

DOI: 10.6084/m9.figshare.9783254

УДК 697.2

**Москвітінна Анна Сергіївна**Асистент, [orcid.org/0000-0003-3352-0646](https://orcid.org/0000-0003-3352-0646)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Любарець Олександр Петрович**

Кандидат технічних наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Предун Костянтин Миронович**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції,

[orcid.org/0000-0002-2634-9310](https://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ПОРІВНЯННЯ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В СУЧАСНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

***Анотація.** Проблема раціонального використання теплової енергії для опалення будівель і споруд потребує створення енергоефективних систем. Водночас експлуатація таких систем нерозривно взаємопов'язана з конструктивним вирішенням зовнішньої оболонки будівлі. Вона має бути малоінерційною для збереження як теплоти приміщень у холодний період року, так і холоду – у теплий. Основним структурним елементом системи у приміщенні є опалювальний прилад. На ринку України наявний широкий спектр різноманітних приладів: як вітчизняних, так і імпортованих. У статті запропоновано метод техніко-економічного порівняння опалювальних приладів з метою підвищення енергоефективності систем за рахунок зменшення споживання органічних палив, а отже, і теплового забруднення довкілля. Окрім традиційних критеріїв для порівняння (матеріалоемність, спосіб теплопередачі, ергономічні характеристики тощо) розглянуто також теплову інерційність опалювального приладу, питому вартість 1 кВт його номінальної встановленої теплової потужності.*

***Ключові слова:** енергоефективність; зовнішня оболонка будівлі; теплова інерційність; система опалення; опалювальний прилад; радіатор; конвектор*

### Вступ

Системи інженерного забезпечення будівель і споруд є одними із значних споживачів паливно-енергетичних ресурсів в Україні. З підписанням Угоди про асоціацію з ЄС наша держава взяла на себе ряд зобов'язань щодо зменшення витрат первинної енергії, у т.ч. і системами опалення. Поряд з цим потребує вирішення і проблема теплового забруднення довкілля, викликана збільшенням викидів парникових газів і забруднювальних речовин у атмосферне повітря. Підвищення енергоефективності будівель і споруд – основний шлях вирішення вищевказаних питань. В Україні імплементовано низку директив ЄС, а також прийнято ряд власних законодавчих актів, наприклад, [1 – 4]. Водночас з практичною реалізацією рекомендацій та вимог нормативно-правових документів виникають певні труднощі.

### Актуальність досліджень

Житловий фонд України нараховує приблизно 1,1 млрд м<sup>2</sup> загальної площі і представлений здебільшого будинками, спорудженими у 60-80 рр. минулого століття. При дешевих енергоносіях у ті

часи і системи опалення були недорогими. Вони характеризуються простотою у виконанні – це переважно однотрубні вертикальні водяні системи, загальні для всього будинку, з практично повною відсутністю можливості регулювання теплових потоків. Як опалювальні прилади використовувались лише або чавунні секційні радіатори, або сталеві конвектори. Нині такі будівлі відрізняє високий рівень витрат енергії. Наприклад, за опалювальний період 2017/18 рр. для 5-поверхового панельного житлового будинку, побудованого у 60-ті рр. минулого століття і який перебуває у І-й температурній зоні України, питомі витрати теплоти становлять 130...150 кВт-год/м<sup>2</sup>. Згідно з рекомендаціями [5] будівля має клас енергоефективності значно нижчий за мінімально допустимий «С».

### Останні дослідження та публікації

Сучасні конструктивні рішення систем опалення акцентовані на регулюванні теплових потоків як у окремому приміщенні, так і загалом

