передавання даних та можливість отримати дані лише після того, як оператор знаходиться на об'єкті.

3.2. Тепловізійний моніторинг тепловтрат будівель

Моніторинг стану та діагностика будівель стали ключовими методами для оперативного встановлення теплофізичних властивостей огорожуючих конструкцій, забезпечення тривалої роботи та безпеки будівель. Інфрачервона термографія — це неруйнівний метод, який використовує інфрачервоне випромінювання для візуалізації коливань температури поверхні. Це універсальний інструмент, який можна використовувати для виявлення різноманітних проблем у будівлях, включаючи недоліки теплоізоляції, проникнення вологи, структурні порушення. Інфрачервона термографія ефективним методом дистанційного моніторингу стану будівель за допомогою методів інфрачервоного зображення.

Останніми роками в галузі діагностики та моніторингу стану будівель відбулися значні зміни, які були спричинені інтеграцією передових технологій та інноваційних методологій. Істотний прогрес у методах неруйнівного контролю та оцінки зіграв важливу роль у спрямуванні цієї зміни. Серед передових методів неруйнівного контролю, доступних для дослідників і практиків, інфрачервона термографія стала універсальною та неінвазивною технологією, яка дозволяє повністю зрозуміти структурну цілісність і характеристики будівель [47-50].

Протягом останніх кількох десятиліть використання технології неруйнівного контролю стає все більш поширеним, її застосування постійно розширюється до досліджень і розробок у різних галузях промисловості, моніторингу стану конструкцій, характеристик матеріалів, забезпечення якості виробництва, зниження витрат на енергію, сільське господарство, медицина та багато іншого [51-53]. Останнім часом зростає попит на кількісну оцінку будівель і споруд [54-56]. У відповідь на це використання технології інфрачервоної термографії виявилось цінним як інструмент вимірювання, зокрема для оцінки розсіювання тепла [57-59]. Інфрачервона термографія, наріжний камінь методології неруйнівного контролю, став відомим як універсальний і безцінний інструмент для комплексної оцінки стану будівель.

Характеризуючись своєю неінвазивною та безконтактною природою, інфрачервона термографія представляє унікальний підхід до діагностики прихованих проблем, які інакше можуть уникнути звичайних методів огляду [60, 61]. Захоплюючи та перетворюючи теплове випромінювання, що випромінюється об'єктами, у візуальні картинки, ця техніка розкриває розподіл температури між різними компонентами будівлі, виявляючи тонкі температурні аномалії та нерівності, які часто передвіщають серйозніші проблем, наприклад деградація теплопровідності зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Усі об'єкти з температурою вище 0 К (тобто -273 °С) випромінюють електромагнітне випромінювання в інфрачервоній області електромагнітного спектру. Інфрачервоне випромінювання (довжина хвилі в діапазоні 0,75–1000 мкм) розташоване між мікрохвильовою та видимою частинами електромагнітного спектру. Цей широкий діапазон можна далі розділити на ближній інфрачервоний діапазон (0,76–1,5 мкм), середній інфрачервоний діапазон (1,5–5,6 мкм) і далекий інфрачервоний діапазон (5,6–1000 мкм). У теорії теплового випромінювання чорне тіло розглядається як гіпотетичний об'єкт, який поглинає все падаюче випромінювання та випромінює безперервний спектр відповідно до закону Планка і може бути виражений рівнянням (3.1) наступним чином [62, 63].

$$L_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left[e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right]}, \quad (3.1)$$

де λ - довжина хвилі випромінювання, L_{λ} - це потужність, випромінювана чорним тілом на одиницю поверхні та на одиницю тілесного кута для певної довжини хвилі, T — температура поверхні, C_1 , C_2 — перша та друга константи випромінювання відповідно. На основі інтегрування закону Планка по всіх частотах отримано закон Стефана–Больцмана, який може бути виражений рівнянням (3.2) [64, 65].

$$\frac{q}{A} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4, \quad (3.2)$$

де q – швидкість випромінювання енергії, A – площа випромінюючої поверхні, T – абсолютна температура, σ – стала Стефана–Больцмана, ε – випромінювальна здатність випромінюючої поверхні для фіксованої довжини хвилі та абсолютної температури T . Для ідеального чорного тіла випромінювальна здатність дорівнює одиниці, але для реальних поверхонь вона завжди менше одиниці. Довжина хвилі піку спектра випромінювання також пов'язана з абсолютною температурою випромінюючої поверхні за законом зміщення Віна і може бути виражена рівнянням (3.3) [66].

$$\lambda \cdot T = 2897,7 \mu\text{m} \cdot \text{K} , \quad (3.3)$$

У пасивній термографії мета полягає в тому, щоб вловити природне теплове випромінювання, що випускається поверхнею об'єкта, без застосування будь-якого зовнішнього джерела енергії. Ця техніка використовується, коли досліджувані об'єкти мають різницю температур порівняно з навколишнім середовищем. Пасивна термографія є перш за все якісною, спрямованою на виявлення розривів або аномалій у матеріалі. Він ефективний у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (3–5 мкм) і довгохвильовому інфрачервоному діапазоні (8–12 мкм). Цей метод знаходить застосування в різноманітних сферах, включаючи моніторинг процесів, моніторинг стану, моніторинг будівельних конструкцій, оцінка теплової ефективності будівель,

Інфрачервона термографія працює як потужний метод для аналізу теплових моделей і коливань температури на різних поверхнях. Його ефективність підкріплюється спектром параметрів продуктивності, які разом формують його точність, що робить його ключовим інструментом у діагностиці будівель [67].

Температурна роздільна здатність відображає найменшу різницю температур, яку може помітити інфрачервона камера в полі зору. На цей параметр впливають такі фактори, як температура об'єкта, умови навколишнього середовища та відстань від об'єкта до камери. Такі величини, як різниця температур, мінімальна шумова температура, мінімальна розрізнявана різниця температур і мінімальна виявлена різниця температур, служать

показниками для оцінки роздільної здатності температури. Сучасні камери з охолодженням демонструють значення мінімальної шумової температури нижче 0,025 К при кімнатній температурі [68].

Діапазон температур: здатність інфрачервоної камери вимірювати температуру знаходиться в межах визначеного діапазону температур. Загальні діапазони охоплюють від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Використання спеціалізованих фільтрів може розширити цей діапазон до температури до $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ [68].

Частота кадрів: частота кадрів – це частота, з якою інфрачервона камера фіксує кадрів за секунду. Камери з високою частотою кадрів є безцінними для моніторингу динамічних подій і рухомих об'єктів. Стандартна частота кадрів становить 50 Гц (50 кадрів за секунду) [68].

Але вибір інфрачервоної камери для діагностики будівлі виходить за межі одних лише цих параметрів. Внутрішні атрибути, такі як енергоспоживання, фізичні розміри, вага, можливості обробки зображень, точність калібрування, ємність пам'яті, сумісність з комп'ютерними інтерфейсами, вартість і доступна сервісна підтримка разом сприяють придатності камери для конкретних застосувань [69, 70].

У діагностиці будівель інфрачервона термографія є цінним інструментом, оскільки він візуалізує різницю температур, яка вказує на структурні проблеми, енергоефективність або приховані дефекти. Наприклад, аномалії в теплових моделях можуть означати порушення ізоляції, витік повітря, проникнення вологи або навіть проблеми з електрикою всередині стін [71, 72]. Фотографуючи та аналізуючи ці коливання температури, фахівці можуть виявити основні проблеми, які інакше могли б залишитися непоміченими за допомогою традиційних візуальних перевірок.

Значимість інфрачервоної термографії у діагностиці будівель підкреслюється широким спектром його застосувань, кожне з яких стосується критичних аспектів надійності конструкцій та їх енергоефективності. Одне з його основних застосувань полягає у виявленні теплових аномалій, зазвичай пов'язаних із неефективністю використання енергії, наприклад із погано

ізолюваними зонами або витоками повітря. Виявивши ці порушення, власники будівель можуть впроваджувати цілеспрямовані покращення для покращення енергозбереження та зниження експлуатаційних витрат [73, 74].

У сфері діагностики будівель інфрачервона термографія постає як наріжна технологія з можливістю ідентифікувати структурні нерівності та оцінювати теплові характеристики. Використовуючи принципи захоплення теплового випромінювання, що випромінюється матеріалами, інфрачервона термографія перетворює досліджувану область на візуальне зображення, де кольори відповідають чітким градієнтам температури [75, 76]. Ця техніка вимагає контрольованого застосування теплових подразників, або у формі нагрівання, або охолодження, до певних областей інтересу, тим самим викликаючи відповідні температурні коливання на поверхні. Результуюча температура поверхні за своєю суттю залежить від теплових властивостей матеріалу, інкапсулюючих елементів, таких як термічний опір та властивості інерції. Примітно, що наявність вологи, обмеженої пористими матеріалами, вносить варіації в теплопровідність, отже, зменшуючи тепловий опір і завершуючись проявом виявлених теплових містків. Такі теплові аномалії проявляються у вигляді більш холодних зон на зроблених інфрачервоних зображеннях.

У сфері діагностики будівель ефективність і доцільність інфрачервоної термографії у комплексних обстеженнях на місці особливо очевидна. Це полегшує ідентифікацію як явних, так і прихованих дефектів матеріалу, ускладнень, спричинених вологою, і температурних аберацій. У той час як інфрачервоне сканування дає широкі можливості, отримання кількісних даних із репрезентативних областей та набуває першорядного значення для точної інтерпретації виявлених проблем [77]. Використання послідовного тепловізійного дослідження для вивчення проблемних зон полегшує кількісну оцінку цих місць. Ця методологія передбачає отримання послідовних інфрачервоних зображень під час чергування інтервалів нагрівання та охолодження, метою таких досліджень є створення диференціальних теплових зображень, які підкреслюють різницю температур поверхні. Завдяки

моніторингу змін у фізичних і теплових властивостях, притаманних області дефекту, ці диференціальні зображення дозволяють легко відстежувати аномалії. Крім того, часова еволюція температури під впливом нагрівання та охолодження піддається аналізу за допомогою графічних зображень, що дає змогу зрозуміти зміни температури поверхні з часом. Швидкість нагрівання або охолодження, для кожного конкретного місця, забезпечує емпіричні зв'язки з характеристиками теплової інерції матеріалу [78]. Порівнюючи ці швидкості з характеристиками матеріалів, можна ефективно вивести відносну інтерпретацію теплової інерції.

Структуру системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку представлено на рис. 3.1.



Рис.3.1. Структура системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку.

Пропонована система (Рис.3.1) складається з двох камер, тепловізійної та фотокамери на основі матриці елементів із зарядовим зв'язком. Дві камери

можуть одночасно знімати поверхню огорожувальних конструкцій будівлі. Камери розміщені на дроні, який може літати біля будівлі. Відео, записане на обидві камери, можна передавати до наземного модуля обробки інформації. Записані відео обробляються на багатоядерному процесорі, щоб розділити вхідне відео на сегменти та запустити роботу алгоритмів виявлення місць тепловтрат, щоб виявити та знайти зони найбільших втрат.

В даній структурі паралельно із тепловізійною камерою - ТВК встановлено пірометричний вимірювач температури - ПВТ, застосування якого дозволить скорегувати методичну похибку вимірювання температури стін будинку.

Із формул наведених в нормативних документах [6, 8, 12, 18] стає очевидним, що об'єм теплового потоку, який проходить через будівельний матеріал, залежить від різниці температур і обернено пропорційний товщині цього матеріалу. Різні матеріали при однаковій товщині і температурних різницях можуть мати різний рівень теплопровідності. Цей різницевий ефект вказує на теплопровідність матеріалу, яка визначається його опором теплопередачі. Опір теплопередачі також враховує умови теплообміну з навколишнім середовищем через коефіцієнт тепловіддачі. Таким чином, тепловий потік через багат шарову конструкцію напряму пропорційний різниці температур на її межах і обернено пропорційний сумі термічних опорів цих шарів.

Також, для створення умов застосування результатів тепловізійного моніторингу огорожуючи конструкцій будинку, важливо забезпечити кластеризацію контрольованої поверхні за рівнем температурного градієнту із прийнятним рівнем точності та розробити методику коригування температури кластерів за показами пірометра.

Алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку представлено на Рис. 3.2

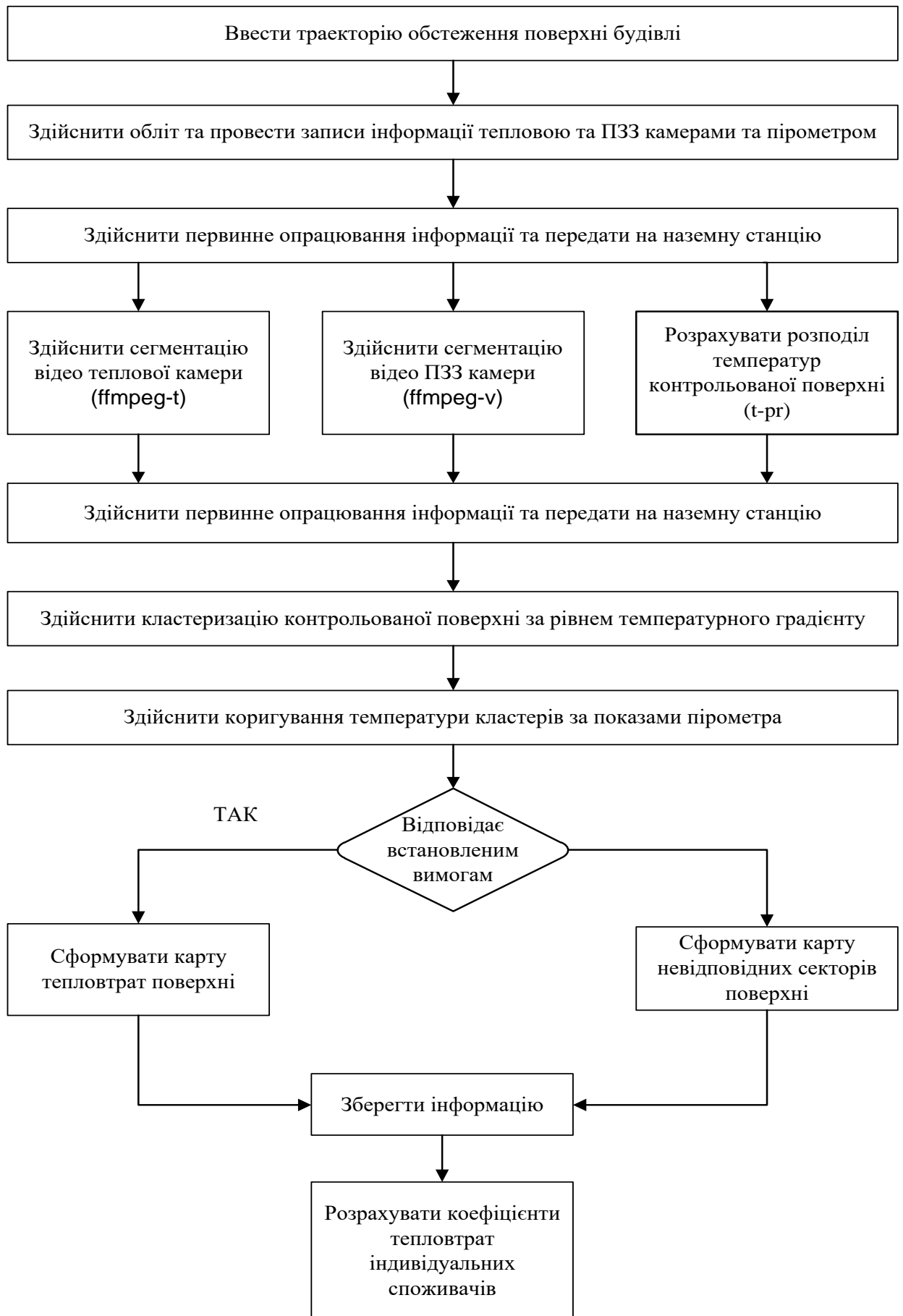


Рис. 3.2 Алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорджувальних конструкцій будинку.

Важливим завданням, при здійсненні тепловізійного моніторингу будівель, є правильна ідентифікація місць тепловтрат та прив'язка їх до конкретного місця огорожувальної конструкції досліджуваного будинку.

На Рис. 3.3 представлено блок-схему використання морфологічного та CANNY алгоритмів обробки даних за результатами тепловізійного моніторингу.

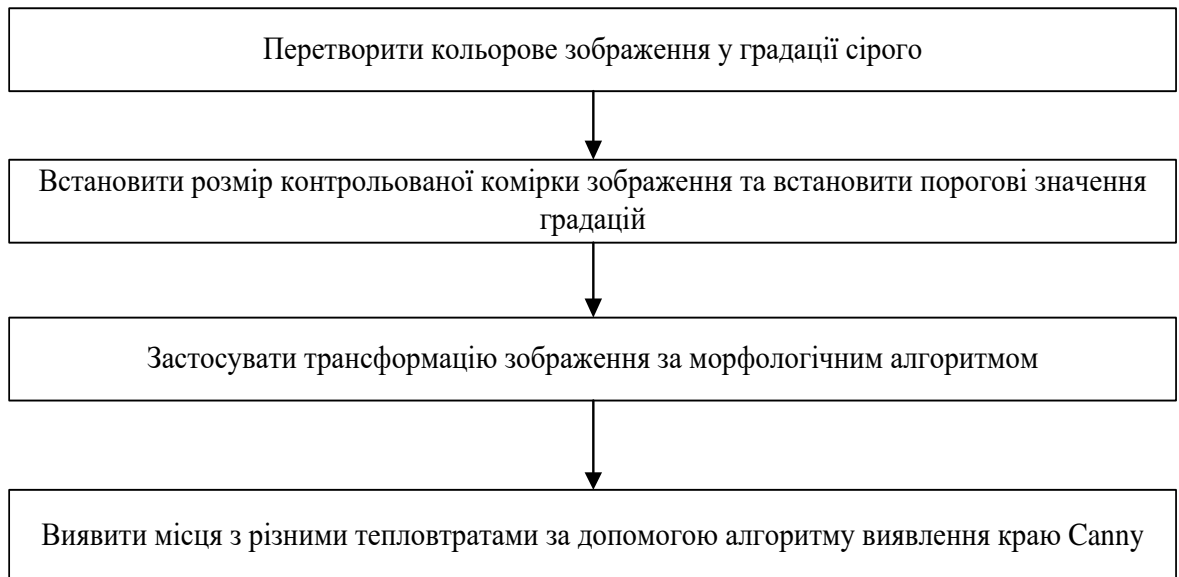


Рис. 3.3 Блок-схема морфологічного та Canny алгоритмів обробки даних тепловізійного моніторингу.

Опрацювання інформації починається з перетворення вхідного зображення на відтінки сірого, щоб встановити порогові значення, які допомагають у виявленні країв для бінарних зображень, що дозволить визначити відмінні сегменти у вхідному тепловому зображенні. У цьому алгоритмі після перетворення вхідного зображення на двійкове зображення пороговий процес застосовується до кожного кадру. Порогове значення, Th , для ПЗЗ і теплових кадрів, повинні бути визначені під час коригувальних експериментів, було перераховано для кожного кадру. Першим прийомом морфологічного перетворення є ерозія. Основна ідея ерозії полягає в тому, що піксель вважатиметься 1, лише якщо всі пікселі під ядром дорівнюють 1; в іншому випадку він розмивається [79]. Іншими словами, усі пікселі біля межі різниці температур будуть відкинуті залежно від розміру ядра, що означає, що біла

область на зображенні зменшується. Другим прийомом морфологічної трансформації є розширення; ідея розширення протилежна ерозії: піксель дорівнює 1, якщо принаймні один піксель під ядром дорівнює 1. Іншими словами, розширення збільшує білу область на зображенні або розмір об'єкта переднього плану збільшується [79]. Тоді місця з різними тепловтратами можна виявити за допомогою алгоритму виявлення краю Canny. Алгоритм виявлення краю Canny є оптимальним алгоритмом виявлення краю [80], який використовувався в багатьох практичних задачах з хорошими результатами продуктивності.

Наступним етапом опрацювання результатів тепловізійного моніторингу будівлі є сегментація отриманих зображень. Процес сегментації ділить зображення на складові об'єкти або частини [81]. Сегментація зазвичай дозволяє класифікувати об'єкти, розпізнавати образи та/або ідентифікувати кластери. Більшість алгоритмів сегментації базуються на ознаках подібності або розривів, таких як краї та лінії між різними пікселями. Для сегментації тепловізійних зображень будівель доцільно використовувати алгоритм Hot Pixels Seeds [81]. Суть цього алгоритму полягає у виявленні гарячих пікселів та на основі сегментації визначає початковий піксель S_p (гарячий піксель) у вхідному зображенні. На Рис. 3.4 показано основні кроки алгоритму Hot Pixels Seeds.

Процеси попередньої обробки, фільтр Гауса та вирівнювання гістограми для вхідних зображень можуть вирішити проблему низького контрасту, що ускладнює визначення порогу. Після попередньої обробки зображення значення найгарячішого пікселя визначається шляхом знаходження найвищого значення пікселя за допомогою рівняння (3.3).

$$Hot_{Pixel} = MAX(pixel[row, column]), \quad (3.3)$$

де row – рядок, в якому знаходиться піксель, $column$ - стовпець, в якому знаходиться піксель.

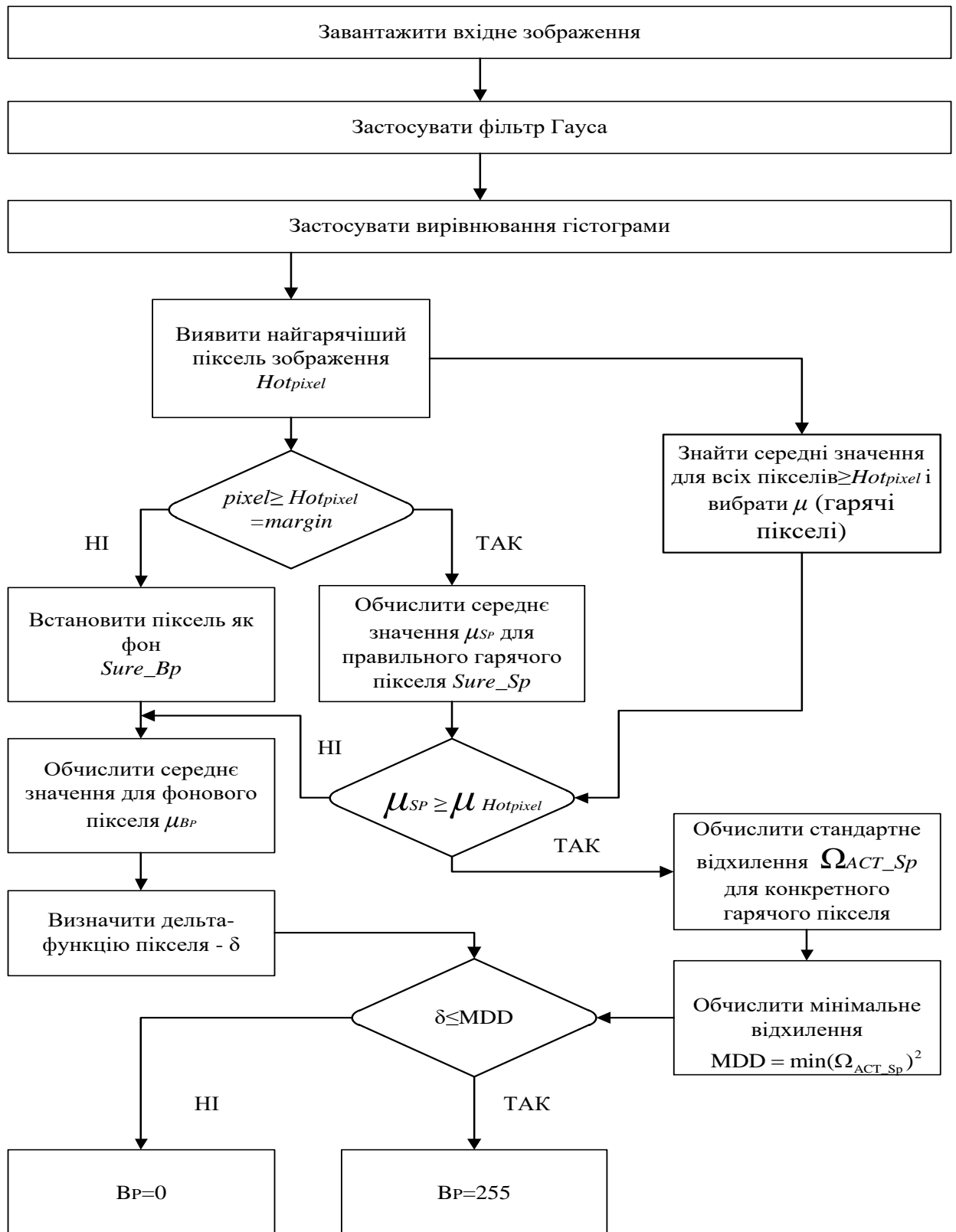


Рис. 3.4. Сегментація зображення на основі початкових значень гарячих пікселів за алгоритмом Hot Pixels Seeds.

