

СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано сучасні підходи до підвищення енергоефективності систем опалення будівель. Ознайомлено з принципами функціонування автоматизованих, локальних, поквартирних, переривчастих і низькотемпературних систем опалення. Виконано оцінку їх енергетичної ефективності та доцільності застосування в сучасних умовах проєктування та експлуатації будівель. Розглянуто можливості зниження тепловтрат за рахунок автоматичного регулювання теплових потоків і локалізації теплопостачання. Встановлено, що автоматизовані системи дають змогу скоротити споживання теплоти на 10–15%, а локальні системи – на 20–30%. Проаналізовано особливості впровадження переривчастого опалення, що забезпечує додаткову економію до 30% енергії. Окрему увагу приділено системам низькотемпературного опалення, які ефективно працюють із теплонасосними установками, сонячними колекторами та системами рекуперації тепла. Визначено їх переваги, недоліки та перспективи впровадження в Україні станом на 2025 рік. Зроблено висновок, що впровадження низькотемпературних і автоматизованих систем є пріоритетним напрямом розвитку енергоефективного будівництва, який відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ EN 16798-3:2019 і завданням Національної стратегії з енергоефективності до 2030 року.

Ключові слова: опалення, енергоефективність, автоматизація, локальні системи, низькотемпературні системи, теплові насоси, економія енергії.

Abstract

The paper analyzes modern approaches to increasing the energy efficiency of building heating systems. The principles of functioning of automated, local, apartment, intermittent and low-temperature heating systems are introduced. Their energy efficiency and feasibility of application in modern conditions of building design and operation are assessed. The possibilities of reducing heat loss through automatic regulation of heat flows and localization of heat supply are considered. It is established that automated systems allow reducing heat consumption by 10–15%, and local systems by 20–30%. The features of implementing intermittent heating, which provides additional savings of up to 30% of energy, are analyzed. Special attention is paid to low-temperature heating systems that effectively work with heat pump units, solar collectors and heat recovery systems. Their advantages, disadvantages and prospects for implementation in Ukraine as of 2025 are determined. It was concluded that the implementation of low-temperature and automated systems is a priority area for the development of energy-efficient construction, which meets the requirements of DBN V.2.6-31:2021 and DSTU EN 16798-3:2019 and the objectives of the National Energy Efficiency Strategy until 2030.

Keywords: heating, energy efficiency, automation, local systems, low-temperature systems, heat pumps, energy saving.

Вступ

Системи опалення належать до основних споживачів теплоти в процесі експлуатації будівель у зимовий період. Тому для проєктованих і реконструйованих будівель важлива розробка пропозицій щодо зниження споживання енергії системами опалення та їх практична реалізація.

Основним напрямом підвищення енергоефективності систем опалення є застосування технічних рішень та обладнання, що дозволяють підтримувати, усувати та скорочувати надлишкове нагрівання або надлишкове охолодження приміщень.

Світовий досвід проєктування, будівництва та експлуатації енергоефективних будівель показує, що скорочення витрат на енергопостачання систем опалення досягається шляхом використання [1]:

- регульованих, автоматизованих систем;
- локальних систем;
- переривчастого опалення;
- низькотемпературне опалення та інше.

Результати дослідження

Автоматизоване регулювання систем опалення

Істотне зменшення тепловитрат досягається застосуванням автоматичного регулювання теплового потоку, що надходить у систему опалення. Регулювання подачі теплоти можна здійснювати в системі будівлі в цілому, у пофасадних частинах системи, горизонтальних поверхових гілках або шляхом індивідуального регулювання окремих опалювальних приладів.

Автоматизоване регулювання водяного опалення будівлі в цілому, яке здійснюється в тепловому пункті при введенні зовнішніх теплопроводів, дозволяє коригувати графік центрального якісного регулювання та частково враховувати теплонадходження від сонячної енергії. У системі водяного опалення житлового будинку за рахунок коригування подачі можна заощаджувати до 6...7% теплоти за опалювальний сезон.