у будинку, використанні теплонадходжень від сторонніх джерел. Наприклад, при визначенні необхідної кількості теплоти для потреб опалення за певний проміжок часу враховують її надходження за рахунок сонячної радіації через світлопрозорі огороження [6], що дає змогу зменшити в кінцевому випадку споживання первинної енергії і відповідно теплове навантаження на довкілля. Одним із можливих способів скорочення таких витрат є використання акумулюючих властивостей масивних елементів будівельних конструкцій, тим більше, що вимоги ДБН [7] у холодний період року регламентують температуру повітря у приміщенні з ймовірністю 0,92. Наприклад, в роботі [8] досліджено вплив акумулюючої здатності зовнішніх огорожень на вибір теплової потужності джерела теплоти, регулювання теплових потоків у якому відбувається в комбінованому (кількісно-якісному) режимі. Все більше уваги приділяють сезонному акумулюванню сонячної енергії [9] з метою її подальшого використання для теплопостачання в перехідний та опалювальний періоди. Таким чином, сучасна система опалення перетворюється із системи з квазістаціонарними тепловим і гідравлічним режимами в систему, що активно тепло- та гідравлічно регулюється. Вона повинна реагувати на зміни параметрів навколишнього середовища і підлаштовуватися під них – зміну температури зовнішнього повітря, збільшення надходження сонячної радіації в денний час, збільшення кількості людей або працюючого обладнання в приміщенні, задане зменшення/збільшення температури внутрішнього повітря. Це означає, що ці вимоги треба обов'язково враховувати і при виборі опалювального приладу. Проаналізувавши літературні джерела [10 – 12], можна зробити висновок, що при виборі радіатора традиційно враховують такі чинники:

- архітектурно-планувальні і будівельні рішення, які визначають висоту, глибину і довжину приладу;
- розрахункову теплову потужність опалювального приладу;
- категорії виробництва в приміщеннях за вибухопожежною безпекою;
- вимоги замовника до зовнішнього вигляду приладу;
- якість теплоносія і схему підключення до системи теплопостачання (від автономного джерела чи теплового пункту, який приєднаний до теплової мережі населеного пункту);
- величину робочого тиску в тепловій мережі і системі опалення.

## Мета статті

Мета цієї роботи полягає у визначенні критеріїв порівняння опалювальних приладів для подальшого техніко-економічного аналізу на предмет використання енергоефективними системами опалення.

## Виклад основного матеріалу

На опалювальний прилад, як правило, звертають увагу лише тоді, коли він не забезпечує необхідну температуру повітря або його зовнішній вигляд порушує естетику приміщення. Саме тому з вибору та розміщення опалювальних приладів починається конструювання і монтаж системи опалення. Прилади можуть бути виготовлені з різних матеріалів, відрізнятися конструкцією, зовнішнім виглядом, але при цьому слугують одній загальній меті – підтримувати у приміщенні температурні умови на заданому комфортному рівні [10; 13].

Всі опалювальні прилади за способом передачі теплоти у приміщення поділяють на три типи: радіаційні, конвективно-радіаційні і конвективні.

Прилади радіаційного типу основну частину своєї теплоти (понад 60%) передають в навколишнє середовище за рахунок інфрачервоного випромінювання (теплової радіації). Наприклад: стельові випромінювачі, секційні масивні (чавунні) радіатори, трубчасті радіатори тощо.

До конвективно-радіаційного типу належать прилади, які передають теплоту шляхом радіації та конвекції приблизно в рівній пропорції. Це секційні алюмінієві радіатори, біметалеві радіатори, трубчасті радіатори-конвектори.

Прилади конвективного типу не менше 60% своєї теплоти передають за рахунок циркуляції повітря «знизу-вверх» через нагріту поверхню приладу. Наприклад: панельні радіатори, пластинчасті та трубчасті конвектори, ребристі труби [12].

Водяні опалювальні прилади, які широко пропонуються сьогодні, за матеріалом та конструктивними ознаками поділяють на 5 груп:

- 1 – чавунні;
- 2 – сталеві панельні, секційні, трубчасті;
- 3 – алюмінієві;
- 4 – біметалеві;
- 5 – дизайн-радіатори.

У окрему групу виділяють мідно-алюмінієві радіатори.

Природно виникає питання. Якому опалювальному приладу віддати перевагу?

Розглянемо основні характеристики опалювальних приладів.

**Чавунні радіатори** – традиційні в Україні опалювальні пристрої. Мають малу поверхню віддачі тепла і низьку теплопровідність матеріалу стінки і,

відповідно, велику теплоінерційність. Процес нагрівання відбувається переважно за рахунок випромінювання. Переваги: дешеві, матеріал корпусу нейтральний практично до всіх теплоносіїв, добре віддають тепло і витримують відносно високий тиск. Недоліки: трудомісткість монтажу, матеріалоємність, непривабливий дизайн (за виключенням деяких імпорتنих моделей), високий процент заводського браку та висока теплова інерційність, що є суттєвим недоліком для процесів регулювання у сучасних системах опалення. Теоретично достатньо довговічні, але неякісне лиття може достатньо швидко призвести до витоків теплоносія. Основна перевага вітчизняних чавунних радіаторів – низька ціна [10; 11].