Потім перевіряються всі сусідні пікселі, чи вони пов'язані з гарячим пікселем, назвавши їх початковими пікселями S_p , або кінцевими пікселями B_p на основі рівняння (3.4) [81]:

$$\begin{aligned} S_p = \text{pixel}[\text{row}, \text{column}] \geq (\text{Hot}_{\text{pixel}} - \text{margin}), &\rightarrow \text{Sure}S_p, \\ S_p = \text{pixel}[\text{row}, \text{column}] \geq (\text{Hot}_{\text{pixel}} - \text{margin}), &\rightarrow \text{Sure}B_p, \end{aligned} \quad (3.4)$$

Один раз для початкового пікселя S_p виявляється середнє значення u_{S_p} , яке розраховується за допомогою рівняння (3.4). u_{S_p} обчислюється для кожної початкової області з вісьмома сусідніми пікселями S_p :

$$u_{S_p} = \frac{\sum_{\text{row}=0, \text{column}=0}^{9,9} \text{pixel}[\text{row}, \text{column}]}{9}, \quad (3.4)$$

При цьому середнє значення для всіх гарячих пікселів $u_{\text{hot_pixels}}$ обчислюється для кожного теплового кадру. Але для кадрів з відеокамери ПЗЗ, вибір середнього значення доцільно вибирати на підставі попередніх досліджень, тобто виходячи із результатів практичної апробації даного алгоритму [81].

Фактичний кінцевий піксель Act_S_p визначається за допомогою рівняння (3.5):

$$\begin{aligned} Act_S_p = u_{S_p} \geq u_{\text{hot_pixel}} &\rightarrow \text{Sure}_{Act_S_p}, \\ Act_S_p = u_{S_p} \leq u_{\text{hot_pixel}} &\rightarrow B_p \end{aligned} \quad (3.5)$$

Крім того, для кожного фактичного гарячого пікселя мінімальна відстань відхилення MDD обчислюється за допомогою рівняння (3.6), де стандартне відхилення обчислюється за допомогою рівняння (3.7):

$$MDD = \min[\Omega_{Act_S_p}]^2, \quad (3.6)$$

$$\Omega_{Act_S_p} = |S_p - \text{pixel}[\text{row}, \text{column}]|, \quad (3.7)$$

Середнє значення пікселя фону u_{B_p} обчислюється для кожного пікселя з його 8 сусідами, тоді значення дельта δ обчислюється за допомогою рівняння (3.8). Значення MDD використовується для визначення того, чи u_{B_p} є дефектним на основі рівняння (3.9).

$$\delta = |meanB_p - u_{s_p}|, \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} CriticalB_p &= \{\delta \leq MDD \rightarrow critical_pixel_B_p = 1 \\ CriticalB_p &= \{\delta \geq MDD \rightarrow not_critical_pixel_B_p = 0 \}, \end{aligned} \quad (3.9)$$

Якщо MDD більше ніж δ , то фоновий піксель вважається критичним (гарячим) пікселем (255); в іншому випадку він вважається нульовим (відповідним вимогам теплової ефективності) пікселем.

Використання квадрокоптера дозволяє підвищити оперативність моніторингу тепловтрат конкретних будівель. За результатами моніторингу тепловтрат доцільно створювати теплотехнічний паспорт будівлі. Теплотехнічний паспорт дозволить оцінювати реальні тепловтрати будівлі, планувати заходи із термомодернізації та буде важливим джерелом об'єктивної інформації при оцінюванні якості послуги теплопостачання.

3.3. Підвищення точності обліку теплової енергії окремим приміщенням.

Для систем комерційного обліку теплової енергії важливо не лише виміряти кількість тепла, але й визначати ступінь невизначеності цих вимірювань. Такі системи здійснюють обчислення кількості теплової енергії у реальному часі, враховуючи зміну теплофізичних параметрів теплоносія [14]. Вимірювальні пристрої витрати теплоносія є ключовою складовою систем обліку теплової енергії. Згідно з національними нормативними документами, які регулюють метрологічну діяльність (наприклад, в Україні це Закон «Про метрологію та метрологічну діяльність» [82]), облік теплової енергії стосується сфери законодавчо-регульованої метрології. Згідно з Законом [82], результати вимірювань можуть використовуватися у сфері, де є законодавче регулювання метрології, якщо відомі відповідні характеристики похибки або невизначеності результату вимірювань. Технічні та метрологічні характеристики лічильників теплової енергії регулюються "Технічним регламентом засобів вимірювальної техніки" [83], який розроблений на основі відповідної Директиви 2014/32/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європи. Зокрема, метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки, що входять до складу комерційних лічильників теплової енергії, повинні бути розроблені згідно ДСТУ EN 1434-1:2019 (EN 1434-1:2015 + A1:2018, IDT) [84]. Згідно з [84], межі допустимих значень відносної похибки єдиних теплолічильників визначаються як сума меж допустимих відносних похибок всіх складових частин, зокрема обчислювального пристрою, перетворюючого пристрою витрати а також пари температурних перетворювачів).

Величина Y , що вимірюється, залежить від ряду вхідних параметрів X_1, X_2, \dots, X_n . Ці параметри можуть бути як прямо вимірюваними, так і тими, що впливають на результат вимірювання, наприклад, фізичні параметри навколишнього середовища, напруга живлення, параметри зовнішніх полів. Такий зв'язок виражається за допомогою рівняння вимірювання, яке, узагальнено, може мати наступний вигляд:

$$Y = f(X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_N), \quad (3.11)$$

Вхідні величини X_1, X_2, \dots, X_N , які впливають на вихідну величину Y , можна розглядати як вимірювані параметри, які самі можуть залежати від інших величин і враховувати поправки і поправкові коефіцієнти для систематичних ефектів. Це призводить до складної функціональної залежності f , яка ніколи не може бути точно записана. Крім того, функцію f можна визначити експериментально, або вона може бути представлена лише як алгоритм, який необхідно чисельно реалізувати. Функцію f можна тлумачити як функцію, яка включає в себе кожен параметр, з урахуванням всіх поправок і поправкових коефіцієнтів, що можуть значно вплинути на результат вимірювання.

Кількість теплової енергії вимірюється непрямим методом на основі розрахункових значень параметрів теплоносія (зокрема, ентальпії) та вимірних значень параметрів потоку. Теплолічильник визначає кількість енергії, яка передається від джерела до споживачів. Процес обчислення теплової енергії включає наступні кроки: температура, яка передається від джерела до споживача, вимірюється двома сенсорами; витратомір дає значення витрати в контурі споживання; обчислювальний електронний модуль визначає значення теплової енергії, яку отримує споживач, використовуючи дані з температурних датчиків. Витратомір генерує сигнал після проходження певного об'єму речовини. Інтервал між сигналами вважається часом інтеграції. Після отримання сигналу від витратоміра, обчислювальний модуль вимірює температуру на вході та виході системи теплопостачання, а також інтервал між сигналами. Обчислювальний модуль розраховує теплову енергію для кожної ітерації, середню витрату за інтервал між сигналами V_i , різницю температур ΔT_i та коефіцієнт теплоємності k_i , за час між двома ітераціями Δt_i . Загальна кількість спожитого тепла визначається за формулою [85]:

$$Q = \sum_{i=0}^N k_i \cdot V_i \cdot \Delta T_i \cdot \Delta t_i, \quad (3.12)$$

Розглядаючи вимірювання кількості теплової енергії протягом короткого періоду часу, коли витрати теплоносія та ентальпія можуть вважатися умовно сталими, можна отримати спрощену залежність для розрахунку кількості теплової енергії. Для обчислення похибки вимірювання кількості теплової енергії за рівнянням (3.12) часто використовується спрощений підхід (див. [86, 87]), який полягає у диференціюванні залежності кількості теплової енергії від вхідних параметрів. Застосовуючи цей підхід до залежності (3.12), отримуємо:

$$\delta_Q = \frac{dk_i \cdot \Delta T_i + d\Delta T_i \cdot k_i}{k_i \cdot \Delta T_i} + \frac{dV_i \cdot \Delta t_i + d\Delta t_i \cdot \Delta T_i}{V_i \cdot \Delta t_i}, \quad (3.13)$$

Сучасний підхід до оцінювання точності результатів вимірювання включає аналіз невизначеності цих результатів [88]. При оцінюванні невизначеності важливо мати інформацію про основні та додаткові джерела похибок у вимірюванні параметрів, а також про види функцій розподілу зовнішніх впливових факторів. Проте іноді виникає необхідність оцінювати невизначеність результату вимірювання в умовах, коли частина цієї інформації відсутня. Це особливо стосується оцінювання невизначеності вимірювання кількості теплової енергії. Тому у цьому дослідженні залежності для розрахунку невизначеності кількості теплової енергії, та оцінювання невизначеностей її параметрів, отримані з врахуванням таких умов: - всі суттєві систематичні впливи враховано у вимірюваннях; - математичне сподівання коефіцієнта теплопередачі розглядається як його стандартне максимально припустиме значення; - між вхідними змінними рівняння витрат і рівняння кількості теплової енергії відсутні кореляційні зв'язки; - розподіл ймовірностей вимірюваних значень відповідає нормальному розподілу Гауса.

Для отримання рівняння невизначеності вимірюваного значення витрати застосовують відомі методи, які описані в ISO 5168 [89]. Зокрема, коефіцієнти впливу невизначеностей вхідних параметрів на загальну невизначеність вимірюваного значення витрати можна знайти за формулою [89]:

$$C_i^* = \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y}, \quad (3.14)$$

де c_i^* – безрозмірний коефіцієнт, що вказує на вплив невизначеності параметра x_i на невизначеність величини y . Таким чином, якщо відомі всі коефіцієнти впливу вхідних параметрів і вони некорельовані, то відносна загальна невизначеність вихідної величини $u_i^*(y)$ може бути обчислена за формулою [89]:

$$u_i^*(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [C_i^* \cdot u^*(x_i)]^2}, \quad (3.15)$$

де $u^*(x_i)$ – відносна невизначеність вхідного параметру x_i .

Застосувавши формули (3.14), (3.15) для визначення комбінованої стандартної невизначеності кількості теплової енергії, яку розраховують за допомогою рівняння (3.12), отримано таке рівняння:

$$u_Q^* = \sqrt{u_t^2 + C_1^2 \cdot u_k^2 + C_2^2 \cdot u_V^2 + C_3^2 \cdot u_T^2}, \quad (3.15)$$

де u_t^2 - невизначеність вимірюваного інтервалу часу, під час якого визначають кількість теплової енергії;

u_V^2 - невизначеність результатів вимірювання витрати теплоносія в системі теплозабезпечення;

u_T^2 - невизначеність результатів вимірювання різниці температур теплоносія відповідно у подавальному та зворотному трубопроводах;

u_k^2 - коефіцієнт теплоємності теплоносія;

C_1, C_2, C_3, C_4 – коефіцієнти впливу, що розраховуються за допомогою відповідних формул:

$$C_1 = \frac{\partial Q}{\partial k} \cdot \frac{k}{Q}, \quad C_2 = \frac{\partial Q}{\partial V} \cdot \frac{V}{Q}, \quad C_3 = \frac{\partial Q}{\partial T} \cdot \frac{T}{Q},$$

Для обчислення відносної розширеної невизначеності результату вимірювання кількості теплової енергії на довірчому рівні 95%, використовується наступна формула [88, 90]:

$$U_Q^* = 2 \cdot u_Q^*, \quad (3.15)$$

При отриманні формули (3.15) використано встановлений метод оцінювання комбінованої стандартної невизначеності кількості теплової енергії, що відповідає рекомендаціям [88]. Використання залежності (3.15) дозволяє однозначно оцінити невизначеність результату вимірювання кількості теплової енергії з урахуванням невизначеностей вхідних параметрів. Запропоновані автором підходи надають можливість розробити залежності, призначені для оцінювання невизначеності вимірюваного значення кількості теплової енергії, що може застосовуватися для систем різної конфігурації. Розроблену у цій роботі формулу (3.15) можна використовувати для визначення непевності результату вимірювання кількості теплової енергії для термічних систем, обладнаних витратомірами та лічильниками теплоносія різних типів.

