

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 662.987

Підвищення ефективності роботи системи тепlopостачання будівлі громадського призначення з урахуванням режимів експлуатації**С. І. Грищенко^{1✉}, О. А. Климчук²**¹⁻²Національний університет «Одеська політехніка», просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна✉ e-mail: ¹segrisch@gmail.comORCID: ¹<http://orcid.org/0009-0001-1314-8480>; ²<http://orcid.org/0000-0002-5207-7259>

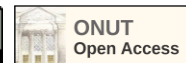
В роботі проведено аналіз сучасного стану наукових досліджень щодо теплозабезпечення будівель громадського призначення. Показано, що існує гостра необхідність пошуку шляхів зменшення споживання традиційних енергоресурсів на основі викопного палива, та впровадження у існуючі системи тепlopостачання новітніх рішень з використанням відновлювальних джерел енергії та урахуванням режимів експлуатації будівель. Сучасний стан енергоефективних технологій потребує багато уваги до режимів функціонування будівель різного типу призначення. Так будівлі громадського призначення зазвичай мають різномірний графік витрати теплоти на потреби основних споживачів теплоти, а саме: опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, як впродовж робочого дня так і впродовж тижня. Доведено, що для розглянутих будівель громадського призначення необхідно виконати додаткові теоретичні та експериментальні дослідження для визначення раціональних режимів роботи систем тепlopостачання при змінних теплових режимах споживачів теплоти. На основі конкретного прикладу проведено дослідження роботи комбінованої системи тепlopостачання будівлі громадського призначення. В роботі показано, що ефективне функціонування системи тепlopостачання пов'язана з можливістю точного керування температурами в різних приміщеннях. За результатами розв'язання математичного моделювання режимів роботи комбінованої системи тепlopостачання отримано графіки добового теплового навантаження системи опалення, розрядження-зарядження теплового акумулятора. Отримано результати дослідження залежності максимальної потужності основного джерела теплоти у різних режимах опалення та з наявністю, або відсутністю добового теплового акумулятора при зміні зовнішньої температури. Отримані результати дозволяють підвищити ефективність використання як традиційних так і відновлювальних джерел енергії для потреб тепlopостачання будівель громадського призначення зі змінними графіками експлуатації.

Ключові слова: Комбіноване тепlopостачання; Відновлювальні джерела теплоти; Теплові акумулятори; Режими експлуатації систем тепlopостачання.

doi: <https://doi.org/10.15673/ret.v62i1.3441>

© The Author(s) 2026. This article is an open access publication

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>**1. Вступ**

Однією з найгостріших наукових проблем сучасності є зниження енергетичних витрат на системи тепlopостачання громадських будівлях та спорудах [1]. Частка теплоспоживання у житлово-

комунальному господарстві займає близько 50% від загальної кількості виробленої теплової енергії, а у житловому фонді відсоток децентралізованих систем тепlopостачання перевищує 60%.

Аналіз проблем функціонування будівель громадського призначення житлово-комунального гос-

подарства показує, що першочерговими завданнями є вирішення проблем зростання вартості житлово-комунальних послуг у контексті модернізації існуючих систем теплозабезпечення шляхом впровадження сучасних енергоефективних технологій [2]. Існує гостра необхідність пошуку шляхів зменшення споживання традиційних енергоресурсів на основі викопного палива, та впровадження у існуючі системи теплопостачання новітніх рішень з використанням відновлювальних джерел енергії та урахуванням режимів експлуатації будівель.

Системи теплопостачання постійно розвиваються та модернізуються. Це пов'язано з підвищенням вимог до опалювальної техніки та з появою нових технічних досягнень, які дозволяють здійснити процес генерації, зберігання та розподілу теплової енергії більш ефективним, економічним та екологічно безпечним [3].

Одним із пріоритетних напрямів реформування та розвитку житлово-комунального господарства є впровадження енергозберігаючих технологій [4]. Проте більшість наукових досліджень у галузі енерго- та ресурсозбереження стосуються питань підвищення енергоефективності у промисловості та інших галузях матеріального виробництва. Тому проведення наукових досліджень з питань впровадження енергозберігаючих технологій у житлово-комунальному господарстві є актуальним.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Сучасна тенденція до зростання рівня цін на природне паливо призводить до зниження конкурентоспроможності цілого спектра послуг, що виробляються в Україні. Разом з цим прогнозоване неузгодження темпів зростання цін на електроенергію з цінами на природне паливо сприяє розвитку використання комбінованих систем теплопостачання, основні джерела енергії яких використовують в якості основного енергоносія електроенергію [5].

