

ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ПІД ЧАС ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У М. КИЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Встановлено, що вибір оптимального з екологічної та економічної точки зору джерела теплоти для теплопостачання житлового будинку є доцільним. Проаналізовано техніко-економічні та екологічні показники джерел теплоти для потреб теплопостачання такі, як спалювання природного газу, тріски деревини з твердих порід, паливних гранул з деревини, теплонасосні установки, а також електрокотельні. Обрано найбільш оптимальний варіант джерела теплоти для системи теплопостачання.

Ключові слова: котел, тріска деревини, паливні гранули, природний газ; тепловий насос; електроенергія.

Abstract

It is established that the choice of the optimal heat source for heat supply of a residential building from the ecological and economic point of view is expedient. The technical, economic and environmental indicators of heat sources for heat supply needs, such as the combustion of natural gas, hardwood chips, wood pellets, heat pump units, and electric boilers, are analysed. The most optimal heat source option for the heat supply system was selected.

Keywords: boiler, wood chips, fuel pellets, natural gas; heat pump; electricity.

Вступ

Сучасні тенденції у сфері енергетики та опалення житлових будинків висувають нові вимоги до вибору джерел теплопостачання. У містах, зокрема у Києві, де традиційно використовуються централізовані системи опалення, зростає інтерес до альтернативних, більш екологічних і економічно ефективних рішень. Стрімке зростання тарифів на тепло, залежність від імпортованих енергоносіїв та екологічні проблеми, спричинені використанням викопного палива, змушують мешканців та забудовників шукати нові підходи до теплопостачання.

Одним із ключових аспектів вибору джерела теплопостачання є його вплив на навколишнє середовище. Традиційні системи, що працюють на природному газі або вугіллі, спричиняють значні викиди парникових газів, що погіршує екологічний стан міста та сприяє глобальному потеплінню. Альтернативні джерела енергії, такі як теплові насоси, сонячні колектори, біомаса та геотермальне опалення, демонструють значно нижчий рівень викидів і потенційно можуть суттєво зменшити негативний вплив на довкілля.

Однак, екологічна ефективність не завжди означає економічну доцільність. Незважаючи на довгострокові переваги відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), початкові інвестиції в такі системи можуть бути доволі високими. Тому важливо враховувати не лише екологічні аспекти, але й економічну вигідність вибору тієї чи іншої системи.

Метою роботи є аналіз екологічних та економічних аспектів вибору джерела теплопостачання житлових будинків у Києві, що дозволить оцінити можливості переходу до більш екологічно чистих та енергоефективних рішень у майбутньому.

Результати дослідження

Системи теплопостачання житлових будівель розробляються з урахуванням конкретних потреб і характеристик будівлі. Розглянемо системи забезпечення мікроклімату на основі таких джерел теплоти: котельня на паливних гранулах з деревини, котельня на деревній трісці, котельня на природному газі, теплові насоси, електрокотельня.

Розглянемо більш детально кожне джерело.

До переваг котельні на паливних гранулах можна передусім віднести те, що паливні гранули відносять до біомаси та відновлюваних джерел, що виробляють екологічно чисту теплову енергію. Оскільки під час згорання паливних гранул виділяється вуглекислий газ у тій самій кількості, яку дерево поглинуло під час росту (вуглецево-нейтральне паливо). Крім того ефективність котлів на паливних гранулах наближається до ефективності газових котлів (85...90%). Вартість паливних гранул стабільніша ніж у природного газу, який залежить від ринкових коливань та геополітичних факторів. Розвиток ринку біопалива сприяє створенню нових робочих місць, тобто окрім економічного має місце ще й соціальних ефект. Паливні гранули легко транспортуються, і немає ризику перебоїв із постачанням, як у випадку з природним газом, немає залежності від імпорту енергоносіїв.

На ряду із перевагами, як і будь-яка технологія, використання паливних гранул як палива має і ряд недоліків: висока вартість обладнання і монтажу, потреба у місці для зберігання палива з певними метеорологічними параметрами, залежність від ринку біопалива (можливі коливання цін), викиди золі і необхідність їх утилізації.

Якщо розглядати наведені на початку джерела теплової енергії то тріска деревини є найдешевшим паливом і також як паливні гранули відноситься до біомаси і відновлюваних джерел енергії, тобто і має такі ж екологічні переваги як і паливні гранули. У порівнянні із паливними гранулами має високу локалізацію виробництва палива, оскільки практично не потребує технологічно складного виробництва. Якщо розглядати енергетичні показники – то у котлів на трісці деревини нижчий коефіцієнт корисної дії, ніж у паливних гранул (75...85%). Крім того тріска має значно вищу вологість, ніж паливні гранули, що і впливає на ефективність роботи таких котлів.

До недоліків тріски деревини як палива можна ще і віднести : високий рівень зольності (що спричиняє необхідність більш частого обслуговування), необхідність наявності складів для зберігання великих обсягів.