Важливою умовою, при вимірюванні тепловтрат будівель, є оцінювання точності оптичного оперативного контролю тепловтрат будинку. Очевидно, що вірогідність контролю тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків, в значній мірі, визначається точністю вимірювання за допомогою системи тепловізійного моніторингу. Процес вимірювання оптичною системою полягає у вимірюванні площі проекції стіни, яка зафіксована на цифровому зображенні [91]. При вимірюванні площі проекції з використанням оптичної системи, найбільш вагомий вплив на результат вимірювання має похибка квантування зображення, що полягає в розділенні неперервного зображення на сукупність дискретних областей, а саме - пікселів, які або належать до об'єкту, або не належать. Площа, яку необхідно визначити, є пропорційною кількості пікселів, що належать об'єкту.

У випадку, коли піксель належить до вимірюваного об'єкту частково (наприклад, через нього проходить межа об'єкту), то при бінаризації зображення можливі два шляхи: 1. певний піксель помилково повністю віднесений до об'єкту, в той час як до об'єкту належить тільки частина його площі (це помилка першого роду); 2. піксель помилково віднесений повністю до фону, в той час як

до частини його площі належить об'єкт (це помилка другого роду). Оскільки передбачено тільки бінарне рішення, то $p_\alpha + p_\beta = 1$, а отже:

$$S = S_k \frac{n_0 + n_{cp} p_\alpha - n_{cp} p_\beta}{n}, \quad (3.16)$$

де n – загальна кількість пікселів зображення; n_0 – кількість пікселів, що належать до структурного елемента на зображенні; n_{cp} – кількість пікселів, які створюють контур структурного елемента об'єкта; S_k – загальна площа досліджуваного кадру; p_α – ймовірність помилкової ідентифікації структурного елемента досліджуваного об'єкту; p_β – вірогідність повного пропуску ідентифікації.

Отримане відхилення вимірювання площі зображення від реального значення є неперервною випадковою величиною, яка має певну систематичну складову (математичне сподівання), що спричинене відсутністю у формулі доданку, що враховував би облік частково перекритих пікселів. Дисперсія відхилення визначається останніми двома доданками в чисельнику формули. Якщо бінаризація не проводиться, пікселі, що частково належать до вимірюваного об'єкта, забарвлені в сірий колір. Інтенсивність сірого кольору залежить від співвідношення між перекритою об'єктом площею пікселя та неперекритою. При цьому, шукана загальна площа є сумою площ всіх пікселів, помножених на значення їх яскравості, приведені до рівня 0 або 1. Якщо піксель належить до фону (чорний колір), його яскравість відповідає рівню 0. Якщо піксель належить до об'єкту, його яскравість відповідає рівню 1. [92.

Враховуючи те, що відхилення для кожного граничного пікселя є незалежні і їм притаманний однаковий розкид значень, до них може бути застосована центральна гранична теорема. Її суть полягає в тому, що сума відхилень є неперервною випадковою величиною, що має математичне сподівання, яке рівне сумі математичних сподівань відхилень кожного окремого пікселя (тобто 0) і середньоквадратичному відхиленню (СКВ). Для

рівномірного закону розподілу СКВ результату вимірювання слід визначати за виразом (3.17):

$$\sigma = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{n_{zp}}{\sqrt{3}}}, \quad (3.17)$$

Враховуючи, що складовими цифрового зображення є прямокутні елементи, а саме пікселі, шукану площу можна апроксимувати площею даних прямокутників [93]. Площа конкретного пікселя визначається під час калібрування оптичної системи з допомогою коефіцієнту масштабування. Процес апроксимації площі кола пікселями схематично зображено на рис. 3.5.

Для того, щоб оцінити точність вимірювання площі круглого структурного елемента, показано, в якому випадку модель абсолютної похибки Δ буде функцією площі кола та сумарною площею апроксимуючих елементів, які суміжних з ним:

$$\Delta_s = \pi D^2 - \frac{\sum_x \sum_y P_{xy}}{W \cdot H}, \% \quad (2.18)$$

де D – діаметр кола, який приймається за еталон, H – висота отриманого цифрового зображення, W – ширина отриманого цифрового зображення, P_{xy} – піксель, у якого яскравість зображення є більшою за яскравість фону.

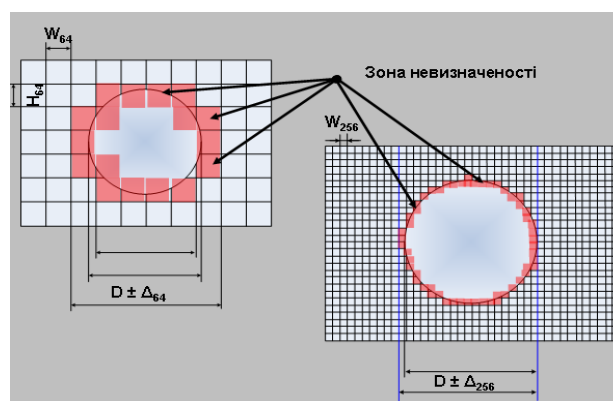


Рис. 3.5 Вимірювання площі проекції структурного елемента стіни методом апроксимації

Висновки до розділу 3

Даний розділ містить огляд та аналіз структури сучасної системи обліку споживання теплової енергії багатоквартирного будинку та визначено вимоги до основних структурних елементів. Запропоновано структуру системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку, де передбачено коригування результатів вимірювань тепловтрат за показами пірометра. Розроблено алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу тепловтрат. Запропоновано блок-схему використання CANNY алгоритму обробки даних за результатами тепловізійного моніторингу. Розроблено блок-схему алгоритму сегментації тепловізійного зображення для ідентифікації ділянок огорожуючих конструкцій з критичними тепловтратами. Запропоновано підхід до оцінювання точності обліку споживання тепла окремим приміщенням, що дозволяє підвищити об'єктивність розподілу теплової енергії між індивідуальними споживачами.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГИ З ПОСТАЧАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

4.1 Структурування функції якості послуги теплопостачання та алгоритм її оцінювання

Закон України "Про житлово-комунальні послуги" № 2189 від 9.11.2017 р. [29], (чинний з 01.05.2019 р. (далі - Закон № 2189), регулює взаємовідносини між надавачами та споживачами житлово-комунальних послуг. Крім цього, закон містить нову класифікацію таких послуг, як послугу з постачання гарячої води та послугу з постачання теплової енергії. Згідно зі статтею 16 Закону № 2189 [29], яка визначає загальні вимоги щодо надання житлово-комунальних послуг, надані комунальні послуги повинні бути якісними та відповідати стандартам, установленим законодавством, іншими нормативними актами та угодою між сторонами.

Згідно зі статтею 7 Закону № 2189 [29], споживач має ряд прав, серед яких:

- отримувати своєчасно та належної якості житлово-комунальні послуги відповідно до умов укладених договорів та вимог законодавства;
- вимагати усунення виявлених недоліків у наданні житлово-комунальних послуг протягом строку, передбаченого у договорах або законодавством;
- зменшити встановлену законодавством плату за послуги у разі їх ненадання, неповного надання або зниження якості;
- провести перевірку кількості та якості наданих житлово-комунальних послуг відповідно до встановлених законодавством процедур.

Виконавець комунальної послуги має забезпечувати належну якість, своєчасність та безперервність надання послуг відповідно до вимог законодавства та умов укладених договорів про їх надання. Це включає створення системи управління якістю, яка відповідає національним, або міжнародним стандартам.

Статтею 4 Закону № 2189 [29] встановлено, що затвердження процедури проведення перерахунку вартості комунальних послуг та послуги з управління багатоквартирними будинками за період їх ненадання, неналежного надання або невідповідної якості належить до компетенції Кабінету Міністрів України. Постанова Кабінету Міністрів України № 482 від 05.06.2019р. регламентує порядок здійснення перерахунку вартості послуги з управління багатоквартирним будинком за період її ненадання або надання неналежної якості.

Однак, виникають значні труднощі організаційно-технічного плану у фіксації та встановленні факту неналежної якості послуги теплопостачання за конкретні періоди надання послуги.

Також, існує певний аспект «дуалізму» у понятті терміну "послуга теплопостачання". Це полягає в тому, що хоча згідно з пп. 14.1.191 Податкового Кодексу України [92] тепла енергія вважається товаром у контексті терміну "постачання товарів", але, за ст. 13 Закону про ЖКП, таке постачання є частиною житлово-комунальних послуг [29]. Хоча логічно здається, що "операції з постачання таких товарів, як тепла енергія, електрична енергія, газ та вода, належать до категорії житлово-комунальних послуг", проте можна зробити висновок, що постачання теплової енергії споживачам згідно з договором на надання житлово-комунальних послуг слід розглядати саме як надання послуг.

Тому важливо розробити доступний механізм оцінювання якості послуги теплопостачання, із врахуванням вимог законодавчих актів та вимог прописаних в індивідуальних договорах.

Відомо, що для оцінювання якості продукції необхідно мати систему показників якості, що повною мірою характеризують її властивості. Для кожного різновиду продукції (послуги) розроблено нормативний документ

(стандарт чи технічні умови), який регламентує перелік показників, відповідно до яких відбуваються її випробування, зокрема, під час її сертифікації або оцінювання її технічного (якісного) рівня. Безперечно, необхідно знати й показники, які характеризуватимуть процес виготовлення продукції.

Якість послуги постачання теплової енергії містить такі показники:

- своєчасність початку і завершення опалювального сезону;
- неперервність надання послуги з постачання теплової енергії;
- забезпечення нормативної температури повітря у приміщеннях споживача (для приміщень, які не обладнані індивідуальними засобами вимірювання тепла та пристроями-розподільвачами теплової енергії) у випадку укладення індивідуального договору щодо надання послуги з постачання теплової енергії та обслуговування внутрішньобудинкових опалювальних систем;
- відповідність тиску теплоносія встановленим параметрам тиску;
- відповідність температури теплоносія температурному графіку теплової мережі щодо температури подавального трубопроводу відповідно до умов договору.

Зрозуміло, що одночасне виконання цих показників в процесі надання послуги теплопостачання є фактом належної якості цієї послуги. Однак, фіксування виконання цих різнотипних показників якості має певні труднощі. Важливою умовою оцінювання якості послуги теплопостачання є забезпечення автоматичної реєстрації показників якості, що при сучасному рівні розвитку інформаційно-комунікаційних технологій є посильним завданням.

Згідно з усталеною практикою, "послуга" означає результат безпосередньої взаємодії між виконавцем і споживачем, а також саму діяльність виконавця, спрямовану на задоволення потреби споживача. З цього визначення випливає, що поняття послуги має дві складові: результат і процес. Результатом надання матеріальної послуги, є виконана організацією робота або послуга у

матеріальній формі. Друга частина - процес надання послуги, що описує діяльність виконавця. Надання послуги можна розбити на окремі етапи, такі як забезпечення ресурсами, технологічний процес виконання, контроль та оцінка, процес обслуговування.

Для визначення якості послуг часто використовують методи оцінки, які можна умовно розділити на дві групи:

Група 1. Існують різні методи оцінки якості послуг, які можна класифікувати залежно від способу отримання інформації на об'єктивні, органолептичні, диференційовані та комплексні методи. Об'єктивний та органолептичний методи використовуються для оцінки абсолютного рівня якості, у той час як диференційований та комплексний методи орієнтовані на відносний рівень якості окремих видів послуг.

Об'єктивний метод базується на оцінці якості послуг за інформацією, отриманою з достовірних джерел, таких як вимірювальна інформація, офіційні та нормативні джерела.

Диференційований метод передбачає порівняння окремих показників послуг з відповідними показниками послуг-еталонів або базовими показниками стандартів. Оцінка рівня якості проводиться шляхом порівняння відносних показників з еталонними.

Комплексний метод включає в себе визначення узагальнюючого показника якості послуг. Один з таких показників - інтегральний, який визначається через порівняння корисного ефекту від послуги та загальних витрат на її надання. Інколи для комплексної оцінки якості використовують середньозважену арифметичну величину враховуючи вагові коефіцієнти всіх розрахункових показників.

Група 2. В залежності від джерела інформації, методи оцінки якості послуг зазвичай класифікуються на аналітичні, експертні та соціологічні. Практичний

інтерес для оцінювання якості послуги теплопостачання для індивідуального споживача представляють об'єктивний, комплексний та аналітичний методи. Метою оцінювання якості послуги теплопостачання є фіксація та встановлення факту неналежної якості послуги теплопостачання та здійснення перерахунку вартості комунальної послуги. Однак, існуюче нормативне забезпечення в галузі надання теплової енергії не дозволяє оперативно виявляти невідповідність послуги теплопостачання та стимулювати оперативно усувати ці невідповідності. Такий стан зумовлює пошук більш сучасних методів забезпечення режиму постійного вдосконалення послуги теплопостачання.