В той же час багато уваги приділяється режимам функціонування будівель різного типу призначення [6]. Так будівлі громадського призначення зазвичай мають різномірний графік витрати теплоти на потреби основних споживачів теплоти, а саме: опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, як впродовж робочого дня так і впродовж

тижня [7].

Так системи вентиляції працюють тільки впродовж робочого дня і, зазвичай, останніми часом оснащені рекуператорами теплоти, що дає змогу значно знизити частку теплоти на підігрів свіжого повітря [8]. В той же час система опалення працює впродовж доби на покриття тепловтрат і її теплова потужність залежить як від температури зовнішнього повітря, так і від внутрішніх чинників та режимів експлуатації будівлі. Система гарячого водопостачання залежить насамперед від режимів експлуатації будівлі та системи приготування гарячої води (протокова, або ємнісна).

При цьому слід враховувати змінну температуру, що підтримується в приміщеннях: робочу протягом дня, та чергову в неробочий період [9].

В комплексі для розглянутих вище умов експлуатації будівель громадського призначення виникає потреба використання змінного режиму теплопостачання впродовж доби, бо при їх експлуатації, характерною є здатність цих систем теплозабезпечення до природного перерозподілу одних видів теплових потреб іншими за умови роботи ц систем теплопостачання [10].

Для розглянутих типів будівель необхідно виконати додаткові теоретичні та експериментальні дослідження щодо визначення раціональних режимів роботи як систем централізованого теплопостачання, так і роботи індивідуальних теплових пунктів.

Також цікавим напрямом є використання відновлювальних джерел енергії [11]. В якості найбільш поширених природних відновлюваних джерел в системах теплопостачання в наш час застосовуються:

- енергія сонця;
- енергія зовнішнього повітря;
- тепло ґрунту.

Однак використання відновлюваних джерел енергії ускладнюється нерівномірністю надходження енергії внаслідок чого виникає необхідність забезпечення безперервної роботи комбінованих систем теплопостачання. Будь-яка система теплопостачання складається з джерела теплоти, системи перетворення теплоти та споживачів перетвореної теплоти. В системі можуть виникати невідповідності – між виробництвом теплоти та її споживанням. Вирішення цієї задачі є основною метою акумулювання тепла.

Тобто задача зняття пікового навантаження. Установка для акумулювання енергії може бути

дешевше пікової теплоенергетичної установки.

Для розглянутих типів будівель необхідно виконати додаткові теоретичні та експериментальні дослідження щодо визначення раціональних режимів роботи систем теплопостачання при змінних теплових режимах споживачів теплоти.

3. Мета та задачі дослідження.

Метою дослідження, є визначення ефективності режиму роботи системи теплозабезпечення для споруд громадського призначення та оптимізація параметрів системи комбінованого теплопостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести аналіз сучасного стану наукових напрацювань у галузі теплопостачання будівель громадського призначення;
- на основі проведеного аналізу визначити математичну модель системи комбінованого теплопостачання з використанням акумуляторів теплоти;
- на основі конкретного прикладу провести дослідження роботи комбінованої системи теплопостачання будівлі громадського призначення.

4. Матеріали та методи досліджень.

Моделювання динамічних властивостей споруд при використанні режиму переривчастого опалення проводилося з застосуванням системи диференціальних рівнянь та початкових і граничних умов [6].

За моделлю Е.Я. Соколова [12], динамічною характеристикою будівлі, що характеризує її акумулюючі властивості, прийнято постійну часу, яка розраховується за виразом:

$$T_2 = \frac{c\rho F\delta}{2q_0V},$$

де c – теплоємність матеріалу зовнішньої огорожі будівлі; ρ – густина матеріалу зовнішньої огорожі будівлі; F – підсумкова площа зовнішньої огорожі будівлі; δ – товщина зовнішньої огорожі будівлі; V – об'єм будівлі; q_0 – питома опалювальна характеристика будівлі.

Значення постійної часу для будівлі навчального закладу склало $T_2 = 50$ год.