**Панельні сталеві радіатори** – спроба сумістити властивості секційних радіаторів з приладами конвективного типу. Такий радіатор являє собою дві сталеві пластини, між якими циркулює теплоносіїв. Високоєфективні прилади, мають малу матеріалоємність і, відповідно, теплову інерційність, здебільшого розраховані на робочий тиск 0,6...1,0 МПа з максимальною температурою теплоносія не вище 110°C. Недолік: незначна товщина сталі 1,1...1,4 мм. Їх рекомендується використовувати в індивідуальному, малоповерховому будівництві і не рекомендується використовувати в централізованих системах опалення [12; 15].

**Алюмінієві радіатори** – більш довершена конструкція, в якій використовується матеріал з дуже високим коефіцієнтом теплопередачі у вигляді сплаву алюмінію. Мають естетичний зовнішній вигляд, низьку теплову інерційність, невелику вагу, можуть бути розраховані на високий робочий тиск. Недоліки: підвищені вимоги до хімічного складу теплоносія, оскільки підвищена лужність теплоносія і електрохімічна активність алюмінію з деякими іншими металами призводить до корозії металу. У системах з алюмінієвими радіаторами рекомендується встановлювати додаткові грязьовики та фільтри і своєчасно виконувати їх чищення та заміну. Алюмінієві радіатори намагаються виконувати якомога тоншими для кращої теплопередачі, тому вони недостатньо міцні, часто пошкодження виникають під час монтажу [12; 15].

**Біметалеві радіатори** – більш довершена конструкція, яка дозволяє використовувати всі переваги алюмінієвих радіаторів, уникаючи їх недоліків. Оригінальність конструкції біметалевого радіатора в тому, що він складається з міцного і стійкого до електрохімічної корозії сталевого трубопроводного каркасу (скелету), оребреного ззовні високоякісним сплавом алюмінію методом лиття під високим тиском. При цьому утворюється монолітне з'єднання, яке виключає можливість

контакту алюмінію з водою, отже, і корозії теж. Мають гарну тепловіддачу, невелику вагу, високий робочий тиск і корозійну стійкість, естетичні. Недолік: висока ціна. Рекомендуються для використання в централізованих системах [13; 14].

**Мідно-алюмінієві** радіатори складаються з мідно-алюмінієвого теплообмінника (мідні трубки з'єднані з алюмінієвими пластинами) та сталевого (алюмінієвого) кожуха. Радіатори, призначені для монтажу в підлогу, дійсно незамінні для фасадів із суцільним заскленням, а використання їх в якості настінних приладів викликає ряд незручностей [12].

Тобто, сучасний ринок радіаторів дуже різноманітний, тому дуже часто вибір радіатора заводить споживача в глухий кут, оскільки сталеві, чавунні, алюмінієві, біметалеві радіатори активно конкурують між собою. Важливу роль при виборі відіграє зовнішній вигляд та ціна приладу, але на першому плані все ж залишаються його технічні та експлуатаційні характеристики. Отже, строк експлуатації опалювального приладу має бути максимальний.

Однак натепер є лише один параметр оцінки опалювального приладу – теплове напруження металу. Проте ця характеристика нічого не показує споживачу. Тому стає актуальним питання техніко-економічного порівняння опалювальних приладів. Задача полягає в тому, щоб вивести критерій, який зможе використовувати кожен споживач при виборі опалювального приладу.

Пропонуємо свою методику техніко-економічного порівняння опалювальних приладів. За критерії для порівняння взято:

- інерційність опалювального приладу;
- питому вартість 1 кВт номінальної теплової потужності опалювального приладу.

Також враховуємо питомі об'єм теплоносія та масу приладу (секції).

Від інерційності опалювального приладу залежать непродуктивні тепловтрати в системі опалення. Чим швидше зреагує система на зміну температури повітря у приміщенні (реакція на дію РТК або іншого автоматичного регулятора), тим менше непродуктивних тепловтрат. З цього випливає, що інерційність опалювального приладу має бути найменшою. Інерційність опалювального приладу може бути теплова (кількість теплоти, що міститься в опалювальному приладі) і часова (час охолодження опалювального приладу).