Якість продукції (послуг) можна виразити через узгодження зацікавлень виробника та споживача та можна описати функцією якості. Функція якості являє собою залежність, що пов'язує потреби споживачів із нормованими вимогами до продукції. Однак, пошук аналітичного виразу функції якості в умовах сьогодення є ускладнений у зв'язку із відсутністю точного науково-методичного апарату, який можна застосовувати для пошуку взаємозалежностей та зв'язків між показниками якості продукції/послуги та рівнем задоволеності нею споживачів.

Структурування (розгортання) є однією з найбільш ефективних методик в сфері планування та забезпечення якості продукції чи послуги. Структурування функцій якості - це метод, що полягає в структуризації потреб і побажань споживача шляхом розгортання функцій і операцій діяльності для того, щоб на кожному етапі життєвого циклу продукції забезпечити рівень якості, який би гарантував, що отриманий кінцевий результат відповідає очікуванням споживача. Модель структурування функції якості - це концептуальна модель, що описує перетворення потреб і запитів споживачів продукції чи послуги в її характеристики. Мета структурування - досягнення найвищого рівня задоволення очікувань та вимог споживачів. Перетворення суб'єктивних вимог

споживача в характеристики продукції є важливим завданням, що стоїть перед виробниками продукції та надавачами послуг. Ці характеристики повинні бути відображені в НД на дану продукцію. Кваліфіковане використання моделі структурування функції якості дає можливість уникати помилок при розробці і освоєнні виробництва продукції чи надання послуг завдяки ретельно підготовленому і ефективно проведеному проектуванню та виготовленню продукції.

Розглядаючи систему теплопостачання як глобальний процес надання послуги, що об'єднує $n+1$ локальних підпроцесів, тоді кожен з них має вхід x_i і вихід y_i . Оскільки системи теплопостачання можуть мати різноманітні способи побудови, виходи одних підсистем, можуть бути входами інших підсистем чи зв'язків із метасистемою. Обґрунтовано вважатимемо, що існує деяка функція корисності – $G_{ТП}$, котру назвемо функцією якості системи теплопостачання і яку будемо використовувати для оцінювання процесу теплопостачання.

Вважатимемо, що метою (фокусом) функціонування системи теплопостачання є максимізація функції якості G , з допомогою ефективного узгодження множини елементів (або підсистем) системи із множиною зв'язків M_s між елементами системи теплозабезпечення.

Умову максимізації функції якості $G_{ТП}$ можна досягнути шляхом оптимального використання існуючих елементів та зв'язків, що, з точки зору системного аналізу, буде еквівалентно до прийняття ефективних управляючих рішень, які для системи теплозабезпечення можна представити у виді множини рішень:

$$D_{ТП} = \{D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_{n+1}\} \rightarrow opt \quad (4.1)$$

Вибираючи із множини можливих рішень $D_{ТП}$ оптимальні можна добитися максимізації функції якості $G_{ТП}$ системи теплозабезпечення.

Умову максимізації функції якості $G_{ТП}$ шляхом прийняття ефективних управляючих рішень (4.1) можна відобразити з допомогою формули (4.2), яка відображає вплив функцій якості підсистем та їх елементів G_i на функцію якості $G_{ТП}$:

$$G_{ТП} \xrightarrow{D \rightarrow opt} \sum_{i=1}^n M_i \cdot G_i = \sum_{i=1}^n M_i \cdot \sum_{j=1}^m M_{ij} G_{ij} \quad (4.2)$$

де M_i - множина (вага) зв'язку i -ї підсистеми G_i із $G_{ТП}$; M_{ij} - множина (вага) зв'язку j -го елемента з i -ю підсистемою G_i ;

Декомпозицію функцій якості системи теплозабезпечення здійснимо вважаючи, що ефективність елементів системи теплозабезпечення, насамперед визначається ефективністю процесів перетворення входів x_{ij} (цілей) у виходи y_{ij} , що описується залежністю:

$$G_{ij} = u_{ij} \frac{x_{ij}}{y_{ij}} \xrightarrow{d_{opt}} \max(\text{Помилка!} \quad \text{У} \quad \text{документі})$$

відсутній текст указанного стилю..1)

де u_{ij} - ефекти перетворення входів x_{ij} у виходи y_{ij} , які визначають рівень якості виконання своєї функції певним елементом системи теплозабезпечення.

В багатьох випадках складно визначити ефекти перетворення u_j елементів системи теплозабезпечення. Цю задачу складно відобразити з допомогою функціональної залежності, тому для ефективного вирішення цієї проблеми доцільно використовувати логіко-математичне моделювання, що дасть можливість формалізувати процес вдосконалення системи теплозабезпечення.

Проблематика визначення функції якості системи теплозабезпечення є надзвичайно складною та передбачає виявлення ряду функційних та статистичних взаємозв'язків між елементами та підсистемами і має бути предметом окремого наукового дослідження.

В межах даної роботи обмежимося дослідженням процесу оцінювання наданої послуги теплопостачання.

Оскільки процес надання послуги передбачає погодження інтересів двох сторін: виконавець послуги та споживач послуги, то для забезпечення цієї процедури потрібно розробити алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання. Цей алгоритм має, у відповідності до чинного законодавства та укладених договорів забезпечувати оперативний процес погодження інтересів сторін.

Пропонується наступний алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання.

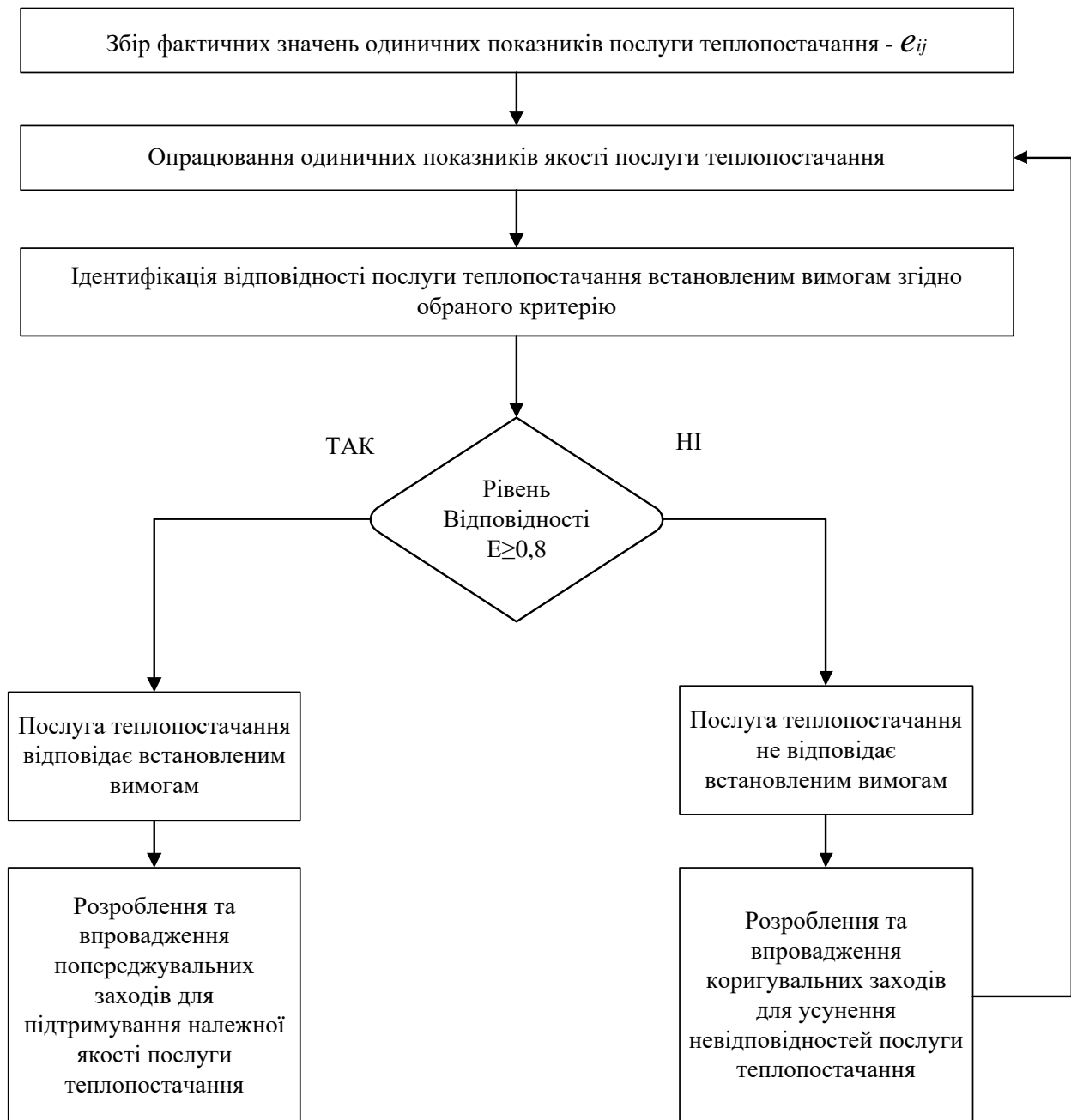


Рис. 4.1 Алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання

Оцінка значень окремих показників якості послуги теплопостачання відбувається шляхом заповнення відповідної таблиці. Значення кожного показника оцінюється за певною шкалою, яка визначена в Типовій угоді і відповідає встановленим стандартам якості послуги теплопостачання.

Сума фактичних значень одиничних показників по кожному груповому показнику якості послуги теплопостачання визначається за формулою:

$$E_j = \sum_{i=1}^n e_i^f \quad (4.1)$$

де E_j – груповий показник якості послуги теплопостачання; e_i^f - фактичні значення одиничних показників якості послуги теплопостачання; n - число одиничних показників.

Сума допустимих значень одиничних показників по кожному груповому показнику якості послуги теплопостачання обчислюється із виразу:

$$K_j = \sum_{i=1}^n e_i \quad (4.2)$$

де K_j - планові групові показники якості послуги теплопостачання; e_i - планові значення одиничних показників якості послуги теплопостачання.

Розрахунок комплексного показника якості послуги теплопостачання визначається із співвідношення:

$$E_{як} = \frac{\prod_{j=1}^m a_j \cdot E_j}{\prod_{j=1}^m a_j \cdot K_j} \quad (4.3)$$

де a_j - ваговий коефіцієнт групового показника якості в структурі показників, який визначається умовами угоди; m - кількість показників якості, які використовуються в процесі оцінювання послуги теплопостачання.

Таким чином, запропонований метод оцінювання якості послуги теплопостачання за допомогою комплексного показника враховує вплив всіх одиничних показників, що входять до складу системи показників якості. Оцінка загальної якості послуги теплопостачання може бути корисною при плануванні та організації постачання тепла для окремого споживача у багатоквартирному будинку. Також, ця оцінка може підтвердити право на зменшення витрат за житлово-комунальні послуги у випадку їх ненадання, неповного надання, або зниження якості.

4.2. Рекомендації до методики розподілу витрат теплової енергії на опалення між споживачами багатоквартирного будинку.

Із набранням чинності Закону України "Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання" [33], облік використання теплової енергії в будівлях повинен здійснюватися за допомогою будинкових вузлів комерційного обліку теплової енергії. Згідно з цим Законом, оператор зовнішніх інженерних мереж має забезпечити 100% комерційний облік теплової енергії для опалення багатоквартирних будинків до 02.08.2018 року, а також для гарячої та питної води - до 02.08.2019 р.

Згідно з інформацією станом на 20 квітня 2021 року, отриманою від Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, обладнання житлових будинків вузлами комерційного обліку теплової енергії досягло 82,5%. Розподіл теплової енергії для складних теплотехнічних об'єктів, таких як багатоквартирні будинки чи будівлі з численними офісами, регулюється відповідно до «Методики розподілу між споживачами обсягів комунальних послуг» № 315 від 22.11.2018 року, затвердженої Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України [12].

Дана Методика встановлює порядок розподілу об'ємів і вартості поставленої теплової енергії між споживачами (фізичними і юридичними особами наймачами, власниками, власниками і орендарями житлових приміщень) на основі показів приладів обліку, встановлених на центральному тепловому пункті (ЦТП) або на вході в житловий будинок.