Автоматизоване регулювання пофасадних систем опалення скорочує витрати теплоти на будівлю до 10...12% порівняно з витратами при якісному центральному регулюванні. Натурні дослідження 12-ти поверхового житлового будинку в сонячний день при температурі зовнішнього повітря - 3 ... - 5 °С показали, що витрата теплоти в приміщеннях південно-східного фасаду зменшився в 2 рази в порівнянні з витратою при центральному регулюванні. При пофасадному регулюванні контроль роботи гілок системи опалення проводять за трьома чотирма приміщеннями, що зазвичай недогріються.

Більш ефективним для економії теплової енергії є автоматичне регулювання подачі теплоти в окремі великі приміщення або квартири горизонтальними поверховими гілками системи водяного опалення. При поверховому регулюванні температура повітря в приміщеннях, що обслуговуються, підтримується на заданому рівні за допомогою регуляторів прямої дії з точністю $\pm 1,5$ °С.

Аналогічно за ефективністю автоматичне регулювання індивідуальними регуляторами, що встановлюються на теплопроводах опалювальних приладів. При такому способі регулювання корисно використовуються теплонадходження до приміщень від людей, побутових приладів, сонячної енергії, електричного освітлення та обладнання та інших джерел, а також враховується дія вітру [1, 2].

Локальні системи опалення

Ефектним прийомом економії теплоти в будинках є використання локальних систем опалення. У будинках промислового призначення зменшення енергоспоживання системами опалення здійснюється за рахунок усунення перетопів верхньої зони приміщень шляхом влаштування локальних систем. Одним з перспективних напрямків є застосування систем, в яких як паливо використовується газ, наприклад, систем опалення з газовими інфрачервоними випромінювачами. Завдяки особливостям формування теплового режиму, гнучкості управління річна витрата теплоти в приміщеннях, що обігріваються, порівняно з традиційними системами опалення нижче на 20...30 %.

До локальних систем слід зарахувати і поквартирні системи опалення в багатоповерхових житлових будинках. Вони можуть керуватися мешканцями квартир без впливу на опалення сусідніх приміщень та забезпечують поквартирний облік витрати теплоти. Таким чином, одночасно вирішуються завдання забезпечення мікроклімату приміщень та економії енергії. У поквартирних системах опалення найбільш поширені променева розводка трубопроводів та периметральна (рис. 1).

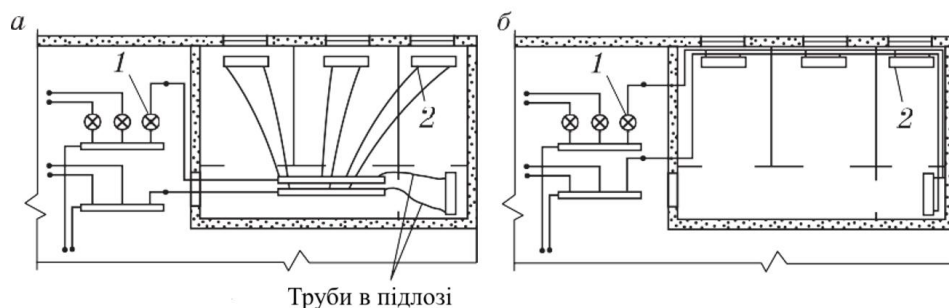


Рис. 1. Схеми поквартирного опалення:

а – променева; б – периметральна; 1 – прилад обліку витрати теплоти, 2 – опалювальний прилад

У периметральній схемі трубопроводи монтуються вздовж стін приміщень або відкрито або в лотках. Ця схема вимагає меншої кількості трубопроводів, причому можуть бути використані як

металеві, так і полімерні (металополімерні) труби. При променевій схемі металополімерні або полімерні трубопроводи укладаються у стяжку підлоги. Кожен опалювальний прилад приєднується до колекторів, що подають і обернуть, і регулюється автономно. Введення поквартирних систем об'єднуються на сходовому майданчику колекторами подавального та зворотного стояків системи опалення будівлі та через індивідуальний тепловий пункт з'єднуються з тепловими мережами.

Поквартирні системи опалення можуть бути і з індивідуальними теплогенераторами – автоматизованими котлами повної заводської готовності, що працюють на паливі. Найбільш перспективними є проточні двоконтурні системи з настиінними газовими котлами, які мають атмосферний палиник низького тиску та «закриту» топку. Використовуються теплогенератори як традиційного виконання, так і з конденсацією водяної пари димових газів [2, 3].

