УДК 697.1:621.18

Ободянська О.І.
Панченко Є.С.

ІНТЕГРАЛЬНИЙ КРИТЕРІЙ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі виконано розширений техніко-економічний аналіз найбільш поширених типів сучасних опалювальних приладів із урахуванням їх санітарно-гігієнічних характеристик та експлуатаційних особливостей. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних рішень для зниження непродуктивних втрат теплової енергії в системах опалення будівель та підвищення загальної енергоефективності теплопостачання. На основі запропонованих критеріїв сформовано підхід до обґрунтованого вибору опалювальних приладів з позиції технічної доцільності та економічної ефективності.

Ключові слова: опалювальний прилад, теплова енергія, система теплопостачання, теплова інерційність, теплова потужність, теплоенерговміст, техніко-економічна ефективність.

Abstract

The paper presents an extended techno-economic analysis of the most commonly used types of modern heating devices, taking into account their sanitary and hygienic characteristics as well as operational features. The study is aimed at identifying optimal solutions for reducing unproductive heat losses in heating systems and improving overall energy efficiency of heat supply. Based on the proposed evaluation criteria, an approach to the justified selection of heating devices from both technical and economic perspectives has been developed.

Keywords: heating device, thermal energy, heating system, thermal inertia, heating capacity, heat content, techno-economic efficiency.

Вступ

Одним із перспективних напрямів підвищення енергоефективності будівель є впровадження технологій сезонного акумулювання теплоти. Суть такого підходу полягає у накопиченні надлишкової теплової енергії в теплий період року з подальшим її використанням у холодний сезон для потреб опалення. Однак сам факт наявності сезонного акумулятора не гарантує раціонального використання накопиченого ресурсу. Важливою умовою є побудова такої системи опалення, яка дозволить мінімізувати втрати тепла та забезпечити ефективну його передачу до споживача [1].

Найближчим до кінцевого користувача елементом системи теплопостачання є опалювальний прилад. Саме він забезпечує безпосередню передачу теплоти в приміщення та формує мікрокліматичні умови. З огляду на це процес проєктування системи опалення, як правило, починається з вибору типу та параметрів опалювальних приладів, а також визначення їх розташування у приміщенні. На цьому етапі виникає необхідність об’єктивного техніко-економічного порівняння різних варіантів, представлених на сучасному ринку. Незважаючи на різноманітність конструктивних рішень, матеріалів виготовлення та дизайнерського оформлення, усі опалювальні прилади виконують одну базову функцію – підтримання у приміщенні нормативної температури повітря та забезпечення теплового комфорту людини. Водяні опалювальні прилади, що набули найбільшого поширення, умовно поділяють на шість основних груп: чавунні радіатори; сталеві панельні; алюмінієві; біметалеві; мідно-алюмінієві радіатори; а також конвектори різних типів [2].

У практиці вибору опалювальних приладів довгий час застосовувався лише один узагальнений показник – теплове напруження металу. Проте цей параметр є малозрозумілим для широкого кола споживачів і не дає вичерпної інформації щодо економічної доцільності використання конкретного виробу. Саме тому виникає потреба у формуванні більш інформативного критерію оцінювання, який поєднував би технічні та економічні аспекти і був доступним для практичного застосування. У межах дослідження запропоновано здійснювати порівняння за такими основними показниками [3, 10]:

- інерційність опалювального приладу;
- питома вартість 1 кВт номінальної теплової потужності;
- питомий об’єм теплоносія;
- питома маса приладу або окремої секції.

Результати дослідження

Особливе значення має показник інерційності, оскільки саме він впливає на величину непродуктивних тепловтрат. Чим швидше опалювальний прилад реагує на зміну температурних умов у приміщенні (наприклад, при спрацюванні термостатичного клапана або іншого автоматичного регулятора), тим менше теплової енергії витрачається без корисного ефекту. Отже, з позиції енергозбереження доцільно віддавати перевагу приладам із мінімальною інерційністю.

Інерційність можна розглядати у двох аспектах — тепловому та часовому. Теплова інерційність характеризує кількість теплоти, що акумулюється в самому приладі, тобто його теплоенерговміст. Вона складається з тепловмісту матеріалу корпусу та тепловмісту теплоносія, який циркулює всередині. Для можливості коректного порівняння різних типів приладів запропоновано визначати відносний теплоенерговміст — показник, що дорівнює відношенню повного теплоенерговмісту до номінальної теплової потужності [4, 7].

Часова інерційність, у свою чергу, відображає тривалість охолодження приладу після припинення подачі теплоносія та також визначається через співвідношення теплоенерговмісту до теплової потужності. Менше значення цього параметра свідчить про швидшу адаптацію системи до змін режиму роботи.

Важливим економічним показником є питома вартість встановленої теплової потужності, яка визначається як приведена до строку експлуатації вартість 1 кВт теплової потужності приладу. Такий підхід дозволяє врахувати не лише початкові інвестиційні витрати, а й тривалість ефективної роботи обладнання [5. 8].

На основі зазначених параметрів сформовано інтегральний показник техніко-економічної ефективності, який являє собою середньозважену величину, що поєднує грошовий еквівалент теплової інерційності та питомої вартості встановленої потужності. Використання цього критерію дозволяє отримати узагальнену кількісну оцінку доцільності застосування того чи іншого типу опалювального приладу.