Природний газ залишається одним із найефективніших, стабільних та екологічно чистих видів палива для теплопостачання, особливо в централізованих котельнях та ТЕЦ. Його використання має низку важливих переваг, які роблять його конкурентним серед інших енергоносіїв:

- високий коефіцієнт корисної дії (90...98%), особливо конденсаційні моделі;
- немає потреби в зберіганні палива, як у випадку з вугіллям або біопаливом;
- автоматичне регулювання подачі газу дозволяє зменшити експлуатаційні витрати;
- має екологічні переваги : спалювання газу виділяє на 30-50% менше CO₂, ніж вугілля чи мазут, жодних викидів сірки (SO₂), менше оксидів азоту (NO_x), газ не залишає золи чи сажі, що спрощує обслуговування котельні;
- газові котли мають короткий час виходу на робочий режим, а також можливе гнучке регулювання потужності;
- газові котли більш компактні, ніж твердопаливні або пелетні.

Розглянемо недоліки котелень на природному газі. Передусім в Україні до недавнього часу природний газ був переважно імпортованим паливом. Власний видобуток не надто потужний, тому тарифи на газ носять змінний характер, переважно направлений у бік зростання, тому від цін на газ суттєво залежить собівартість виробництва теплоти. Використання газу як палива несе за собою політичні ризики (енергетична безпека України). Спалювання природного газу хоча і є чистішим, ніж вугілля чи мазуту, але все одно виробляє значні викиди CO₂, що сприяє глобальному потеплінню та зміні клімату. Витоки метану на стадіях видобутку, транспортування та зберігання завдають значної шкоди довкіллю. В Україні багато газопроводів і теплових мереж застарілі та потребують реконструкції. Витоки газу в мережах призводять до втрат енергії та зростання експлуатаційних витрат. Європейський Союз та інші країни планують поступову відмову від природного газу до 2050 року. Україна, як частина європейського енергоринку, теж змушена адаптуватися до цих змін.

Таким чином, хоча газ залишається важливим джерелом енергії, для енергетичної незалежності та стабільності теплопостачання Україна має поступово переходити до альтернативних технологій.

Одною із таких технологій є теплові насоси. За відсутності значних водних ресурсів конкурують між собою теплові насоси двох типів «повітря-вода» та

- простий монтаж – не потрібно бурити свердловини або укласти колектори в землю;
- нижчі початкові інвестиції, ніж у системи "грунт-вода" (~в 2-3 рази дешевше);
- можливість встановлення у міських умовах, навіть на даху або фасаді будівлі;
- функція охолодження – влітку може працювати як кондиціонер;
- менші вимоги до простору – немає потреби у земельній ділянці.

Оскільки у теплових насосах типу «повітря-вода» спостерігається зниження ефективності при низьких температурах – при -15°C COP падає до 1,5-2,0, а при -20°C ще нижче, виникає необхідність резервного джерела теплоти (наприклад, електричних ТЕНів або газового котла). Крім того під час роботи такі теплові насоси утворюють шум від зовнішніх блоків, що може бути проблемою в багатоповерхівках. На останок, що також є характерним для усіх типів теплових насосів, це залежність від електроенергії (що важливо з огляду на тарифи).

Серед переваг використання теплових насосів "грунт-вода" перед "повітря-вода" можна виділити передусім їх вищу ефективність у холодну пору року – COP стабільний (3,5-5,0 навіть при -20°C), оскільки їх ефективність не залежить від температури повітря, а залежить лише від температури ґрунту, що має практично постійну температуру ($+5\ldots+10^{\circ}\text{C}$ на глибині 1,5-2 м). Самі теплові насоси такого типу працюють безшумно, мають більший термін служби (25-30 років, тоді як у "повітря-вода" – 15-20 років) і створюють менше навантаження на електромережу – через стабільніший COP.

Тим не менш теплові насоси «грунт-вода» мають такі недоліки:

- дуже висока початкова вартість (буріння свердловин або укладання горизонтальних контурів – до 2-3 разів дорожче, ніж "повітря-вода");
- потребують великої земельної ділянки (при горизонтальному контурі потрібно близько 300-500 m^2);
- складний монтаж, особливо у міських умовах – важко реалізувати у вже забудованих районах;
- буріння свердловин потребує дозволів і додаткових витрат.

У Києві, де зими не надто суворі (середня температура $-2\ldots-5^{\circ}\text{C}$, рідко $-15\ldots-20^{\circ}\text{C}$), але є пікові морози, система «повітря-вода» може бути цілком ефективною, але потребує додаткового джерела теплоти. Розглядаючи варіант щільної міської забудови використання теплових насосів типу «грунт-вода» для подальшого аналізу не розглядатимемо.

Аналіз техніко-економічних показників виконаємо для житлового будинку з вбудованими офісними та торговельними приміщеннями у м. Київ, що має такі характеристики: максимальна потужність опалення житлової частини 430 кВт; максимальна потужність опалення офісних приміщень 15 кВт; максимальна потужність опалення торговельної частини 20 кВт; максимальна потужність системи вентиляції офісних приміщень 15,3 кВт; максимальна потужність системи вентиляції торговельної частини 35 кВт; потужність гарячого водопостачання 160 кВт. Згідно із попередніх розрахунків джерело теплопостачання має виробляти протягом року 6702 ГДж теплоти.