Переривчасте опалення будівель

Опалення будівель може бути постійним або уривчастим (періодичним). Переривчасте опалення застосовують у будинках зі змінним тепловим режимом, знижуючи або повністю відключаючи подачу теплоти в систему. Про організацію переривчастого опалення можна судити за графіками зміни температури та подачі теплоти у добовому циклі для житлових будівель (рис. 2).

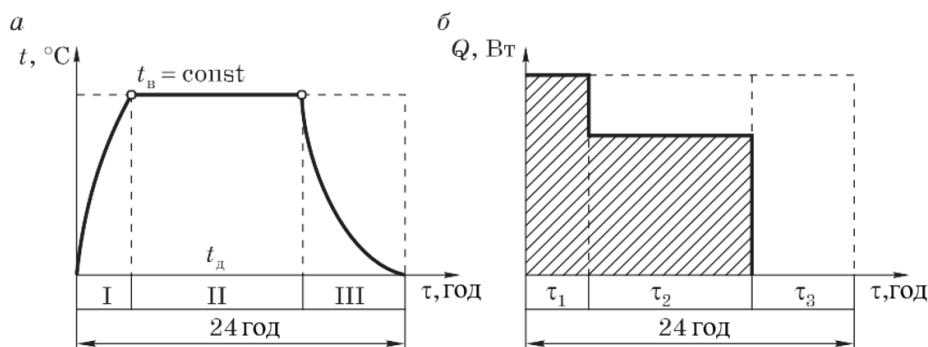


Рис. 2. Денний цикл зміни температури (а) та споживання теплоти (б) при переривчастому опаленні: τ_1 – час початку роботи системи опалення; τ_2 – час встановленого режиму; τ_3 – час охолодження

Добовий цикл має три частини:

I – початок роботи системи опалення (період натопу; температура в приміщенні підвищується від початкової допустимої t_d до t_b ;

II – час встановленого режиму; температура у приміщенні утримується постійному рівні;

III – припинення підведення теплоти в приміщення, охолодження приміщення та зниження температури до значення t_d .

З діаграми споживання теплоти при переривчастому опаленні видно, що тепловий потік на початку циклу більше, ніж під час режиму, що є необхідним, якщо необхідна в приміщенні температура повинна бути досягнута за короткий час.

Уривчаста подача теплоти викликає періодичні зміни температури в приміщенні, які залежать від величини та тривалості теплонадходжень. Мінімальна температура, що встановлюється до кінця періоду зниження або відключення опалення, залежить від теплостійкості та теплозахисних якостей зовнішніх огорож приміщення. Теплостійкість приміщення – це його здатність зменшувати коливання температури внутрішнього повітря при коливаннях теплонадходжень. Чим вище теплостійкість та теплозахисні властивості огорож приміщення, тим менше помітно охолодження його при відключенні опалення або зменшенні подачі теплоти. У той же час, при підвищенні теплостійкості приміщення економія теплоти в умовах переривчастого опалення може зменшуватися. Це з збереженням рівня тепловтрат через огороження внаслідок вищої температури у приміщенні.

На промислових підприємствах система переривчастого опалення може бути повітряною, коли установки припливної вентиляції в режимі рециркуляції використовуються для натопу. Гнучкішою в експлуатації є двокомпонентна система комбінованого опалення. Така система складається з основної частини у вигляді водяного опалення та догрівуючої частини повітряного опалення для натопу. Водяне нерегульоване опалення призначене для постійного використання з вирівнюванням теплонестачі в

приміщеннях будівлі, що окремо розташовані. Повітряне опалення здійснюється установкою вентиляції припливу в рециркуляційному режимі.

Роботу частини системи опалення, що догріває, автоматизують для витримання розрахункового режиму. На випадок різкого зниження температури зовнішнього повітря в контрольних приміщеннях встановлюють датчики мінімальної температури. За сигналом від них частина системи опалення, що догріває, включається в додатковому режимі натопу приміщень. Ці ж датчики використовуються у недільні та святкові дні. Загальна економія теплоти протягом опалювального сезону при переривчастому опаленні різних будівель становить 20...30 % порівняно з витратами на постійне опалення [4, 5].