Зняття показів приладів обліку, встановленого на ЦТП або вході в житловий будинок, проводиться щомісяця і оформляється актом, який підписується уповноваженими представниками житлової і теплопостачальної організацій.

При розрахунках за послуги опалення і гарячого водопостачання (підігрівання води) громадян безпосередньо з теплопостачальною організацією

для розподілу об'ємів поставленої теплової енергії між споживачами житлова організація спільно з актом показів приладів обліку, встановленого на ЦТП або на вході в житловий будинок, зобов'язана представляти теплопостачальній організації інформацію про зміни кількості мешканців, що проживають і власності на житлові приміщення.

Всі розподіли об'ємів поставленої теплової енергії між споживачами проводяться за фактично спожиту теплову енергію (опалення і підігрівання води). Розроблена методика розподілу обсягів теплової енергії для опалення між мешканцями багатоквартирних будинків враховує використання вузлів розподільного обліку тепла. Ця методика розрахована на випадки, коли приміщення мають або не мають вузлів розподільного обліку тепла, а також наявність індивідуальних (автономних) систем опалення.

Як було показано вище (формула – 2.12) обсяг спожитої на опалення будівлі теплової енергії $Q_{ліч}^{б\ddot{y}д}$, який визначають за показами вузла комерційного обліку (загальнобудинкового лічильника тепла), можна записати як суму обсягів теплової енергії на опалення всіх споживачів:

1) що оснащені вузлами розподільного обліку $\sum_{i=1}^n Q_i^{розпод}$;

2) що не оснащені вузлами розподільного обліку $\sum_{j=1}^m Q_j^{розрах}$;

3) місць загального користування $Q_{МЗК}$;

4) забезпечення функціонування внутрішньобудинкової системи опалення $Q_{функ}$.

Оскільки при застосуванні цієї Методики [12] виникає ряд спірних питань, які не дозволяють оперативно врегулювати ці спори, що не сприяє підвищенню достовірності обліку тепла.

Для вирішення цих невідповідностей сформулюємо наступні рекомендації для вдосконалення положень Методики [12].

Таблиця 4.1

Рекомендації для вдосконалення положень Методики

| Зміст положення Методики | Рекомендація | Обґрунтування |
|--|--|--|
| <p>2. У цій методиці терміни використовуються з такими визначеннями: допоміжні приміщення - це приміщення, що мають призначення для забезпечення експлуатації будівлі або будинку та для побутового обслуговування його мешканців, такі як колясочні, комори, сміттекамери, горища, підвали, шахти та машинні відділення ліфтів, вентиляційні камери та інші допоміжні та технічні приміщення;</p> | <p>2. У цій Методиці терміни вживаються у таких значеннях: допоміжні приміщення – опалювані приміщення (колясочні, комори), в яких встановлені опалювальні прилади і забезпечується нормативна температура 18°C та неопалювані приміщення (підвали, техпідпілля, горища, сміттекамери, шахти і машинні приміщення ліфтів, вентиляційні камери, електрощитові – мінімально допустима температура +5°C), що призначені для забезпечення експлуатації будівлі/будинку та побутового обслуговування його мешканців;</p> | <p>Розмежування розрахункових результуючих температур приміщень °C у житлі для проектування опалення згідно ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» (Таблиця 2) та ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" (п.3.32; п.6.7.1; Таблиця Д.4)</p> |
| <p>загальнобудинкові потреби на опалення охоплюють витрати на опалення загальних приміщень та допоміжних зон, функціонування внутрішньобудинкових систем опалення будівлі або будинку, не враховуючи обсягу теплової енергії, витраченої на роботу внутрішньобудинкових систем гарячого водопостачання, а також обсягу теплової енергії, яка надходить від транзитних трубопроводів до приміщень з індивідуальним опаленням або окремих приміщень з транзитними мережами опалення;</p> | <p>загальнобудинкові потреби на опалення - витрати на опалення місць загального користування та допоміжних приміщень, в яких встановлені опалювальні прилади та теплові втрати на функціонування внутрішньобудинкових систем опалення будівлі/будинку, без врахування обсягу теплової енергії, витраченої на функціонування внутрішньобудинкової системи гарячого водопостачання, та обсягу теплової енергії, який надходить від ділянок транзитних трубопроводів до приміщень з індивідуальним опаленням та/або окремих приміщень з транзитними трубопроводами на функціонування внутрішньобудинкової</p> | <p>Опалення здійснюється за допомогою опалювальних приладів згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" (п.3.32 Опалення; п.6.7.1 Опалювальні прилади та арматура)</p> |

| | | |
|-----------|---|--|
| відсутній | <p>системи опалення;</p> <p>нежитлові приміщення після реконструкції системи опалення – приміщення, у яких зменшено/збільшено теплове навантаження на підставі проєктів, розрахунків нових теплових навантажень, що узгоджені з теплопостачальною організацією.</p> | <p>такі приміщення здебільшого з'явилися до 2021 р. після переведення житлових квартир в нежитлові приміщення в яких розміщуються кафе, перукарні та інші де постійно є додаткове тепло від професійного електричного обладнання і потрібно було демонтувати опалювальні прилади централізованого опалення, щоб уникнути перевищення комфортної температури для клієнтів або в нежитлових приміщеннях були проведені енергоефективні заходи (утеплення, заміна вікон, радіаторів) і тому потрібно було зменшити теплову потужність опалюваних приладів чи навпаки збільшити теплове навантаження для отримання нормативної температури у приміщенні.</p> |
| відсутній | <p>неопалюване приміщення - приміщення у будівлі/будинку, у якому відсутні опалювальні прилади будь-якого типу та нормативна температура внутрішнього повітря нижче 14 °С або не нормується згідно державних будівельних норм, та у якому може бути споживання теплової енергії як теплові втрати від ділянок транзитних трубопроводів функціонування внутрішньобудинкової системи опалення та на які не розподіляються загальнобудинкові потреби опалення;</p> | <p>Для неопалюваного приміщення не нормуються показники розрахункових результуючих температур приміщень °С у житлі для проєктування опалення згідно ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» (Таблиця 2) та ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" (п.3.32; п.6.7.1; Таблиця Д.4), тому, для неопалюваного приміщення не проєктується теплове навантаження на опалення та у якого не має опалюваної площі.</p> |
| відсутній | <p>окремі приміщення з транзитними трубопроводами на функціонування внутрішньобудинкової</p> | <p>окремє приміщення з транзитними трубопроводами на функціонування</p> |

| | | |
|-----------|--|---|
| | <p>системи опалення - неопалювані окремі приміщення у будівлі/будинку, через які проходять ділянки транзитних трубопроводів опалення та відсутні опалювальні прилади будь-якого типу і не нормується температура внутрішнього повітря згідно згідно державних будівельних норм, які не мають опалюваної площі і теплового навантаження, що перебувають у власності або користуванні різних споживачів послуги з постачання теплової енергії та на які не розподіляються загально будинкові потреби на опалення;</p> | <p>внутрішньобудинкової системи опалення знаходиться як правило у підвалі, в якому проходять транзитні трубопроводи на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення, тому необхідно внести коректив в назву терміну та зміну формули визначення та розподілу обсягу теплової енергії для даної категорії приміщень. тому на неопалюване окреме приміщення з транзитними трубопроводами на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення обсяг теплової енергії на ЗБП не розподіляється.</p> |
| відсутній | <p>опалювана площа приміщення - площа приміщень, для яких встановлена нормативна/розрахункова температура не нижче + 18oC згідно державних будівельних норм без урахування площі лоджій, балконів, веранд, терас, тамбурів, холодних комор;</p> | <p>згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" п.3.32. Опалення. Терміни та визначення понять. згідно ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» п. 3.27 площа квартири.</p> |
| відсутній | <p>приміщення з комбінованими категоріями приміщень – приміщення у будівлі/будинку, до складу якого входять одночасно опалювані та неопалювані приміщення, наприклад, комбінація опалюваного приміщення першого/цокольного поверху з неопалюваним окремим приміщенням з транзитними мережами опалення підвального поверху, або комбінація опалюваного вбудованого з неопалюваним прибудованим приміщенням та інші аналогічні комбінації, та які перебувають у власності або користуванні різних споживачів послуги з</p> | <p>Приміщення, до складу якого входять одночасно опалювані та неопалювані приміщення, складаються з різних категорій приміщень, для яких обсяг спожитої теплової енергії визначається за різними формулами цієї Методики. Тому, визначення та розподіл обсягу спожитої теплової енергії для приміщень з комбінованими категоріями приміщень повинен здійснюватися окремо до кожної складової категорії такого приміщення та складається разом.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| відсутній | постачання теплової енергії; теплові втрати - витрати теплової енергії від ізольованих та неізольованих трубопроводів на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення, та/або від трубопроводів, що знаходяться у приміщеннях з індивідуальним опаленням, та які не є опаленням; | Розмежування термінів опалення і теплові втрати трубопроводів на опалення необхідний для акцентування уваги, що не весь обсяг спожитої у будівлі/будинку теплової енергії на опалення є позитивним. Теплові втрати є негативною складовою опалення, а тому повинні бути мінімізовані за рахунок ізоляції трубопроводів на функціонування внутрішньобудинкової системи опалення. |
| Якщо в будівлі немає приладів розподільного обліку теплової енергії, то основою для розподілу загального обсягу спожитої теплової енергії є площа приміщень, яка обігрівается та вказана у договорі про надання послуги з постачання теплової енергії. | Базою для розподілу загального обсягу спожитої теплової енергії у будівлі/будинку за відсутності приладів розподільного обліку теплової енергії є опалювана площа приміщень, зазначена у договорі про надання послуги з постачання теплової енергії, крім нежитлових приміщень після реконструкції системи опалення де базою розподілу є теплове навантаження на опалення приміщення зазначеного у проєкті/розрахунку скоригованого на фактичну температуру зовнішнього повітря і кількість годин надання послуги у розрахунковий період. | такі зміни будуть відповідати вимогам ст.19 спеціального ЗУ «Про теплопостачання» згідно якої кожен споживач повинен сплачувати тільки за фактично отриману теплову енергію та будуть спонукати споживачів робити енергоефективні заходи, якщо є суттєва різниця між показами вузлів обліку на виконання державної політики, що визначена ЗУ «Про енергетичну ефективність». |
| відсутній | Для нежитлових приміщень після реконструкції системи опалення окрім визначеної частки спожитої у будівлі теплової енергії на загальнобудинкові потреби опалення, здійснюється розподіл теплової енергії, яка визначається на теплове навантаження, яке вказано у проєкті/розрахунку теплового навантаження на опалення приміщення | |
| відсутній | Теплові втрати трубопроводів, | теплові втрати |

| | | |
|---|--|---|
| | ізоляція на ділянках яких відсутня або порушена, визначаються як обсяг теплової енергії порушників правил технічної експлуатації теплових установок і мереж та розподіляються виключно на управителя будівлі/будинку, що несе персональну відповідальність за стан ізоляції трубопроводів в неопалюваних приміщеннях, підвалах, техпідпіллях, на горищі, шахтах, каналах, штрабах. | трубопроводів, ізоляція на ділянках яких відсутня або порушена, визначаються окремо як обсяг теплової енергії порушників та розподіляються виключно на винну особу – управителя будівлі/будинку. |
| Якщо проектом на будинок було передбачено встановлення приладів опалення у МЗК та допоміжних приміщеннях, але вони були демонтовані, то для забезпечення нормативної температури у цих приміщеннях такі прилади опалення повинні бути відновлені виконавцем послуг з управління багатоквартирним будинком | Якщо проектом на будівлю/будинок було передбачено встановлення приладів опалення у МЗК та допоміжних приміщеннях, то після проведення енергоефективних заходів з термомодернізації вони можуть бути демонтовані. | Якщо проектом на будівлю/будинок було передбачено встановлення приладів опалення у МЗК та допоміжних приміщеннях, що пректувалося на момент будівництва під відповідні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій цих приміщень (віконні дерев'яні негерметичні рами без склопакетів, утеплювачів та герметиків), то після проведення енергоефективних заходів по термомодернізації змінилося проектне теплове навантаження, початковий проект будівництва втратив актуальність. Тому, після проведення енергоефективних заходів по термомодернізації опалювальні прилади можуть бути демонтовані. |

Після проведення апробації методики розподілу теплової енергії для опалення між мешканцями багатоквартирних будинків важливо врахувати будь-які зауваження та недоліки, які виявляться під час розрахунків. Це допоможе удосконалити дану Методику та забезпечити більш точні результати вимірювання та ефективний розподіл теплової енергії між споживачами.