За результатами досліджень [13], суттєве підвищення точності розрахунків при побудові моде-

лі динаміки температури в приміщенні, при використанні режиму переривчастого опалення, забезпечується при врахуванні малоінерційної складової процесу теплообміну повітрям з внутрішніми стінами будівлі. Модель, що враховує такий ефект, являє собою відповідне поєднання передаточних функцій малоінерційної та високоінерційної ланок, та, відповідно, має вигляд:

$$W = W_1 + W_2$$

де

$$W_1 = \frac{K_{пер1}}{T_1S + 1}; W_2 = \frac{K_{пер2}}{T_2S + 1}$$

де $K_{пер1}$, $K_{пер2}$ – відповідно коефіцієнти передачі ланок за каналом: «теплова потужність системи опалення – температура повітря в приміщенні» для малоінерційної та високоінерційної ланки; T_1 , T_2 – відповідно постійні часу кожної з ланок.

Постійну часу малоінерційної ланки для громадської будівлі прийнято $T_1 = 1$ год, коефіцієнти передачі, відповідно: $K_{пер1} = 0,022$ °C/кВт, $K_{пер2} = 0,25$ °C/кВт.

Основними важливими характеристиками системи опалення при змінних режимах роботи є інерційність, децентралізованість та запас потужності. За цими ознаками можна провести аналіз ефективної роботи систем опалення різних типів та різних опалювальних приладів.

Ефективна робота системи опалення також пов'язана з можливістю точного керування температурами в різних приміщеннях. У цьому необхідно зводити вплив людини регулювання до мінімуму. Найбільш придатні до цього системи з променевим підключенням груп опалювальних приладів по приміщеннях, що обслуговуються. Таке схемне рішення дозволяє дистанційно організовувати регулювання тепловим навантаженням в різних приміщеннях в залежності від режиму експлуатації і виконати на стадії налагодження чітке балансування гідраліки.

Основною задачею дослідження, є визначення ефективності режиму переривчастого опалення для споруд громадського призначення та оптимізація параметрів системи теплопостачання, що містить водогрійний котел та акумулятор теплоти із можливістю приєднання відновлювальних джерел енергії.

Для будівлі громадського призначення, до яких розробляється математична модель системи опалення, має наступні технічні параметри:

- 5-ти поверхова будівля з цегли;
- товщина стін – 0,65 м; об'єм будівлі – 9900 м³; площа зовнішніх стін – 2900 м²; опалювальна площа – 2590 м²;

- розрахункова потужність системи опалення $Q_{оп} = 70$ кВт при розрахунковій температурі зовнішнього повітря – 18 °С;

- теплова потужність системи вентиляції: $Q_{вент} = 30$ кВт;

- теплова потужність ГВП: $Q_{ГВП} = 20$ кВт.

Режим змінного теплопостачання моделювався за наступними умовами:

- температура повітря у приміщенні будівлі тпов у робочий час з 8.00 по 17.00 підтримується на рівні 22 °С;

- під час надтопу теплопостачання забезпечується від основного джерела теплоти (водогрійний котел, тепловий насос) та за рахунок розрядки теплового акумулятора, а у робочі години – тільки від основного джерела теплоти (водогрійний котел, тепловий насос), у неробочі години (з кінця робочої години та до початку ранку наступного дня). За своєю математичною постановкою дана задача оптимізації режиму навантаження системи опалення розглядається, як задача пошуку екстремуму деякої функції багатьох змінних [14] (по 24 змінних – відповідних середньогодинних теплових навантажень ВК, ТА (Q_i^{BK} і Q_i^{TA}) з урахуванням обмежень, граничних та початкових умов, що накладаються на систему та змінні, яка оптимізується. За характером використаних у математичній моделі залежностей між змінними, наведена задача оптимізації відноситься до задач нелінійного програмування і в кінцевому загальному вигляді може бути записана:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^{23} Q_i = \sum_{i=0}^{23} Q_i^{BK} + \sum_{i=0}^{23} Q_i^{TA} + \sum_{i=0}^{23} Q_i^{люд} \\ \begin{cases} Q_{min}^{BK} \leq Q_i^{BK} \leq Q_{max}^{BK} \\ Q_{min}^{TA} \leq Q_i^{TA} \leq Q_{max}^{TA} \end{cases} \\ i = \overline{0,23} \end{cases}$$

За результатами розв'язання наведеної задачі оптимізації було отримано графіки добового теплового навантаження ВК, системи опалення, розрядження-зарядження ТА, температури повітря в приміщенні громадської будівлі, температури зворотної та прямої мережевої води, за умови мінімальної добової витрати енергоресурсів.