У дослідженні виконано порівняння як між різними типами приладів, так і всередині окремих груп. Аналіз охоплював алюмінієві секційні радіатори іноземного виробництва, мідно-алюмінієві радіатори, сталеві панельні, чавунні та біметалеві секційні радіатори, а також конвектори вітчизняних і зарубіжних виробників.

Отримані результати свідчать про те, що з точки зору інтегральної техніко-економічної оцінки найбільш ефективними для сучасних енергоощадних систем є конвектори та мідно-алюмінієві радіатори. Особливо актуальним їх застосування є у випадках обмеженої кількості доступної теплової енергії, наприклад, при використанні теплоти, накопиченої у сезонному акумуляторі.

Разом із тим, при виборі конвекторів слід враховувати санітарно-гігієнічні аспекти їх експлуатації, оскільки між теплообмінними пластинами можливе накопичення пилу, що може негативно впливати на якість повітря в приміщенні. З цієї причини у багатьох випадках доцільніше надавати перевагу мідно-алюмінієвим радіаторам, які поєднують високу тепловіддачу з кращими гігієнічними характеристиками [6, 9].

Навіть у ситуаціях, коли вибір обмежений умовами експлуатації (тиск у системі, якість теплоносія, архітектурні вимоги тощо), проведення техніко-економічного аналізу дозволяє визначити найбільш раціональні моделі в межах конкретної групи. Зокрема, серед алюмінієвих радіаторів високі показники ефективності демонструє модель Sira AMBRA 500 (Італія), серед біметалевих — HERTZ 500/80 (Польща). Навіть у сегменті чавунних приладів модель Kiran 92/500 (Туреччина) за інтегральним показником наближається до біметалевих аналогів. Серед мідно-алюмінієвих радіаторів найкращі результати отримано для Термія КСК 40/100К (Україна, м. Вінниця).

Висновки

Таким чином, запропонований підхід до оцінювання дозволяє підвищити обґрунтованість вибору опалювальних приладів та сприяє раціональному використанню енергоресурсів у сучасних системах теплопостачання. Запровадження інтегрального техніко-економічного показника створює можливість комплексно враховувати як технічні параметри приладу (теплову та часову інерційність, теплоенерговміст, об’єм теплоносія, масу), так і економічні чинники, зокрема питому вартість встановленої теплової потужності з урахуванням строку експлуатації.

Отримані результати підтверджують, що вибір опалювального приладу повинен здійснюватися не лише на основі номінальної теплової потужності або вартості виробу, а з урахуванням його динамічних характеристик та здатності ефективно працювати в умовах автоматизованого регулювання. Зменшення інерційності системи дозволяє скоротити непродуктивні тепловтрати, підвищити точність підтримання температурного режиму та забезпечити більш економне використання акумульованої або генерованої теплової енергії.

Дослідження показало, що у випадках обмежених енергетичних ресурсів, зокрема при використанні теплоти сезонних акумуляторів, доцільним є застосування опалювальних приладів із низьким показником відносного теплоенерговмісту та високою питомою тепловіддачею. Саме такі характеристики забезпечують швидку реакцію системи на зміну теплового навантаження та зменшують перевитрати енергії.

Окрему увагу слід приділяти санітарно-гігієнічним аспектам експлуатації опалювальних приладів, оскільки конструктивні особливості можуть впливати на якість повітря у приміщенні. Таким чином, при остаточному виборі необхідно враховувати не лише енергетичні та економічні показники, а й умови обслуговування, довговічність, екологічну безпеку та відповідність нормативним вимогам.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна стверджувати, що застосування комплексного техніко-економічного підходу створює передумови для підвищення ефективності систем опалення будівель, оптимізації капітальних та експлуатаційних витрат і забезпечення стабільного теплового комфорту споживачів. Запропонована методика може бути використана як на стадії проєктування нових систем теплопостачання, так і при модернізації існуючих інженерних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малявина О. М. Опалення : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня денної і заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція» / О. М. Малявіна, В. А. Міланко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 96 с.
2. Самойленко І. О. Енергетичний менеджмент та енергоефективність / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець. – Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. – 348 с.
3. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
4. Теоретичні засади та загальна концепція енергоефективного будівництва / О.І. Ободянська, Р.І. Пономаров // L 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. Енергоефективність багатоквартирних будівель/ О.І. Ободянська // 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/15243.
6. Панкевич О. Д. Теплопостачання: навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О.В. Титко. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 85 с.
7. Слободян Н.М. Організація та технологія проєктування систем теплопостачання та вентиляції: навчальний посібник / Слободян Н.М., Панкевич О.Д., Ободянська О.І. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 102 с.
8. Пусконалагоджувальні роботи в інженерних системах / О.І. Ободянська // // LIII науково-технічна конференція ФБЦЕІ ВНТУ (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2024. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20526/17023.
9. Енергоефективні будинки та споруди / О.І. Ободянська, В.В. Грибик, А.Я. Панченко // Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України» (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2021. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/14058.
10. Шляхи зменшення енергозалежності України / О.І. Ободянська, К.Л. Харчилава // Енергоефективність в галузях економіки України: збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції (Вінниця, 12-14 листопада 2019 року) – 2019 – С. 250-252. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/view/8242.

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.

Панченко Євгеній Сергійович **–** студент групи СМ-22б факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету.

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.

Panchenko Yevheniy – student group SM-22b of the Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsa National Technical University.