Висновки до розділу 4

У розділі запропоновано підхід до структурування функції якості послуги теплопостачання розроблено алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання застосування якого дозволить встановлювати відповідність кількісних та якісних показників договірним та стане важливим інструментом оперативного погодження інтересів сторін в процесі надання послуги теплопостачання. Розроблено рекомендації до чинної Методики розподілу витрат теплової енергії між споживачами багатоквартирного будинку, що дозволить оперативно виявляти невідповідності, які виникають при застосуванні цієї Методики та врегульовувати спірні питання між споживачами та виконавцями.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що фізичне зношування будівель та устаткування призводить до зростання теплоспоживання 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. На основі аналізу розробленої математичної моделі індивідуального споживання теплової енергії окремим приміщенням показано, що важливою умовою виконання договірних зобов'язань між виконавцем та споживачем послуги теплопостачання є нормування коефіцієнта теплової ефективності приміщення та його періодичне оцінювання за результатами теплотехнічного аудиту.

2. Доведено, що методи комерційного обліку теплової енергії, які сьогодні використовуються та існуюче нормативно-правове забезпечення їх застосування не відповідають сучасним вимогам, при їх застосуванні виникає низка методичних похибок обліку, пов'язаних із специфікою тепло-фізичних та конструкційних особливостей окремих приміщень будинку, що не мотивує до підвищення рівня теплоефективності та рівня якості послуги теплозабезпечення. Розроблено метод структурування функції якості та алгоритм оцінювання якості послуги теплопостачання, який доцільно використовувати при плануванні та організації теплопостачання індивідуального споживача, а також підтвердження права на зміну розміру оплати у разі зниження якості послуги.

3. Встановлено, що найбільш раціональною схемою обліку спожитої теплової енергії є її комерційний облік за результатами вимірювання будинкового вузла обліку з наступним розподілом між індивідуальними споживачами за показами квартирних пристроїв-розподільовачів тепла. Проаналізовано необхідні умови для підвищення точності обліку споживання тепла окремим приміщенням та розроблено підхід до оцінювання непевності результатів вимірювання теплової енергії для систем з витратомірами та лічильниками різних типів, що дозволяє підвищити достовірність комерційного обліку.

4. Розроблено алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу тепловтрат зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку та блок-схеми застосування CANNY та Hot Pixels Seeds алгоритмів для ідентифікації місць критичних тепловтрат. Розроблено структуру системи тепловізійного моніторингу, яка складається з тепловізійної камери, фотокамери на основі матриці із зарядовими зв'язками та пірометра та алгоритм роботи системи тепловізійного моніторингу, який дозволяє оперативно здійснювати ідентифікацію місць критичних тепловтрат та прив'язку їх до конкретного місця огорожуючої конструкції досліджуваного будинку.

5. Розроблено рекомендації до методики розподілу витрат теплової енергії між споживачами багатоквартирних будинків, нормування яких дозволить здійснювати розподіл обсягів спожитої теплової енергії між споживачами багатоквартирних будинків у випадку застосування загальнобудинкових вузлів обліку тепла та наявності споживачів, приміщення яких оснащені, не оснащені пристроями розподілу тепла та які обладнані автономними системами опалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aspects of improving the methods for accounting the costs of heat energy based on indicators in multi-family buildings / Andrzej Kysiak // Construction of optimized energy potential, Vol. 11, 2022, 65-73 – <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.17512/bozpe.2022.11.08>.
2. Індивідуальний облік тепла у житлових будинках: очікування та реалії. <http://te.pl.ua/publkacyi/novini-pdprzyemstva/1249-ndivdualniy-oblk-tepla-u-zhitlovih-budinkah-ochkuvannya-ta-realyi.html>.
3. Системи раціонального обліку та розподілу теплової енергії в оселях - перспективний напрямок енергоощадності/ Б. Микийчук // Вимірювальна техніка та метрологія. - 2009. - Вип. 70. - С. 103-105. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000213634>.
4. Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання: Закон України від 22.06.2017 р. № 2119-VIII: станом на 29.07.2022 р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T172119?an=1>.
5. Про теплопостачання: Закон України від 02.06.2005 № 2633-IV: станом на 01.01.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
6. Про затвердження Правил надання послуги з постачання теплової енергії і типових договорів про надання послуги з постачання теплової енергії: Постанова Кабінету Міністрів України № 830 від 21.08.2019 р.: станом на 23.11.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/830-2019-%D0%BF#Text>
7. A novel measurement method for accurate heat accounting in historical buildings / M. Dell'Isola, G. Ficco, B. Di Pietra, F. Saba, M. C. Masoero // Measurement. – September 2020. – Vol. 161. – P. 107876. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224120304140>.
8. Системи раціонального обліку та розподілу теплової енергії в оселях - перспективний напрямок енергоощадності/ Б. Микийчук // Вимірюв. техніка та метрологія. - 2009. - Вип. 70. - С. 103-105. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000213634>.

9. Переваги автоматизованих систем індивідуального обліку витрат теплової енергії з оцінюванням якості теплопостачання / Б. М. Микийчук // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2009. - № 639. - С. 193-195. - Бібліогр.: 2 назв. - укр. – <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000210426>.
10. Біла книга щодо трансформації централізованого теплопостачання в Україні: оцінка та рекомендації / // Проєкт енергетичної безпеки (ESP) Серпень, 2020 – https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/04/050G-DH_White-Paper_for_DEC-2021-02-02-UKR.pdf.
11. Математична модель теплової ефективності приміщення з показником якості теплопостачання / Б. М. Микийчук, В. О. Яцук // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2010. - № 665. - С. 164-168. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000333104>.
12. Про затвердження Методики розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 315 від 22.11.2018 р.: станом на 29.03.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18#n15>.
13. Про забезпечення єдиного підходу до формування тарифів на комунальні послуги: Постанова Кабінету Міністрів України № 869 від 1.06.2011 р.: станом на 03.10.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/869-2011-%D0%BF#Text> (дата звернення: 26.02.2024).
14. Автоматизація проектування систем вимірювання кількості теплової енергії на основі витратомірів змінного перепаду тиску / Биц О. М. / Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. – НУ «Львівська політехніка», 175 с., 2020.
15. Енергоаудит / С. В. Ільїн, А. О. Чейлитко, І. М. Мних // Навчально-методичний посібник, Запоріжжя: ЗДІА, 2018. – 130 с. – https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/577405/mod_resource/content/0/ПОСОБИЕ%20Ильин%2С%20Чейлытко.pdf.

16. Управління енергоефективністю в сфері житлово-комунального господарства / монографія за редакцією д. е. н., проф. П. П. Микитюка // Тернопіль: Економічна думка, ТНЕУ, 2018. – 300 с. – <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/31704/1/Микитюк.pdf>.
17. Базові проблеми теплопостачання міста та напрями його модернізації / Ткач Микола // Актуальні проблеми державної служби та адміністративного менеджменту : зб. тез доп. загальноуніверситет. студ. наук. конф. м. Тернопіль, квіт. 2015 р. - Тернопіль: Крок, 2015. - С. 264-268. – <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/6380/1/ткач%20м..pdf>.
18. Оцінка способів поквартирного обліку споживання тепла на опалення в багатоквартирних житлових будинках / Проценко С. Б. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, - 2015 р. - Вип. 1(69). - С. 215-226. – <https://ep3.nuwm.edu.ua/4654/1/Проценко%20С.%20Б.%20Оцінка%20способів%20поквартирного%20зах.pdf>.
19. Рекомендації щодо організації обліку теплової енергії та гарячої води споживачів в мережах КП «КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО» // КП «КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО», 2018 р. – <https://kte.kmda.gov.ua/wp-content/uploads/2021/09/Rekomendatsiyi-shhodo-organizatsiyi-obliku-TE-ta-GV-spozhyvachiv-v-merezhah-KP-KY....pdf?x31397>.
20. Порівняльний аналіз методів обліку теплової енергії індивідуальними споживачами / Б. Микийчук, В. Яцук // Вимірюв. техніка та метрологія. - 2010. - Вип. 71. - С. 66-71. - Бібліогр.: 10 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000345601>.
21. Лозбін В. І., Столярчук П. Г., Засименко В. М., Яцук В. О., Плавинська Т. О. Теплотехнічні аспекти обліку витрат теплової енергії індивідуальними споживачами. Теплоенергетика, інженерія доквілля, автоматизація. Вісник ДУ "Львівська політехніка". - 1999. - №365 - с. 88-91.

22. Столярчук П. Г., Яцук В. О., Лозбін В. І., Голюка Б. М., Здеб В. Б. Система обліку спожитої теплової енергії на опалення // *Методи та прилади контролю якості*. – 2005. – Вип. 14. – С. 37-42.
23. Патент 74197 (Україна). Пристрій обліку спожитої теплової енергії на опалення / П. Г. Столярчук, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук, В. О. Лозбін, В. Б. Здеб. Заявл. 06.02.2003 №200321049; Опубл. 15.11.2005. Бюл. №11. - 9 с.
24. Порівняльний аналіз методів обліку теплової енергії індивідуальними споживачами / Б. Микійчук, В. Яцук // *Вимірюв. техніка та метрологія*. - 2010. - Вип. 71. - С. 66-71. - *Бібліогр.: 10 назв. - укр.* – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000345601>.
25. Оптимізація систем тепlopостачання із використанням економіко-математичного моделювання / монографія за редакцією О. М. Гаврися // Харків, НТУ “ХПІ”, 2015. – 209 с. – <https://core.ac.uk/download/pdf/50587995.pdf>.
26. A multi-utility smart metering architecture to improve energy efficiency / G. Betta, Domenico Capriglione, Luca Celenza, Marco Dell’Isola, Luigi Ferrigno, G. Ficco // XXI IMEKO World Congress “Measurement in Research and Industry” August 30 - September 4, 2015, Prague, Czech Republic Volume: I – https://www.researchgate.net/publication/273829587_a_multi-utility_smart_metering_architecture_to_improve_energy_efficiency.
27. Індивідуальний облік тепла у житлових будинках: очікування та реалії. <http://te.pl.ua/publkacyi/novini-pdpriyemstva/1249-ndividualniy-oblk-tepla-u-zhitlovih-budinkah-ochkuvannya-ta-realyi.html>.
28. Інформаційно-вимірювальні системи індивідуального обліку теплової енергії / Б. М. Микійчук, В. О. Яцук, П. Г. Столярчук // *Методи та прилади контролю якості*. - 2010. - № 24. - С. 65-68. – <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/3540>.
29. Про житлово-комунальні послуги: Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII: станом на 09.07.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>.
30. Про затвердження Порядку проведення перевірки відповідності якості надання деяких комунальних послуг та послуг з управління багатоквартирним будинком параметрам, передбаченим договором про надання відповідних послуг.

Постанова Кабінету Міністрів України, від 27 грудня 2018 р. № 1145:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1145-2018-%D0%BF#Text>.

31. Математична модель теплової ефективності приміщення з показником якості теплопостачання / Б. М. Микийчук, В. О. Яцук // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2010. - № 665. - С. 164-168. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000333104>.
32. Микийчук Б. М., Яцук В.О. / Математична модель теплової ефективності приміщення з урахуванням показника якості теплопостачання // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: міжнародний науково-техн. журнал. – 2024. - №1.- С.74-81. - Бібліогр.: 12 назв. - укр. – <https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/255/221..>
33. Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання: Закон України від 22.06.2017 р. № 2119-VIII: станом на 29.07.2022 р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T172119?an=1>.
34. Математична модель теплової ефективності приміщення з показником якості теплопостачання / Б. М. Микийчук, В. О. Яцук // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2010. - № 665. - С. 164-168. - Бібліогр.: 5 назв. - укр. – <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/ref-0000333104>.
35. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" / // Накази Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 р. № 24 та від 28.08.2013 р. № 410 – https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152?doc_type=2.
36. 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.
37. Щодо власників приміщень з індивідуальним опаленням. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.teplo.od.ua/2021/03/23/2155/>.
38. 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>.