У якості інструмента щодо розв'язання наведеної задачі оптимізації використано MS Excel, що дозволило відносно компактно запрограмувати методику оптимізації та розрахунку параметрів, ви-

конати багатовимірну оптимізацію системи теплопостачання з урахуванням обмежень, граничних та початкових умов системи.

5. Результати досліджень

Використання добового акумулювання тепла дозволяє значно зменшити максимальну теплову потужність водогрійного котла завдяки тому, що під час ранкового натопу потужність системи опалення складається з потужності ВК та потужності ТА при його розрядженні (рис. 1).

На рис. 1 наведено добовий графік навантаження системи у переривчастому режимі опалення при $t_{зов} = -15$ °С. В години ранкового натопу з 1.00 по 8.00 потужність водогрійного котла Q_{BK} максимальна, та складає 85 кВт. В той же час загальна потужність системи опалення – 135 кВт, тобто додатково 50 кВт потужності отримано за рахунок розрядження ТА. Тривалість натопу при цьому максимально можлива – 7 годин. Форсування ранкового натопу потребує збільшення потужності системи опалення вище за розрахункову на 93 %, що досягається за рахунок застосування акумулятора тепла та, одночасно, підвищення потужності ВК на 21 %, на відміну від конфігурації за відсутності ТА, при якій потужність ВК треба збільшити на 57 %. Час з 8.00 до 17.00 є робочими годинами громадської будівлі з присутністю до 300 людей, що забезпечує додаткове внутрішнє тепловиділення до 25 кВт та сприяє зниженню потужності системи опалення наприкінці робочого дня до 35 кВт. Добовий цикл системи теплопостачання завершує робота ВК на зарядження ТА з 19.00 до 24.00 години до температури 80 °С. Теплова потужність ВК при цьому не перевищує 85 кВт.

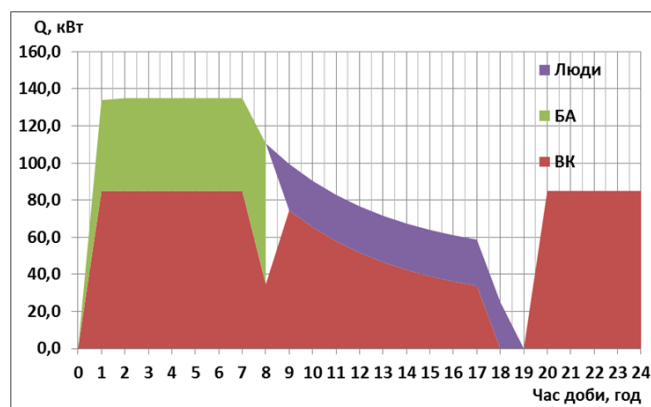


Рисунок 1 – Добовий графік теплового навантаження у переривчастому режимі опалення з ТА ($t_{зов} = -15$ °С)

Добовий графік навантаження системи у переривчастому режимі опалення з ТА при $t_{\text{зов}} = -10^\circ\text{C}$ наведено на рис. 2. В години ранкового натопу з 3.00 по 8.00 теплова потужність водогрійного котла $Q_{\text{ВК}}$ максимальна та становить 85 кВт. Тривалість натопу, відповідно, зменшилась до 5 годин. Форсування ранкового натопу за рахунок ТА забезпечує потужність системи опалення на рівні 135 кВт, на при кінці робочих годин – 30 кВт. Добовий цикл системи завершує робота ВК на зарядження ТА з 19.00 до 24.00 години до температури 80°C , потужність водогрійного котла при цьому становить 79 кВт.