Під тепловою інерційністю слід розуміти теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{on}$ , кДж). Складається з: тепловмісту металу опалювального приладу ( $W_m$ , кДж) та тепловмісту теплоносія в опалювальному приладі ( $W_T$ , кДж):

$$W_{on} = W_m + W_T, \text{ кДж.} \quad (1)$$

Тепловміст металу опалювального приладу залежить від: маси приладу/секції ( $M_m$ , кг), теплоємності металу, з якого виготовлено опалювальний прилад ( $c_m$ , кДж/(кг·°C)) та середньої температури опалювального приладу ( $\bar{t}_{оп}=70$  °C, при параметрах теплоносія в системі опалення 80/60 °C).

$$W_M = M_M \cdot c_M \cdot \bar{t}_{оп}, \text{кДж}. \quad (2)$$

Тепловміст теплоносія опалювального приладу залежить від: об'єму теплоносія, його теплоємності та середньої температури опалювального приладу.

$$W_T = M_T \cdot c_M \cdot \bar{t}_{оп}, \text{кДж}; \quad (3)$$

$$M_T = 0,001 \cdot V_T \cdot \rho_T, \text{кг}, \quad (4)$$

де  $M_m$  – маса теплоносія в опалювальному приладі, кг;  $V_m$  – об'єм теплоносія, л;  $\rho_m$  – густина води при  $\bar{t}_{оп}$ ; 0,001 – перевідний коефіцієнт.

Для визначення теплової інерційності різних опалювальних приладів слід звести її до числового показника, віднесеного до теплової потужності порівняно однакових опалювальних приладів ( $Q_H^{відн}$ , кВт), тобто визначити відносний теплоенерговміст опалювального приладу. Спочатку знаходимо теплову інерційність опалювального приладу ( $W_{он}$ , кДж) при його номінальній тепловій потужності ( $Q_H$ , кВт), а потім шляхом складання пропорції виходимо на відносний теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{он}^{відн}$ , кДж) при необхідній тепловій потужності ( $Q_H^{відн}$ , кВт). Найчастіше  $Q_H^{відн} = 1$  кВт. Тобто, відносний теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{он}^{відн}$ , кДж) визначається як відношення теплоенерговмісту опалювального приладу до його номінальної теплової потужності.

$$\frac{Q_H - W_{он}}{Q_H^{відн} - W_{он}^{відн}}. \quad (5)$$

Звідси

$$W_{он}^{відн} = \frac{Q_H^{відн} \cdot W_{он}}{Q_H}, \text{кДж}. \quad (6)$$

Теплову інерційність також можна виразити в грошовому еквіваленті ( $C_i$ , грн):

$$C_i = W_{он}^{відн} \cdot C_T \cdot 0,23865 \cdot 10^{-6}, \text{грн}, \quad (7)$$

де  $C_m$  – тариф на теплову енергію на опалення, грн/Гкал;  $0,23865 \cdot 10^{-6}$  – перевідний коефіцієнт.

Часова інерційність ( $I$ , с) визначається як відношення теплоенерговмісту опалювального приладу ( $W_{он}$ , кДж) до номінальної теплової потужності опалювального приладу ( $Q_H$ , кВт):

$$I = \frac{W_{он}}{Q_H}, \text{с}. \quad (8)$$

Питома вартість 1 кВт встановленої теплової потужності опалювального приладу  $C$  – це ціна 1 кВт

теплової енергії, віднесена до середнього терміну експлуатації приладу. Цей параметр допомагає вирішити питання співвідношення “ціна – якість” опалювального приладу. Тобто, який прилад вибрати: дешевший чи дорожчий? Не завжди дорожчий прилад – кращий варіант, адже можливо кращим буде варіант з більш дешевим приладом? Оскільки сучасні опалювальні прилади не є складними у встановленні і підключенні до системи опалення, тому їх неважко замінити. Користуючись цим параметром, визначимо вартість 1 кВт теплової енергії в рік, впродовж всього терміну експлуатації приладу:

$$C = \frac{3}{Q_H \cdot a}, \text{€}/(\text{кВт} \cdot \text{рік}), \quad (9)$$

де  $Q_H$  – номінальна теплова потужність опалювального приладу (секції), кВт; 3 – ціна приладу (секції), €;  $a$  – середній строк експлуатації опалювального приладу, рік.