Системи низькотемпературного опалення

До низькотемпературних систем опалення відносять системи, температура теплоносія на вході до яких не перевищує 70 °С. У таких системах можуть використовуватися як традиційні, так і нетрадиційні джерела теплоти (сонячна енергія, теплота газів, що відходять, або низькопотенційних середовищ — води, повітря, ґрунту) [12].

Залежно від способу нагрівання теплоносія системи низькотемпературного опалення поділяють на однокомпонентні, що мають однотипні генератори, і комбіновані, які поєднують різнотипні джерела енергії (наприклад, теплонасосна установка разом із електричним або газовим котлом).

Низькотемпературні системи водяного опалення, як правило, виконуються насосними, оскільки гравітаційний тиск при малих температурних перепадах є недостатнім. За конструктивним виконанням вони подібні до традиційних систем, однак характеризуються двотрубною схемою циркуляції, підвищеною площею теплообмінних поверхонь і можливістю використання відкритого розширювального бака.

У разі застосування нетрадиційних теплоджерел періодичної дії (сонячних колекторів, рекупераційних установок, теплоти технологічних процесів) до складу системи вводять теплоаккумулятори, які забезпечують стабільність подачі тепла при змінних зовнішніх умовах.

Станом на 2025 рік в Україні спостерігається активне впровадження низькотемпературних систем у житловому, громадському та промисловому будівництві. Зокрема, теплі підлоги, стінові панелі та стельові радіаційні системи широко застосовуються у нових енергоефективних будівлях. Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» і ДСТУ EN 16798-3:2019, такі системи рекомендовані як базові для будівель класів енергоефективності «А» і «А+» [6–11].

У промисловому секторі України, зокрема на підприємствах харчової, фармацевтичної, ювелірної та електронної промисловості, низькотемпературне опалення інтегрується з теплонасосними системами та рекуператорами, що дозволяє зменшити енергоспоживання на 30–50 % порівняно з традиційними схемами. Впровадження таких технологій підтримується в межах Національної стратегії з енергоефективності до 2030 року та Державної програми термомодернізації будівель, що стимулює розвиток регіональних проєктів із використанням низькопотенційних джерел енергії (ґрунтові, ґрунтово-водяні, повітряні теплові насоси). Таким чином, низькотемпературні системи опалення стають ключовим напрямом розвитку енергоефективного будівництва в Україні, сприяючи зменшенню викидів CO₂, підвищенню комфорту користувачів та оптимізації експлуатаційних витрат будівель.

Переваги низькотемпературних систем опалення [13, 14, 15]:

- Висока енергоефективність: завдяки роботі при низьких температурах теплоносія зменшуються втрати тепла і підвищується коефіцієнт корисної дії систем.
- Сумісність із відновлюваними джерелами енергії: системи ефективно працюють у поєднанні з тепловими насосами, сонячними колекторами та системами рекуперації тепла.
- Підвищений комфорт: рівномірний розподіл температури по висоті приміщення забезпечує комфортні умови без локальних перегрівів або охолоджень.
- Зменшення експлуатаційних витрат: зниження температурного режиму дозволяє економити енергію на 20–40 %.
- Довговічність обладнання: менші температурні навантаження на елементи системи подовжують строк їхньої служби.
- Екологічність: зниження споживання первинної енергії веде до скорочення викидів парникових газів.

Недоліки низькотемпературних систем опалення [13, 14, 15]:

- Вища вартість монтажу: необхідність використання більшої площі теплообмінних поверхонь (наприклад, підлогове або стінове опалення) збільшує початкові інвестиції.
- Інерційність системи: через значну теплоємність конструкцій (підлога, стіни) система повільно реагує на зміну температури.
- Потреба в якісній теплоізоляції: ефективність системи залежить від енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі.
- Обмеження при реконструкції старих будівель: встановлення підлогових або стінових контурів часто вимагає капітального ремонту або перепланування.

Висновки

Проведений аналіз показує, що підвищення енергоефективності систем опалення будівель досягається комплексним застосуванням сучасних технічних рішень — автоматизованого регулювання теплових потоків, локальних та поквартирних систем, переривчастих режимів опалення, а також низькотемпературних систем на базі відновлюваних джерел енергії. Автоматизовані системи управління тепlopостачанням забезпечують оптимальний баланс між комфортом мікроклімату і мінімальним споживанням енергії. Їх впровадження дозволяє скорочувати тепловтрати в будівлях на 10–15%, знижуючи сезонне споживання теплоти без втрати температурного комфорту.