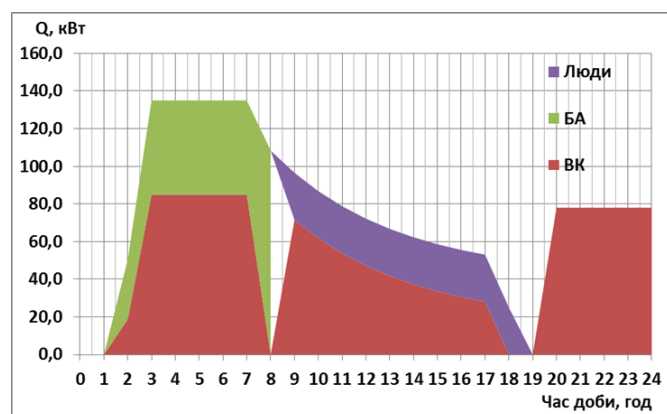


Рисунок 2 – Добовий графік теплового навантаження у переривчастому режимі опалення з ТА ($t_{\text{зов}} = -10^\circ\text{C}$)

Добовий графік навантаження системи у переривчастому режимі опалення з ТА при $t_{\text{зов}} = -5^\circ\text{C}$ наведено на рис. 3. В години ранкового натопу з 4.00 по 8.00 теплова потужність водогрійного котла $Q_{\text{ВК}}$ все ще максимальна та становить 85 кВт. Тривалість натопу, відповідно, зменшилась до 4 годин. Форсування ранкового натопу за рахунок ТА забезпечує потужність системи опалення на рівні 135 кВт, на при кінці робочих годин – 22 кВт. Добовий цикл системи завершує робота ВК на зарядження ТА з 20.00 до 24.00 години до температури 80°C , потужність водогрійного котла при цьому становить 82 кВт.

Добовий графік навантаження системи у переривчастому режимі опалення з ТА при $t_{\text{зов}} = 0^\circ\text{C}$ наведено на рис. 4. В години ранкового натопу з 5.00 по 8.00 теплова потужність водогрійного котла $Q_{\text{ВК}}$ вже нижче за максимальну та становить 80-82 кВт. Тривалість натопу, відповідно, зменшилась до 3 годин. Форсування ранкового натопу за рахунок ТА забезпечує потужність системи опалення на рівні 135 кВт, на при кінці робочих годин

– 16 кВт. Добовий цикл системи завершує робота ВК на зарядження ТА з 20.00 до 24.00 години до температури 80°C , потужність водогрійного котла при цьому становить 55 кВт.

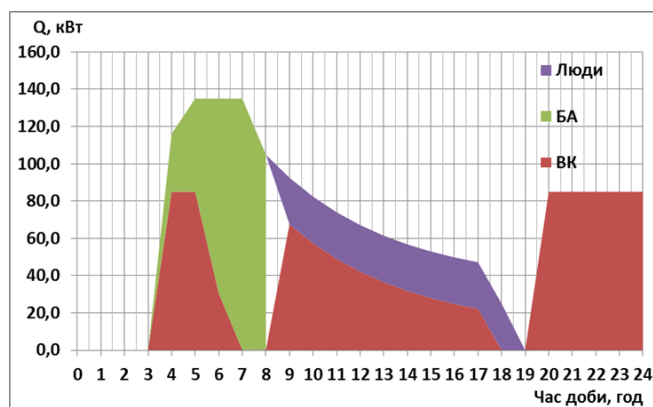


Рисунок 3 – Добовий графік теплового навантаження у переривчастому режимі опалення з ТА ($t_{\text{зов}} = -5^\circ\text{C}$)

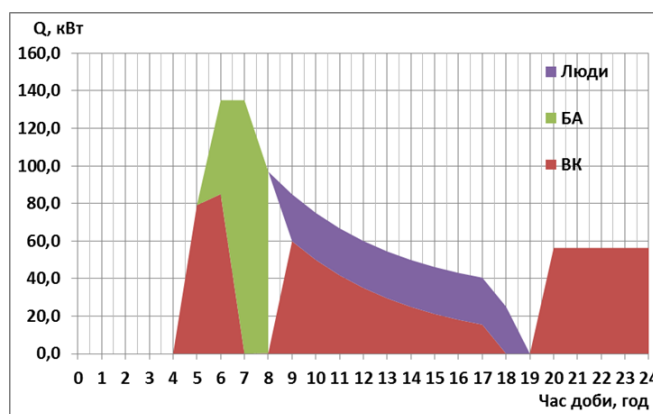


Рисунок 4 – Добовий графік теплового навантаження у переривчастому режимі опалення з ТА ($t_{\text{зов}} = 0^\circ\text{C}$)

Добовий графік навантаження системи у переривчастому режимі опалення з ТА при $t_{\text{зов}} = 5^\circ\text{C}$ наведено на рис. 5. В години ранкового натопу з 6.00 по 8.00 теплова потужність водогрійного котла $Q_{\text{ВК}}$ також за максимальну та становить 80-82 кВт. Тривалість натопу, відповідно, ще зменшилась до 2 годин. Форсування ранкового натопу за рахунок ТА забезпечує потужність системи опалення на рівні 135 кВт, на при кінці робочих годин – 8 кВт. Добовий цикл системи завершує робота ВК на зарядження ТА з 20.00 до 24.00 години до температури 80°C , потужність водогрійного котла при цьому становить 27 кВт.

