

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОТЛІВ НА БІОПАЛИВІ

EFFICIENCY OF A DECENTRALIZED HEATING SYSTEM USING BIOMASS BOILERS

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор кафедри
теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
Денисова Алла Євсїївна
Бакалавр Гайдаржі Анатолій Миколайович

Supervisor: Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of
Theoretical General and Nonconventional Power Engineering
Denysova Alla
Bachelor Haidarzhi Anatolii

Анотація: Досліджено ефективність децентралізованої системи теплозабезпечення на основі котлів на біопаливі. Проведено економічний аналіз витрат на встановлення та експлуатацію локальної котельні. Встановлено, що перехід на пелети скорочує витрати на тепло, зменшує шкідливі викиди та має короткий термін окупності — близько одного року. Підтверджено економічну й екологічну доцільність використання біопалива у системах місцевого теплопостачання.

Ключові слова: котел на біомасі, пелетне паливо, децентралізоване опалення, енергоефективність, викиди CO₂, термін окупності.

Annotation: The efficiency of a decentralized heat supply system based on biofuel boilers was investigated. Economic analysis reveals that transitioning to pellet fuel significantly reduces heating costs and pollutant emissions, with a short payback period of about one year. The system's ecological and economic viability is confirmed. A local pellet-fired boiler house proves to be an effective solution for replacing centralized heating, offering improved energy efficiency and environmental sustainability.

Keywords: biomass boiler, pellet fuel, decentralized heating, energy efficiency, CO₂ emissions, payback period.

Впровадження локальної котельні є одним із найбільш ефективних способів оптимізації систем теплопостачання в умовах підвищення тарифів на централізоване опалення та зростання його енергоефективності. Існуючі системи централізованого теплопостачання характеризуються значними тепловими втратами, що сягають до 25..30 % через неефективність тепломереж та застаріле обладнання. Для забезпечення ефективності роботи автономного генератора теплоти раціональним є використання твердопаливного котла на пелетах з високим ККД, відповідно.

Витрати на встановлення локальної котельні: Котельне обладнання – 1700 тис. грн.; монтаж і пусконаладжувальні роботи – 150 тис. грн.; додаткове обладнання – 100 тис. грн. Загальні витрати на котел – 1950 тис. грн.

Річні витрати на паливо: для генерації 400 Гкал на рік теплоти необхідно витратити 120 т пелет, вартість 1 т пелет 4000 грн. Річні витрати на паливо: $120 \cdot 4000 = 480$ тис. грн.

При централізованому теплопостачанні середня вартість 1 Гкал теплоти становить 6000 грн, отже річні витрати на теплоту: $400 \cdot 6000 = 2400$ тис. грн.

Визначаємо строк окупності при впровадженні локальної котельні:

Річна економія коштів за рахунок переходу на локальну котельню становить: $2400 - 480 = 1920$ тис. грн.

Термін окупності локальної котельні: $T_{ок} = 1950/1920 = 1,02$ років, де 1950 тис. грн. – початкові інвестиції (загальні витрати на котел); 1920 тис. грн – прибуток (щорічний), тобто річна економія коштів.

Перехід на пелети дозволяє зменшити викиди CO_2 , бо пелети є вуглецево-нейтральним паливом. Крім того, спалювання пелет утворює менше твердих частинок та інших шкідливих викидів, ніж вугілля. Отже, практична реалізація локальної котельні сприятиме покращенню екологічного стану довкілля.

Витрати на паливо визначаються за формулою:

$$S_{п} = B_{річ}^p \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{в}}{100}\right) \cdot C_{п}, \quad (1)$$

де $B_{річ}^p$ – річні витрати на паливо (грн/рік);

$\alpha_{в} = 0,5$ – втрати палива, %;

$C_{п}$ – ринкова ціна палива (грн./т), яка включає ціну палива у постачальника, вартість транспортних витрат, посередницькі послуги та інші додаткові витрати.

Річні витрати натурального палива, т/ГДж:

$$B_{річ}^p = B_{річ}^y \cdot \frac{1}{E}, \quad (2)$$

де $E = 22,84/29,3 = 0,78$ - енергетичний еквівалент пелет.

Річні витрати палива та річні витрати теплоти, відповідно:

$$B_{річ}^y = \frac{Q_{річ}}{Q_y \cdot \eta} \quad (3)$$

$$Q_{річ} = Q_o^{річ} + Q_{в}^{річ} + Q_{гвп}^{річ} \quad (4)$$

Річна витрата теплоти на опалення громадських будівель кампусу:

$$Q_o^{річ} = \eta_{оп} \cdot Q_o^{сп} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

де $\eta_{оп}$ – тривалість опалювального періоду;

Q_o – сумарне середнє споживання теплоти на опалення, МВт.

$$Q_o^{річ} = 201 \cdot 14,195 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 9320 \text{ ГДж}$$

Річні витрати теплоти на вентиляцію в громадських будівлях:

$$Q_{в}^{річ} = \eta_{в} \cdot Q_{в}^{сп} \cdot 3600 \cdot z \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

$$Q_{в}^{річ} = 201 \cdot 0,433 \cdot 3600 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 550 \text{ ГДж}$$