Локальні та поквартирні системи опалення довели свою ефективність у житловому та промисловому секторі, забезпечуючи можливість індивідуального регулювання, точного обліку енергії та справедливого розподілу витрат між користувачами. Застосування таких систем дає змогу зменшити витрати теплоти на 20–30%, особливо у великих або нерівномірно опалюваних приміщеннях.

Переривчасті режими опалення, поєднані з автоматичним керуванням, забезпечують додаткове скорочення енергоспоживання до 30%, що особливо важливо для промислових підприємств та будівель із періодичним тепловим навантаженням.

Низькотемпературні системи опалення, які набувають все більшого поширення в Україні станом на 2025 рік, є одним із ключових напрямів розвитку енергоефективного будівництва. Їх поєднання з тепловими насосами, системами рекуперації та сонячними колекторами забезпечує високу ефективність використання енергії, зменшує викиди CO₂ та дозволяє досягати стандартів енергоефективності класу «А» і «А+» відповідно до сучасних вимог ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ EN 16798-3:2019.

Разом ці рішення формують основу для переходу будівельного сектору України до сталого, екологічного та технологічно досконалого етапу розвитку. Впровадження інтелектуальних систем керування, використання відновлюваних джерел енергії та модернізація теплотехнічної інфраструктури відповідають цілям Національної стратегії з енергоефективності до 2030 року і створюють передумови для подальшого зниження енергоємності української економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук В.А. Тепlopостачання: навчальний посібник. / В.А. Ковальчук, Т.С. Мацнєва. – Рівне: НУВГП, 2013. – 300 с.
2. Ткаченко С. Й. Екологічні аспекти виробництва енергії / С. Й. Ткаченко, Л.А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 83 с.
3. Слободян Н.М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції: навч. Посіб. / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. – Вінниця, ВНТУ, 2016. – 110 с.
4. Теоретичні засади та загальна концепція енергоефективного будівництва / О.І. Ободянська, Р.І. Пономаров // І науково-технічна конференція ФБТЕГП ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/11845>.
5. Переваги та недоліки дахової котельні / Ратушняк Г.С., Ободянська О.І., Гончарук В.С.// Міжнародна науково-технічна конференція «Інноваційні технології в будівництві» Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2024. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/view/22486>.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. — Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. — 72 с.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. — 147 с.
8. ДСТУ ISO 52016-1:2020. Енергетичні характеристики будівель. Розрахунок енергоспоживання та температури приміщень. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. — 120 с.
9. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. — 42 с.
10. Національна стратегія з енергоефективності до 2030 року. — Київ: Міністерство енергетики України, 2023. — 56 с.
11. Постанова Кабінету Міністрів України № 1228 від 21.11.2023 р. Про затвердження Державної програми термомодернізації будівель на 2024–2030 роки. — Київ: Урядовий кур'єр, 2023.

12. Низькопотенційна енергетика: навчальний посібник / А.О. Редько та ін.; Під ред. Академіка НАНУ А.А. Долинського. – Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. – 412 с.
13. Слободян Н. М., Ободянська О. І., Гончарук В. О. Вибір повітряних теплових насосів для систем автономного теплопостачання // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2025. № 1. С. 176–184.
14. Використання енергії навколишнього середовища за допомогою теплових насосів / О.І. Ободянська, О.А. Іванов, К.Р. Войновський // Міжнародна науково-технічна конференція «Інноваційні технології в будівництві» (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10834>.
15. Екологічні проблеми при використанні альтернативних джерел енергії / О.І. Ободянська, В.В. Грибик // LI науково-технічна конференція ФБЦЕІ ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15191>.

Ободянська Ольга Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: olha.obodyanska@i.ua.

Блеянюк Артем Олегович – здобувач групи ТГ-24м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, e-mail: bleyanyuk2004@gmail.com.

Obodyanska Olha – PhD, associate professor of department of engineering systems in construction Vinnytsia National Technical University, ORCID: 0000-0003-4464-3537, email: olha.obodyanska@i.ua.

Bleianiuk Artem – student group TG-24 of the Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: bleyanyuk2004@gmail.com.