На рис. 6 наведено результати дослідження залежності максимальної потужності водогрійного котла у різних режимах опалення та з наявністю,

або відсутністю добового теплового акумулювання при зміні зовнішньої температури $t_{\text{зов}}$.

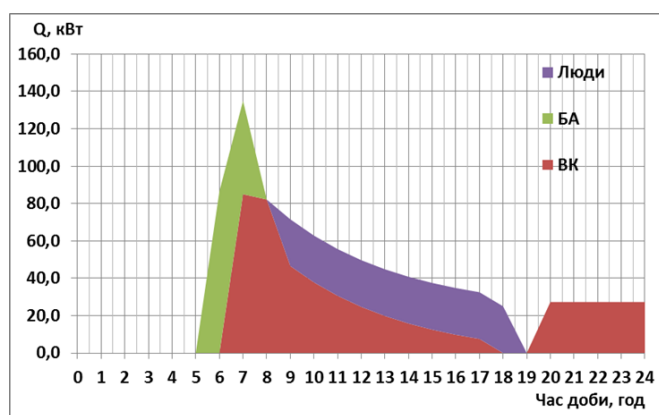


Рисунок 5 – Добовий графік теплового навантаження у переривчастому режимі опалення з ТА ($t_{\text{зов}} = 5^\circ\text{C}$)

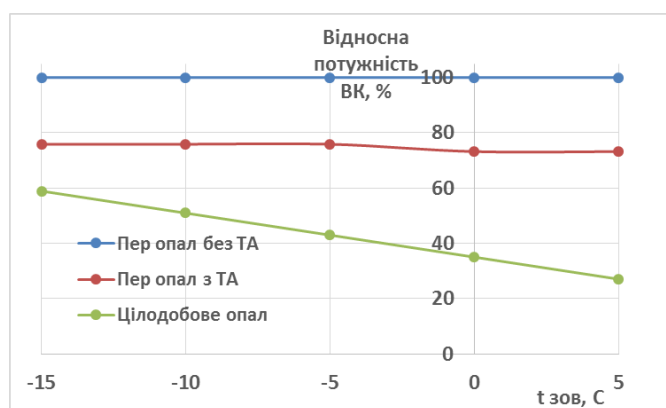


Рисунок 6 – Відносна потужність ВК за різними режимами опалення та з тепловим акумулюванням

Порівняння режимів теплового навантаження ВК наведене відносно. За максимальне – 100 % прийнято навантаження ВК в години натопу без ТА. Використання теплового акумулятора певної ємності дозволяє знизити теплову потужність ВК на 23-27 % в залежності від зовнішньої $t_{\text{зов}}$. Потужність ВК при цілодобовому режимі опалення ще нижче – 30-66 % від максимального значення при натопі при переривчастому опаленні, але при такому режимі витрачається значно більше енергоресурсів.

6. Висновки

В роботі проведено моделювання роботи системи комбінованого теплопостачання будівлі громадського призначення з урахуванням її режимів експлуатації.

Відповідно до поставлених задач дослідження:

- проведено аналіз сучасного стану наукових напрацювань у галузі комбінованого теплопостачання будівель громадського призначення з використанням акумуляторів теплоти;
- на основі проведеного аналізу було запропоновано математичну модель роботи системи комбінованого теплопостачання з використанням акумуляторів теплоти та урахуванням режимів експлуатації будівлі;
- на основі конкретного прикладу провести дослідження роботи комбінованої системи теплопостачання будівлі громадського призначення;
- результати моделювання режимів навантаження системи теплопостачання підтвердили можливість щодо створення ефективних систем в режимі переривчастого опалення;
- застосування режиму переривчастого опалення в системі теплопостачання забезпечує додаткові можливості з економії енергоресурсів на 10-16 %.