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{гвп}^{річ} = 86,4 \cdot [Q_{гвп}^{сп} \cdot \eta_{оп} + Q_{гвп}^{сп} \cdot (\eta_y - \eta_{оп})] \quad (7)$$

$$Q_{\text{гвп}}^{\text{річ}} = 86,4 \cdot [0,9 \cdot 201 + 0,37 \cdot (350 - 201)] = 2024 \text{ ГДж}$$

Сумарне річне споживання теплоти:

$$Q_{\text{річ}} = 9320 + 550 + 2024 = 11894 \text{ ГДж}$$

Річне вироблення теплоти котельнею:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = \frac{11894}{0,9} = 13215 \text{ ГДж/рік}$$

Число годин використання встановленої потужності котельні протягом року:

$$h_{\text{в}} = Q_{\text{в}}^{\text{р}} / (3600 \cdot 0,15) = 13215 / (3600 \cdot 0,15) = 24,5 \text{ год/рік}$$

$$B_{\text{р}} = Q_{\text{в}}^{\text{р}} / (Q_{\text{в}} \cdot \eta) = 13215 / (0,166 \cdot 0,9) = 88457 \text{ т/рік}$$

Витрати на паливо:

$$S_{\text{п}} = 117938 \cdot (0,5/100) \cdot 4000 = 235876 \text{ грн}$$

Оплата за викиди шкідливих речовин у атмосферу в обсягах, які не перевищують встановлені норми, розраховуємо окремо для кожної речовини шляхом добутку норм оплати за 1 т шкідливих речовин на масу викидів:

$$П_{\text{ат}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ані}} \cdot M_{\text{аі}}, \text{ при } M_{\text{аі}} \leq \text{ГДН}_i \quad (8)$$

де $P_{\text{ані}}$ – ціна 1 тонни i -го шкідливого компонента у викидах від стаціонарних котлів, що не перевищують граничного рівня, грн/т;

$M_{\text{аі}}$ – реальний обсяг i -ого шкідливого компонента, т/рік.

Оплата $П_{\text{ал}}$ за забруднення довкілля у межах лімітів, яка розрахована як добуток суми $P_{\text{аі}}$ відповідних ставок оплати за 1 т i -ого шкідливого компонента в викидах, на різницю між встановленими лімітами $M_{\text{аі}}$ та максимально допустимими викидами забруднюючих речовин $M_{\text{алі}}$:

$$П_{\text{ал}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ані}} \cdot (M_{\text{аі}} - M_{\text{алі}}), \text{ при } \text{ГДН} < M_{\text{аі}} < \text{ВЗР} \quad (9)$$

де $P_{\text{ан}}$ – ставка оплати за 1 тону викидів у повітря від стаціонарних джерел енергії у межах допустимих норм, грн.,

$M_{\text{аі}}$ – кількість викидів i -тої забруднюючої речовини в допустимих межах, т/год.

Оплата за понадлімітні викиди забруднюючих компонентів розраховуємо шляхом добутку встановленої ставки оплати на різницю між фактичною масою викидів та встановленим лімітом:

$$П_{\text{ас}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{асі}} \cdot (M_{\text{аі}} - M_{\text{асі}}), \text{ при } M_{\text{аі}} < \text{ВЗР} \quad (10)$$

де P_{ac} – ставка оплати за 1 тону забруднень, що викидаються стаціонарними джерелами понад передбачених нормативами, грн /т.

У розрахунках застосовані коефіцієнти.

$k_1 = 1,7$ – враховує стан атмосферного повітря в умовах міста;

$k_2 = 1,2$ – додатковий коефіцієнт для забруднень повітря в умовах міста;

$k_i = 1,1$ – враховує рівень інфляції в 2024 р.

Оплата: за викиди летючої золи: $P_{ан} = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 17 = 38,15$ грн., за викиди SO_2 :

$P_{ан} = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 21,3 = 47,8$ грн., за викиди NO_2 : $P_{ан} = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 8,25 \cdot 0,03 = 0,56$ грн.

Отже, впровадження локальної котельні на пелетах, попри деяке збільшення витрат на паливо, забезпечує зменшення плати за електроенергію та викиди, а також має суттєві екологічні переваги, що підтверджує економічну та екологічну доцільність технологічного оновлення. Незважаючи на те, що при переході на пелети, витрати на паливо збільшуються, що обумовлено вищою ринковою ціною на пелети у порівнянні з вугіллям, використання пелет дозволяє знизити плату за викиди шкідливих речовин, що свідчить про екологічну доцільність використання котлів на біопаливі, отже, використання пелет в системах локального теплопостачання є доцільним.

Завдяки зменшенню енергоспоживання локальною котельнею на пелетах та збільшенню енергетичної ефективності системи плата за електроенергію зменшується.

Досягається річна економія витрати палива при переході від централізованого теплопостачання до локальної системи теплозабезпечення.

Перехід локальної котельні на біопаливо призводить до зниження екологічного збитку, що пов'язано з покращенням екологічного стану довкілля.

Список літератури

1. Денисова, А. Є. Ексергетичні біогазових енергоустановок/ А. Є. Денисова, Хієу Нго Мін, // Тр. Одес. політехн. ун-та., 2013. – Вип.2 (41). – С. 151–156.
2. Денисова, А. Є. Оцінка ефективності біогазових електростанцій / А. Є. Денисова, Хієу Нго Мін // Збірник наукових праць національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова. 2014. – №5–6 (450). – С.118 – 122.