Для дослідження показника техніко-економічної ефективності роботи приладу/ групи приладів ( $E$ , €/(кВт·рік)) грошовий еквівалент теплової інерційності  $C_i$  треба перевести в питомий грошовий еквівалент теплової інерційності опалювального приладу ( $C_i^p$ , €/(кВт·рік)). Враховуючи те, що

$$C_i = W_{он}^{відн} \cdot C_T, \quad (10)$$

$$W_{річн} = W_{он}^{відн} \cdot A, \quad (11)$$

де  $C_m$  – тариф на теплову енергію, який є константою для всіх типів опалювальних приладів;  $A$  – коефіцієнт економії теплової енергії, який залежить від регіону будівництва об'єкта і для кожного населеного пункту є сталою величиною;  $W_{річн}$  – річні витрати теплоти опалювальним приладом, ГДж.

Звідси впливає, що грошовий еквівалент теплової інерційності  $C_i$  прямо пропорційний відносному теплоенерговмісту опалювального приладу  $W_{он}^{відн}$ , а  $W_{он}^{відн}$  прямо пропорційний річним витратам теплоти опалювальним приладом  $W_{річн}$ :

$$C_i \sim W_{річн} \cdot W_{он}^{відн}. \quad (12)$$

Як наслідок:

$$C_i^p \sim C_i \cdot A. \quad (13)$$

Оскільки ми розраховуємо загальний випадок, ми не враховуємо коефіцієнт  $A$ .

Показник техніко-економічної ефективності роботи приладу, визначається як середньозважена величина питомих грошових еквівалентів теплової інерційності ( $C_i^p$ , €/(кВт·рік)) та питомої вартості 1 кВт встановленої теплової потужності опалювального приладу ( $C$ , €/(кВт·рік)):

$$E = \sqrt{C_i^p \cdot C}, \text{€}/(\text{кВт} \cdot \text{рік}). \quad (14)$$

Техніко-економічне порівняння різних типів опалювальних приладів згідно із запропонованою методикою виконано у табличній формі (таблиця).

Аналізуючи результати розрахунків, можна зробити висновки, що конвектори та мідно-алюмінієві радіатори є найефективнішими опалювальними приладами для сучасних систем опалення, коли необхідно раціонально використовувати наявні енергоресурси або в наявності обмежена кількість теплоти (наприклад, збережена в акумуляторі). Але, оскільки існують проблеми з відповідності конвекторів санітарно-гігієнічним вимогам (через накопичення пилу між пластинами), то залишаються лише біметалеві радіатори. Іноді умови експлуатації, ергономічні вимоги не дають права вибору оптимального приладу, тому в кожній їх групі (див. табл.), виконавши техніко-економічні розрахунки, можна знайти більш енергоефективні.

## Висновки

Для ефективного використання енергоресурсів будь-яка система опалення повинна реагувати на усі можливі зміни температури як навколишнього середовища, так і повітря у приміщенні у найкоротші терміни. З цієї точки зору найкращий прилад – це конвектор (з найменшою серед інших матеріалоемністю). Проте він не відповідає низці санітарно-гігієнічних вимог. А якщо аналізувати радіатори, то найефективнішими виявилися мідно-алюмінієві. Загалом кожній проаналізованій групі опалювальних приладів притаманне достатньо широке варіювання показників техніко-економічної ефективності, що дає змогу залежно від вимог технічного завдання вибрати більш ефективний. Тобто, запропонований підхід щодо порівняння різноманітних опалювальних приладів приводить до необхідного результату: забезпечення якісної послуги «опалення» при мінімальному енергоспоживанні.