Особистий внесок авторів CRediT

Грищенко С.І.: аналіз літературних джерел, моделювання роботи системи комбінованого теплопостачання для будівлі громадського призначення.
Климчук О.А.: методика аналізу режимів роботи системи комбінованого теплопостачання для будівель зі змінним режимом експлуатації, визначення математичної моделі.

Література

1. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / За ред. **В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б. С Стогнія**. – К: Академперіодика, 2006. – Т. 1. – 510 с.
2. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року, Мінекоенерго, 2020. URL: <https://bit.ly/2tR0P7n> (дата звернення 15.02.2026)
3. Енергоефективність будівель в Україні. URL: <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivelua.html> (дата звернення 15.02.2026)
4. Директива 2012/27/EU Європейського парламенту та Ради від 25 жовтня 2012 р. про енергоефективність. URL: https://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2.doc (дата звернення 15.02.2026)
5. **Honcharuk I., Babyna O.** Dominant trends of innovation and investment activities in the develop-

ment of alternative energy source // Eastern European Scientific Journal. – 2020. – Vol. 2 (54). – P. 6-13.

6. **Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т.** Регіональні програми модернізації комунальної теплоенергетики – інноваційна основа технологічного оновлення теплозабезпечення населених пунктів України. Частина 2 // Комунальна та промислова теплоенергетика. – К.: Інститут технічної теплофізики НАН України. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 52-61.

7. European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення 15.02.2026)

8. **О. Климчук, О. Вудвуд, Є. Бабаєв, М. Сергєєв, І. Аксьонова.** Підвищення ефективності використання централізованих систем тепlopостачання при реконструкції теплових мереж // Праці Одеського політехнічного університету. – 2022. – Вип. 2(66). – С.44-51.

9. **Г.І. Позднякова, Є.С. Бабаєв.** Шляхи підвищення енергоефективності тепlopостачання районів міст за рахунок комплексної модернізації інженерних систем будівель // Холодильна техніка та технологія. – 2024. – Т. 60, №1. – С. 45-52.

10. **Balasanian G., Klymchuk O., Babaiev Y., Semenii A.** Improving the Efficiency of Heating Systems of Buildings Due to Intermittent Heating // Lecture

Notes in Civil Engineering. – 2023. – Vol. 290. – P. 162-170.

11. **Г.В. Лужанська, Є.С. Бабаєв, М.І. Сергєєв, О.О. Паламарчук, О.Л. Фуркаленко** Підвищення ефективності роботи автономних систем тепlopостачання для індивідуального опалення з застосуванням теплових насосів // Холодильна техніка та технологія. – 2024. – Т. 60, №3. – С. 197-204.

12. **Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А.** Вплив переривчастих режимів опалення на динаміку енергопотребити та умови комфортності будівель із різним рівнем теплового захисту // Наукові вісті КПП: міжнародний науково-технічний журнал. – 2019. – № 4(126). – С. 7–16.

13. **Баласанян Г.А., Климчук О.А., Семеній А.А., Бабаєв Є.С., Саченко Л.В.** Моделювання режиму переривчастого опалення будівлі навчального корпусу // Праці Одеського політехнічного університету. – 2021. – Вип. 2(64). – С.22-27

14. **Климчук О.А., Денисова А.Є., Баласанян Г. А.** Комплексний підхід до впровадження переривчастого тепlopостачання в будівлях громадського призначення // Вісник НТУ «ХПІ». Серія "Моделювання як інструмент інноваційного розвитку". – 2017. – № 41. – С. 52-57.

Отримана в редакції 15.02.2026, прийнята до друку 03.03.2026

Increasing the efficiency of the heat supply system of public buildings taking into account the operation modes

Sergii Gryshchenko^{1✉}, Oleksandr Klymchuk²

¹⁻²National University "Odesa Polytechnic", 1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine

✉ e-mail: ¹segrischi@gmail.com

ORCID: ¹<http://orcid.org/0009-0001-1314-8480>; ²<http://orcid.org/0000-0002-5207-7259>