39. 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)
40. . 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)
41. ДСТУ EN 834:2017 Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади з електроживленням (EN 834:2013, IDT).
42. ДСТУ EN 835:2007 Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади випаровувального типу без електроживлення (EN 835:1994, IDT).
43. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. [Дата введення 2019-08-08] / Міністерство розвитку громад та територій України/ - К.: 2022. – 137 с.
44. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Дата введення 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
45. Automatic Detection System of Deteriorated PV Modules Using Drone with Thermal Camera / Henry, C.; Poudel, S.; Lee, S.W.; Jeong, H. // Appl. Sci. 2020, 10, 3802. – <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/11/3802>.
46. New Trends in Visual Inspection of Buildings and Structures: Study for the Use of Drones / Falorca J. F., Miraldes J. P. N. D., Lanzinha J. C. G. // Open Eng. 2021, 11, 734–743. – <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2021-0071/html>.
47. Innovations in Building Diagnostics and Condition Monitoring: A Comprehensive Review of Infrared Thermography Applications / Hojong Kim, Nirjal Lamichhane,

- Cheolsang Kim, Ranjit Shrestha // *Buildings* 2023, 13(11), 2829 – <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/11/2829>.
48. Kirimtat, A.; Krejcar, O. A Review of Infrared Thermography for the Investigation of Building Envelopes: Advances and Prospects. *Energy Build.* 2018, 176, 390–406. [CrossRef]
 49. Balaras, C.A.; Argiriou, A.A. Infrared Thermography for Building Diagnostics. *Energy Build.* 2001, 34, 171–183. [CrossRef]
 50. Czichos, H. (Ed.) *Handbook of Technical Diagnostics: Fundamentals and Application to Structures and Systems*; Springer Science & Business Media: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013.
 51. Kim, H.J.; Shrestha, A.; Sapkota, E.; Pokharel, A.; Pandey, S.; Kim, C.S.; Shrestha, R. A Study on the Effectiveness of Spatial Filters on Thermal Image Pre-Processing and Correlation Technique for Quantifying Defect Size. *Sensors* 2022, 22, 8965. [CrossRef]
 52. Sarawade, A.A.; Charniya, N.N. Infrared thermography and its applications: A review. In *Proceedings of the 2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, Coimbatore, India, 15–16 October 2018; pp. 280–285.
 53. Gade, R.; Moeslund, T.B. Thermal Cameras and Applications: A Survey. *Mach. Vis. Appl.* 2014, 25, 245–262. [CrossRef]
 54. Hashempour, N.; Taherkhani, R.; Mahdikhani, M. Energy Performance Optimization of Existing Buildings: A Literature Review. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 54, 101967. [CrossRef]
 55. Brooke, C. Thermal Imaging for the Archaeological Investigation of Historic Buildings. *Remote Sens.* 2018, 10, 1401. [CrossRef]
 56. McManus, C.; Tanure, C.B.; Peripolli, V.; Seixas, L.; Fischer, V.; Gabbi, A.M.; Menegassi, S.R.O.; Stumpf, M.T.; Kolling, G.J.; Dias, E.; et al. Infrared Thermography in Animal Production: An Overview. *Comput. Electron. Agric.* 2016, 123, 10–16. [CrossRef]

57. Ohlsson, K.E.A.; Olofsson, T. Quantitative Infrared Thermography Imaging of the Density of Heat Flow Rate through a Building Element Surface. *Appl. Energy* 2014, 134, 499–505. [CrossRef]
58. Nardi, I.; Lucchi, E.; de Rubeis, T.; Ambrosini, D. Quantification of Heat Energy Losses through the Building Envelope: A State-of-the-Art Analysis with Critical and Comprehensive Review on Infrared Thermography. *Build. Environ.* 2018, 146, 190–205. [CrossRef]
59. Ciampa, F.; Mahmoodi, P.; Pinto, F.; Meo, M. Recent Advances in Active Infrared Thermography for Non-Destructive Testing of Aerospace Components. *Sensors* 2018, 18, 609. [CrossRef]
60. López, G.; Basterra, L.A.; Acuña, L.; Casado, M. Determination of the Emissivity of Wood for Inspection by Infrared Thermography. *J. Nondestr Eval.* 2013, 32, 172–176. [CrossRef]
61. Dimitrova, M.; Aminzadeh, A.; Meiabadi, M.S.; Sattarpanah Karganroudi, S.; Taheri, H.; Ibrahim, H. A Survey on Non-Destructive Smart Inspection of Wind Turbine Blades Based on Industry 4.0 Strategy. *Appl. Mech.* 2022, 3, 1299–1326. [CrossRef]
62. Patrucco, G.; Gómez, A.; Adineh, A.; Rahrig, M.; Lerma, J.L. 3D Data Fusion for Historical Analyses of Heritage Buildings Using Thermal Images: The Palacio de Colomina as a Case Study. *Remote Sens.* 2022, 14, 5699. [CrossRef]
63. Tardy, F. A Review of the Use of Infrared Thermography in Building Envelope Thermal Property Characterization Studies. *J. Build. Eng.* 2023, 75, 106918. [CrossRef]
64. Bagavathiappan, S.; Lahiri, B.B.; Saravanan, T.; Philip, J.; Jayakumar, T. Infrared Thermography for Condition Monitoring—A Review. *Infrared Phys. Technol.* 2013, 60, 35–55. [CrossRef]
65. Patrucco, G.; Gómez, A.; Adineh, A.; Rahrig, M.; Lerma, J.L. 3D Data Fusion for Historical Analyses of Heritage Buildings Using Thermal Images: The Palacio de Colomina as a Case Study. *Remote Sens.* 2022, 14, 5699. [CrossRef].

66. Bagavathiappan, S.; Lahiri, B.B.; Saravanan, T.; Philip, J.; Jayakumar, T. Infrared Thermography for Condition Monitoring—A Review. *Infrared Phys. Technol.* 2013, 60, 35–55. [CrossRef]/
67. Ham, Y.; Golparvar-Fard, M. 3D Visualization of Thermal Resistance and Condensation Problems Using Infrared Thermography for Building Energy Diagnostics. *Vis. Eng.* 2014, 2, 1866. [CrossRef]/
68. Bagavathiappan, S.; Lahiri, B.B.; Saravanan, T.; Philip, J.; Jayakumar, T. Infrared Thermography for Condition Monitoring—A Review. *Infrared Phys. Technol.* 2013, 60, 35–55. [CrossRef].
69. Ham, Y.; Golparvar-Fard, M. Three-Dimensional Thermography-Based Method for Cost-Benefit Analysis of Energy Efficiency Building Envelope Retrofits. *J. Comput. Civ. Eng.* 2015,
70. B4014009. [CrossRef] 76. Daffara, C.; Muradore, R.; Piccinelli, N.; Gaburro, N.; de Rubeis, T.; Ambrosini, D. A Cost-Effective System for Aerial 3d Thermography of Buildings. *J. Imaging* 2020, 6, 76. [CrossRef].
71. Vidas, S.; Moghadam, P.; Bosse, M. (2013, May). 3D thermal mapping of building interiors using an RGB-D and thermal camera. In *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Karlsruhe, Germany, 6–10 May 2013*; pp. 2311–2318.
72. Buinhas, L.; Ferrer-Gil, E.; Forstner, R. IRASSI: InfraRed astronomy satellite swarm interferometry—Mission concept and description. In *Proceedings of the 2016 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 5-12 March 2016*; pp. 1–20. [CrossRef].
73. Dall’O’, G.; Sarto, L.; Panza, A. Infrared Screening of Residential Buildings for Energy Audit Purposes: Results of a Field Test. *Energies* 2013, 6, 3859–3878. [CrossRef]
74. Fox, M.; Coley, D.; Goodhew, S.; De Wilde, P. Thermography Methodologies for Detecting Energy Related Building Defects. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 40, 296–310. [CrossRef].

75. Cerdeira, F.; Vázquez, M.E.; Collazo, J.; Granada, E. Applicability of Infrared Thermography to the Study of the Behaviour of Stone Panels as Building Envelopes. *Energy Build.* 2011, 43, 1845–1851. [CrossRef]
76. Brandt, E.; Rasmussen, M.H. Assessment of Building Conditions. *Energy Build.* 001, 34, 121–125. [CrossRef].
77. De Lieto Vollaro, R.; Guattari, C.; Evangelisti, L.; Battista, G.; Carnielo, E.; Gori, P. Building Energy Performance Analysis: A Case Study. *Energy Build.* 2015, 87, 87–94. [CrossRef].
78. Meola, C.; Carlomagno, G.M. Infrared Thermography of Impact-Driven Thermal Effects. *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process* 2009, 96, 759–762. [CrossRef].
79. OpenCV: Morphological Transformations. Available online: http://docs.opencv.org/trunk/d9/d61/tutorial_py_morphological_ops.html (accessed on 22 August 2016).
80. Canny Edge Detection Tutorial. Available online: <http://masters.donntu.org/2010/fknt/chudovskaja/library/article5.htm> (accessed on 22 August 2016).
81. Abdel-Qader, I.; Yohali, S.; Abudayyeh, O.; Yehia, S. Segmentation of thermal images for non-destructive evaluation of bridge decks. *NDT E Int.* 2008, 41, 395–405. [CrossRef].
82. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII: станом на 01.01.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
83. "Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки", що розроблений на основі Директиви 2014/32/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європи.
84. ДСТУ EN 1434-1:2019 Теплोलічильники. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1434-1:2015 + A1:2018, IDT).
85. Yassin Jomni. Improving Heat Measurement Accuracy in District heating Substations. Lulea University of Technology, 2004.

86. МИ 2553-99 ГСИ. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешности измерений. Основные положения. 1999.
87. ГОСТ Р 8.728-2010 Оценивание погрешностей измерений тепловой энергии и массы теплоносителя в водяных системах теплоснабжения. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
88. JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition. 2008. 120 p
89. ISO 5168:2005 Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties. 2005. P.65
90. Wyznaczanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu. EA-4/02 M: 2013. Wyd. 1.
91. Ліпанов О. В. Аналіз методів розпізнавання об'єктів в системах аналізу візуальної інформації / О. В. Ліпанов, М. В. Фесенко // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 3(2). – С. 78-82.
92. Фу К. Структурні методи в розпізнаванні образів. – М.: Світ, 2005. – 144 с.
93. Світличний О.О. Основи геоінформатики / О.О. Світличний., С.В. Плотницький // Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
94. Постанова Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 року № 482. [Дата введення 05-06-2019]. – К.: 2019.
95. Податковий Кодекс України (пп. 14.1.191). [Дата введення 01-04-2024]. – К.: 2024.
96. L. Canale , M. Dell’Isola, G. Ficco , T. Cholewa, S. Siggelsten , I. Balen. A comprehensive review on heat accounting and cost allocation in residential buildings in EU. Energy & Buildings 202 (2019).
97. F. Saba, V. Fericola, M.C. Masoero, S. Abramo, Experimental analysis of a heat cost allocation method for apartment buildings, Buildings 7 (2017) 20.
98. N. Lukic', N. Nikolic', S. Timotijevic', S. Tasic', Influence of an unheated apartment on the heating consumption of residential building considering current regulations—case of Serbia, Energy Build. 155 (2017) 16–24.

ДОДАТКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор за науково-педагогічної роботи
 Національного університету «Львівська політехніка»
 доп. _____ Олег ДАВИДЧАК
 «03 Травня» 2024 р.

АКТ

про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційної роботи
Микийчука Богдана Миколайовича
**«Створення нормативно-технічних засад для індивідуального обліку
 спожитої теплової енергії з оцінюванням її якості»** представленої на здобуття
 наукового ступеня кандидата технічних наук

Комісія в складі: голови – заступника директора Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології Національного університету «Львівська політехніка», д.т.н., проф. Мичуди Л.З. та членів - завідувача кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій», д.т.н., проф. Бубели Т.З., професора кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій», д.т.н., проф. Походила Є.В. і доцента кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій», к.т.н., доц. Куця В.Р. даним актом підтверджує, що проведені дисертантом наукові дослідження виконувалися ним на кафедрі «Інформаційно-вимірювальних технологій» Національного університету «Львівська політехніка». Основні положення та результати дисертаційної роботи «Створення нормативно-технічних засад для індивідуального обліку спожитої теплової енергії з оцінюванням її якості» впроваджені у навчальний процес кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій» Національного університету «Львівська політехніка» під час викладання дисциплін: «Методи і засоби контролю якості» та «Нормативно-технічне забезпечення обліку енергоносіїв» для магістрів спеціальності 175 – Інформаційно-вимірювальні технології.

Голова комісії:
 заступник директора ІКТА, д.т.н., проф. _____ Леся МИЧУДА

Члени комісії:
 зав. каф. ІВТ, д.т.н., проф. _____ Тетяна БУБЕЛА

проф. каф. ІВТ, д.т.н., проф. _____ Євген ПОХОДИЛО

доц. каф. ІВТ, к.т.н., доц. _____ Віктор КУЦЬ