## Список літератури

1. Директива Європейського парламенту та Ради 2012/27/EU «Про енергоефективність». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR\\_Directive\\_27\\_2012\\_2](http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2)
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». – 2118-VII. – К.: ВВР, 2017, №3, с.5, стаття 359.
3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kmu.gov.ua/>
5. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2017. – Чинні з 01.05.2017. – 30 с.
6. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – К.: Мінрегіон України, 2015. – Чинний з 1.01.2016. – 145 с.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – Чинні з 01.01.2014. – 141 с.
8. Предун К.М. Використання теплотійкісних властивостей огорожень будинків і споруд для зменшення потужності теплогенеруючої установки // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – К., 2001. – №16. – С. 90 – 92.
9. Любарець О.П. Вибір форми і розрахунок об'єму сезонного акумулятора теплоти / О.П. Любарець, А.С. Москвітін // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник. Відпов. ред. Е.С.Малкін. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 20. – С. 24 – 38.
10. Сканава А.Н. Отопление: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство», специальности 290700 «Теплоснабжение и вентиляция» / Л.М. Махов. – М.: АСВ, 2002. – 576 с.
11. Отопление. Оборудование и технологии. – М.: Стройинформ, 2006. – 696 с.
12. Джакомино Редонди. Новая жизнь радиаторов. – Журнал «АВОК». – 2000. – №1. – Электрон. данные. – Москва, 2000. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=84](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=84)
13. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик по відношенню до якості повітря, теплового комфорту та акустики. – К.: Мінрегіон України, 2012. – Чинний з 1.01.2013. – 40 с.
14. Юлия Захаренко-Березьянская. Украинский рынок радиаторов. Обзор. – Журнал «С.О.К.». – 2006. – №7. – Электрон. данные. – Киев, 2006. – Режим доступа: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/463/>
15. Юлия Березьянская. Радиаторы в каждый дом. – журнал «С.О.К.». – 2007. – №8. – Электрон. данные. – Киев, 2007. – Режим доступа: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/1123/>
16. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с. [https://kyivenergo.ua/ru/teotransy/teplova\\_energiya](https://kyivenergo.ua/ru/teotransy/teplova_energiya)

Стаття надійшла до редколегії 20.01.2019

Таблиця – Техніко-економічне порівняння опалювальних приладів

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Назва, тип радіатора	Потужність опалювального приладу (секції), кВт	Вартість опалювального приладу (секції), €	Середній строк експлуатації опалювального приладу (секції), рік	Маса приладу (секції), кг	Теплове напруження металу, М, кг/кВт	Об'єм теплоносія, V <sub>t</sub> , л	Питомий об'єм теплоносія, g, л/кВт	Питомий тепло-енерговміст опалювального приладу W <sub>en</sub> <sup>н,ш</sup> , кДж при Q <sub>н,ш</sub> =1кВт	Питомий грошовий еквівалент теплової інерційності опалювального приладу, C <sub>p</sub> <sup>p</sup> , €/(кВт*рік)	Показник часової інерційності опалювального приладу, I, с	Показник часової інерційності опалювального приладу, I, хв	Питома вартість опалювального приладу C, €/(кВт*рік)	Показник техніко-економічної ефективності роботи приладу E, €/(кВт*рік)
<b>Алюмінієві радіатори (секційні)</b>													
Radiatori 2000 Helyos/R500/10 (Італія)	0,163	8,067	30	1,6	9,82	0,58	3,56	1646,371	0,01613	1646,37	27,44	1,65	0,163
Sira AMBRA 500 (Італія)	0,161	6,810	30	1,35	8,39	0,25	1,55	982,596	0,00963	982,60	16,38	1,41	0,117
Mirado 500/80 (Іспанія)	0,163	6,656	30	1,47	9,02	0,38	2,33	1245,277	0,01220	1245,28	20,75	1,36	0,129
<b>Чавунні секційні радіатори</b>													
ЛТМЗ РД-100-500-1,2 (Україна)	0,12	8,607	80	4,6	38,33	0,8	6,67	3252,612	0,03187	3252,61	54,21	0,90	0,169
МС-140М (Білорусь, Мінськ)	0,13	11,053	80	7,1	54,62	1,45	11,15	5106,032	0,05002	5106,03	85,10	1,06	0,231
Кітан 92/500 (Туреччина)	0,089	2,941	80	4,2	47,19	0,6	6,74	3586,462	0,03514	3586,46	59,77	0,41	0,120
<b>Радіатори біметалеві секційні</b>													
ТОВ "Прес" Білшовик РБП-1-500 (Україна, Київ)	0,142	8,607	40	3,2	22,54	0,36	2,53521 13	2173,884	0,02130	2173,88	36,23	1,52	0,180
HERTZ 500/80 (Польща)	0,145	5,789	40	1,45	10,00	0,3	2,07	1233,721	0,01209	1233,72	20,56	1,00	0,110
Global STYLE 500/80 (Італія)	0,1586	13,931	40	1,97	12,42	0,2	1,26	1159,359	0,01136	1159,36	19,32	2,20	0,158