The paper analyzes the current state of scientific research on heat supply of public buildings. It is shown that there is an urgent need to find ways to reduce the consumption of traditional energy resources based on fossil fuels, and to introduce new solutions into existing heat supply systems using renewable energy sources and taking into account the operating modes of buildings. The current state of energy-efficient technologies requires a lot of attention to the operating modes of buildings of various types of purpose. Thus, public buildings usually have a heterogeneous schedule of heat consumption for the needs of the main heat consumers, namely: heating, ventilation and hot water supply, both during the working day and during the week. It is proved that for the considered public buildings it is necessary to perform additional theoretical and experimental studies to determine the rational operating modes of heat supply systems with variable thermal modes of heat consumers. In the paper, based on a specific example, a study of the operation of a combined heat supply system of a public building was conducted. The paper shows that the effective functioning of the heat supply system is associated with the possibility of precise temperature control in different rooms. According to the results of the mathematical modeling of the operating modes of the combined heat supply system, the daily heat load graphs of the heating system and

the discharge-charge of the heat accumulator were obtained. The results of the study of the dependence of the maximum power of the main heat source in different heating modes and with the presence or absence of daily heat accumulation when changing the external temperature were obtained. The results obtained allow to increase the efficiency of the use of both traditional and renewable energy sources for the needs of heat supply of public buildings with variable operation schedules.

Keywords: Combined heat supply; Renewable heat sources; Heat accumulators; Operating modes of heat supply systems.

References

1. Zhovtyansky, V.A., Kulyk, M.M., Stogniy, B.S. (2006) Energy Saving Strategy in Ukraine: Analytical and Reference Materials in 2 Volumes: General Principles of Energy Saving. K: Akadempriodyka, 1, 510.
2. Concept of the "Green" Energy Transition of Ukraine by 2050, Ministry of Energy and Mineral Resources, 2020. Retrieved 15 February 2026 from <https://bit.ly/2tR0P7n>
3. Energy Efficiency of Buildings in Ukraine. Retrieved 15 February 2026 from <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivlua.html>
4. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency. Retrieved 15 February 2026 from https://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2.doc
5. Honcharuk, I., Babyna, O. (2020) Dominant trends of innovation and investment activities in the development of alternative energy source. *Eastern European Scientific Journal*, 2 (54), 6-13.
6. Dolinsky, A.A., Basok, B.I., Bazeev, E.T. (2012) Regional programs for the modernization of municipal heat and power engineering - an innovative basis for technological renewal of heat supply in settlements of Ukraine. Part 2. Municipal and industrial heat and power engineering. K.: Institute of Technical Thermal Physics of the NAS of Ukraine, 34,3, 52-61.
7. European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. Retrieved 15 February 2026 from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
8. Klymchuk, O., Wudwud, O., Babaiev, Y., Sergeiev M., Aksyonova I. (2022) Increasing the efficiency of using centralized heat supply systems during the reconstruction of heat networks. *Proceedings of the Odessa Polytechnic University*, 2(66), 44-51.
9. Pozdnyakova, G., Babaiev, Y. (2024) Ways to increase the energy efficiency of heat supply of city districts through comprehensive modernization of engineering systems of buildings. *Refrigeration engineering and technology*, 60, 1, 45-52.
10. Balasanian, G., Klymchuk, O., Babaiev, Y., Semenii, A. (2023) Improving the Efficiency of Heating Systems of Buildings Due to Intermittent Heating. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 290, 162-170.
11. Luzhanska, G., Babayev Y., Sergeyev, M., Palamarchuk, O., Furkalenko O. (2024) Increasing the efficiency of autonomous heat supply systems for individual heating using heat pumps. *Refrigeration engineering and technology*, 60, 3, 197-204.
12. Deshko, V.I., Bilous, I.Yu., Buyak, N.A. (2019) The influence of intermittent heating modes on the dynamics of energy consumption and comfort conditions of buildings with different levels of thermal protection. *Scientific News of KPI: International Scientific and Technical Journal*, 4(126), 7-16.
13. Balasanyan, G.A., Klymchuk, O.A., Semenii, A.A., Babayev, Y.S., Sachenko, L.V. (2021) Modeling of the intermittent heating regime of the educational building. *Proceedings of the Odessa Polytechnic University*, 2(64), 22-27.
14. Klymchuk, O.A., Denisova, A.E., Balasanyan, G. A. (2017) A comprehensive approach to the implementation of intermittent heat supply in public buildings. *Bulletin of NTU "KhPI". Series "Modeling as a tool for innovative development"*, 41, 52-57.

Received 15 February 2026

Approved 03 March 2026

Available in Internet 31 March 2026