Розроблено математичну модель для розрахунку техніко-економічних показників, на основі якої визначено собівартість виробництва теплоти (СВ) різними джерелами енергії (рис. 1).

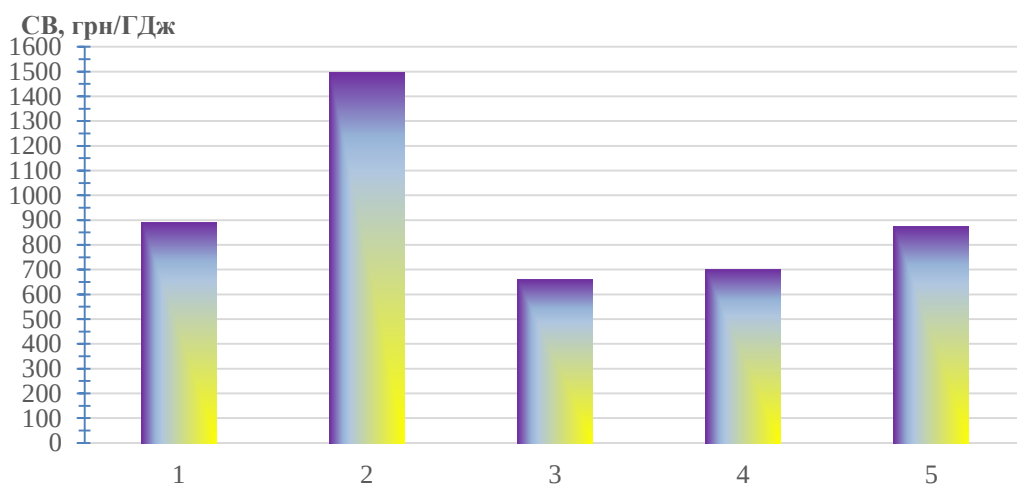


Рисунок 1 – Собівартість виробництва теплоти за різних джерел енергії : 1 – газова котельня, 2 – електрокотельня, 3 – котельня на паливних гранулах з деревини, 4 – котельня на трісці деревини, 5 – теплові насоси типу «повітря-вода»

Як видно із рис. 1, найнижча собівартість виробництва теплоти із біомаси (варіанти 3 та 4), а найвища – електрокотельня. Близькі значення собівартості виробництва теплоти мають теплові насоси типу «повітря-вода» (872,7 грн./ГДж) та газова котельня (899,3 грн./ГДж).

Зважаючи на екологічні переваги використання теплових насосів, доречніше обрати саме цей варіант теплопостачання. У Києві з його кліматичними умовами теплові насоси потребують резервного джерела тепла, тому часто поєднуються з газовими котлами або системами на біопаливі. Якщо важливий екологічний аспект, варто розглядати пелети або тріску. Якщо ключовим фактором є надійність і мінімізація ризиків – газові котельні.

Висновки

Аналіз екологічних та економічних аспектів вибору джерела теплопостачання житлового будинку у м. Київ свідчить про необхідність збалансованого підходу до ухвалення рішення. Розгляд п'яти основних варіантів – газових котелень, електрокотелень, котелень на пелетах, котелень на деревній трісці та теплових насосів типу "повітря-вода" – дозволив оцінити їхні переваги та недоліки з точки зору вартості виробництва теплової енергії та впливу на довкілля.

З урахуванням економічних та екологічних аспектів, найбільш раціональним рішенням для житлового будинку у м. Київ є впровадження котельні на пелетах або деревній трісці, що забезпечує оптимальне співвідношення вартості, екологічної безпеки та енергетичної незалежності. Теплові насоси "повітря-вода" можуть бути ефективним рішенням у поєднанні з іншими джерелами тепла, особливо у випадку їх використання з дешевою електроенергією або у будівлях з високим рівнем енергоефективності. Газові котельні залишаються стабільним, але дорогим варіантом, і їх доцільність потребує додаткового аналізу щодо майбутніх змін у цінах на газ та екологічних обмежень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uabio.org/materials/328/>. (дата звернення 20.03.2025 р.).
2. Гелетуха Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні : практичний посібник. Київ, 2015. 71с.
3. Дерев'янюк Д. Г., Беспала Н. Г., Богойко І. І., Колодяжна А. О. Перспективи застосування відновлювальних джерел енергії для теплопостачання громадських і житлових будівель в Україні. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. №2. С. 41 – 47.
4. Іванюк М. М., Степанова Н. Д. Енергоефективність двомодульної системи теплопостачання громадської будівлі у місті Вінниця. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)»*, 15.06.2025 – 16.06.2025, Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/23206/19209> (дата звернення 20.03.2025 р.).

Степанова Наталія Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Stepanovand@i.ua

Ковтун Катерина Русланівна, студентка групи ТЕ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kovtunkata70@gmail.com.

Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, Stepanovand@i.ua

Kovtun Kateryna R., student of TE-21b group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kovtunkata70@gmail.com.