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Радіатори панельні сталеві</b>													
UTERM Standart Тип 221000x500(н) (Україна)	0,911	43,8	20	24,3	26,67	5,3	5,82	2520,890	0,02470	2520,89	42,01	2,40	0,244
Кетмі Тип22 800x500 (н) (Німеччина)	1,324	89,783	25	23,27	17,58	4,32	3,26	1498,406	0,01468	1498,41	24,97	2,71	0,200
Vonova Тип22 720x500(н) (Австрія)	1,1215	86,687	25	26,78	23,88	6,1	5,44	2322,568	0,02275	2322,57	38,71	3,09	0,265
<b>Мідно-алюмінієві радіатори</b>													
"Термія" 40/120 (Україна, Вінниця)	1,29	68,11	40-50	6,4	4,94	0,80	0,62	494,625	0,00485	494,62	8,24	1,17	0,075
REGULUS R4/100 (Польща)	1,417	126,32	40	5,7	4,02	0,64	0,45	387,791	0,00380	387,79	6,46	1,98	0,087
<b>Конвектори</b>													
Термія КСК 40/100К (Україна, Вінниця)	1,29	30,495	20	13,3	10,34	0,9	0,70	534,062	0,00523	534,06	8,90	1,19	0,079
Комфорт КН 20- 1,475К(п), l=1040мм (Росія)	1,26	29,220	20	16,39	12,96	0,72	0,57	581,574	0,00570	581,57	9,69	1,16	0,081
Універсал ТБ КСК 20-1,573, l=1330мм (Росія)	1,35	38,252	25	17,08	12,67	0,89	0,66	597,830	0,00586	597,83	9,96	1,13	0,082

**Примітки:**

1. В даному розрахунку: теплоносіє – вода,  $\rho_v=971,81 \text{ кг/м}^3$  при  $\bar{t}_{оп}=70 \text{ }^\circ\text{C}$  (параметри теплоносія  $80 \text{ }^\circ\text{C} - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
2. Теплоємність матеріалів корпусу: алюмінію  $c_a=0,92$ , чавуну  $c_v=0,504$ , сталі  $c_c=0,462 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ ; теплоємність води  $c_b=4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$  – з табл.П-1 [16].
3. Вартість енергії  $C_t = 1 \text{ 325,95 грн/Гкал}$  [17].
4. Теплова потужність опалювальних приладів, при якій розраховується теплова інерційність,  $Q_n^{від}=1 \text{ кВт}$ .
5. Курс валюти станом на 1.01.2019 р. 32,30 грн/€.

**Москвитина Анна Сергеевна**

Ассистент, [orcid.org/0000-0003-3352-0646](https://orcid.org/0000-0003-3352-0646)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Любарец Александр Петрович**

Кандидат технических наук, доцент

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Предун Константин Миронович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогоснабжения и вентиляции, [orcid.org/0000-0002-2634-9310](https://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

## МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

**Аннотация.** Решение проблемы рационального использования тепловой энергии для отопления зданий и сооружений требует создания энергоэффективных систем. Вместе с тем эксплуатация таких систем неразрывно связана с конструктивным решением внешней оболочки здания. Последняя должна быть малоинерционной для сохранения как теплоты внутри помещения в холодный период года, так и холода – в теплый. Основным структурным элементом системы в помещении является отопительный прибор. На рынке Украины присутствует широкий спектр разнообразных приборов как отечественных, так и импортных. Предложен метод технико-экономического сравнения отопительных приборов с целью повышения энергоэффективности систем за счет уменьшения потребления органических топлив, и соответственно теплового загрязнения окружающей среды. Кроме традиционных критериев (материалоемкость, способ теплопередачи, эргономические характеристики и пр.) рассмотрены также тепловая инерционность отопительного прибора, удельная стоимость 1 кВт его номинальной установленной тепловой мощности.

**Ключевые слова:** энергоэффективность; внешняя оболочка здания; тепловая инерционность; система отопления; отопительный прибор; радиатор; конвектор

**Moskvitina Anna**

Assistant, [orcid.org/0000-0003-3352-0646](https://orcid.org/0000-0003-3352-0646)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Lyubarets Oleksandr**

PhD, associate professor,

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Predun Konstantin**

PhD, associate professor, assistant professor of the department of heat and gas supply and ventilation,

[orcid.org/0000-0002-2634-9310](https://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

## TECHNO-ECONOMIC HEATERS ASSESSMENT METHODOLOGY FOR MODERN DYNAMIC WATER HEATING SYSTEMS

**Abstract.** Caloric energy wise utilization challenge for buildings and constructions heating requires development of energy-efficient systems. At the same time, exploitation of that systems indissolubly tied with structural solution of external envelope. Building envelope should has low-inertia for heat conservation of the lodgements in cold period and vice versa cold conservation in heat surplus period. Key structural element of the heating system inside of the lodgement is the heating unit. Ukrainian market offers wide range of different heating devices of domestic and foreign origin. Article suggests techno-economic heaters assessment methodology to improve energy efficiency, decreasing fossil fuels consumption and environmental heat pollution. Besides traditional assessment criteria (materials consumption, heat-transfer method, ergonomical factors, etc), review covers thermal inertia of the heating unit, cost factor for 1 kWt of installed generating heat capacity.

**Keywords:** Energy efficiency; external envelope; thermal inertia; heating system; heater; radiant heater; heat convector

### References

1. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. – [Electronic resource]. – Access to the resource: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
2. Law of Ukraine "On energy efficiency of buildings". – 2118-VII. – К.: IVR, 2017, No.3, p.5, article 359.
3. Law of Ukraine "On the Protection of the Environment". – [Electronic resource]. – Access to the resource: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>



4. *Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Safety, Energy Efficiency, and Competitiveness"* – Approved by the order of the CMU dated August 18, 2017, No. 605-p. [Electronic resource]. – Resource access mode: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085)
5. DBN B.2.6-31:2016. *Thermal insulation of buildings*. – K.: Minregion of Ukraine, 2017. – Effective from 01.05.2017. – 30 p.
6. DSTU B A.2.2-12:2015. *Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply*. – K.: Minregion of Ukraine, 2015. – Effective from 01.01.2016. – 145 p.
7. DBN B.2.5-67:2013. *Heating, ventilation and air conditioning*. – K.: Minregion Ukraine, 2013. – Effective from 01.01.2014. – 141 p.
8. Predun, K.M. (2001). *The use of heat-resistant properties of fencing of buildings and structure storeduce the power of a heat-generating installation. Construction materials, products and sanitary equipment*. K., 16, 90-92.
9. Liubarets, O., Moskvitina, A. (2016). *The Choice of Shape and Volume Calculation of Seasonal Heat Accumulator. Ventilation, Illumination and Heat ang Gas Supply: Scientific-Technical State Collection*. K.: KNUCA, 20, 24-38.
10. Skanavi, A.N. (2002). *Heating. Textbook for students of high school students studying in the direction of "Construction", specialty 290700 "Heat supply and ventilation"*. M.: ASV, 576.
11. *Heating. Equipment and Technologies*. (2006). Moscow: Stroyinform, 696.
12. Redondy, Giacomino. (2000). *New life of radiators*. AVOK, 1. Electronic source. Access mode: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=84i](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=84i)
13. DSTU B EN 15251: 2011. *Calculated parameters of microclimate of premises for designing and estimating of power characteristics in relation to air quality, heat comfort and acoustics*. – K.: Minregion of Ukraine, 2012. – Existing from 1.01.2013. – 40 p.
14. Zakharenko-Berezianskaya, Yulia. (2006). *Ukrainian market of radiators. Overview*. S.O.K., 7. Electronic source. Kyiv, Access mode: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/463/>
15. Berezianskaya, Julia. (2007). *Radiators in every house*. S.O.K., 8 Electronic source. Kyiv, Access mode: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/1123/>
16. Mikheev, M.A., Mikheeva, I.M. (1977). *Basics of heat transfer*. M.: Energy, 344. [https://kyivenergo.ua/ru/tecompany/teplova\\_energiya](https://kyivenergo.ua/ru/tecompany/teplova_energiya)

#### Посилання на публікацію

- APA Moskvitina, Anna, Lyubarets, Oleksandr & Predun, Konstantin. (2019). *Techno-economic heaters assessment methodology for modern dynamic water heating systems. Management of Development of Complex Systems*, 37, 210 – 218, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783254](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9783254).
- ДСТУ Москвітіна А.С. *Методика техніко-економічного порівняння опалювальних приладів для застосування в сучасних динамічних системах водяного опалення [Текст] / А.С. Москвітіна, О.П. Любарець, К.М. Предун // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 37. – С. 210 – 218, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783254](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9783254).*