

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ШЛЯХОМ ПЕРЕХОДУ НА СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто технічні та економічні аспекти модернізації водогрійної котельні шляхом впровадження технології спалювання біомаси, зокрема деревних паливних гранул. Проведено порівняння роботи котельні в існуючій конфігурації та при різних варіантах заміни газових котлів на твердопаливні. На основі математичного моделювання оцінено зміну коефіцієнта корисної дії та обсяги економії природного газу протягом опалювального та міжопалювального періодів. Виконано техніко-економічний розрахунок модернізованих схем і визначено найбільш ефективний варіант.

Ключові слова: водогрійна котельня, природний газ, біомаса, деревні гранули, енергоефективність.

Abstract

The paper considers the technical and economic aspects of modernizing a water heating boiler room by introducing biomass combustion technology, in particular wood fuel pellets. A comparison was made between the operation of the boiler room in its existing configuration and various options for replacing gas boilers with solid fuel boilers. Based on mathematical modeling, changes in efficiency and natural gas savings during the heating and inter-heating periods were estimated. A technical and economic calculation of the modernized schemes was performed and the most effective option was determined.

Keywords: hot water boiler, natural gas, biomass, wood pellets, energy efficiency.

Вступ

Потужний розвиток відновлюваної енергетики та необхідність скорочення споживання викопного палива зумовлюють активний пошук рішень щодо підвищення ефективності котельних установок. Одним із перспективних напрямів є заміна газових котлів на обладнання, що спалює біомасу. Особливої уваги заслуговують деревні паливні гранули, що характеризуються високою теплотворною здатністю, екологічною чистотою та стабільністю процесу горіння.

Використання біомаси у системах теплопостачання дозволяє зменшити обсяг викидів парникових газів, знизити витрати на виробництво теплоти та посилити енергетичну незалежність підприємств. Разом з тим, впровадження твердопаливних котлів потребує комплексного аналізу технічних характеристик, теплового балансу та економічних показників.

Метою роботи є дослідження можливості скорочення споживання природного газу у водогрійній котельні шляхом переходу на біопаливо та визначення найбільш вигідного варіанту модернізації.

Основна частина

Розглянута у роботі в якості прикладу опалювальна водогрійна котельня, що працює на природному газі. Існуюча теплова схема котельні містить котли КОЛВІ-250 потужністю 305 кВт (2 шт.) та котел КОЛВІ-ТЕРМОНА КТН 50СЕТ потужністю 50 кВт (1 шт.). Останній забезпечує потреби гарячого водопостачання влітку.

Для зменшення споживання природного газу на котельні розглянуто варіанти використання біомаси у якості палива, а саме тріски деревини або паливні гранули з деревини.

Якщо проаналізувати ефективність використання наведених видів біомаси то для тріски деревини вона суттєво залежить від вологості, зменшення якої потребує підведення додаткової енергії, тоді як паливні гранули (за належного зберігання) мають досить низьку вологість 8 – 12 %, що забезпечує високу теплоту згорання.

За екологічним впливом обидва види палива відносяться до CO₂ нейтральних, але під час спалювання тріски деревини можливі більші викиди твердих часток, тоді як спалюючи паливні гранули утворюються менші викиди NO_x та летючих сполук.

Звертаючи увагу на логістику, можна сказати, що паливні гранули мають більш щільну форму, що зменшує витрати на транспортування на великі відстані, а ефективність тріски деревини різко

падає за умови транспортування на відстані більше 400 км.

Аналізуючи технологію спалювання, можна стверджувати що можлива повна автоматизація процесів завантаження і горіння паливних гранул, тоді як під час використання тріски деревини існують труднощі із автоматизацією.

Щодо експлуатаційних характеристики, то тріска деревини має меншу вартість, але витрати на обслуговування менші за використання паливних гранул з деревини.

Оскільки на підприємстві пріоритетними є простота експлуатації, чистота та стабільна якість палива, то перевага віддана паливним гранулам із деревини. Вони ідеальні для автоматичних котлів, де важлива мінімальна участь людини в процесі генерації теплоти.

Розглянуто варіанти заміни одного або двох газових котлів на котли, що спалюють паливні гранули з деревини.

Для аналізу роботи котельні використано математичну модель теплової схеми [1-3]. Досліджено існуючий стан та чотири варіанти модернізації, що відрізняються навантаженням і порядком роботи газових та твердопаливних котлів.

Варіант 1 передбачає заміну одного газового котла потужністю 305 кВт на твердопаливний потужністю 350 кВт, який працюватиме із сталим навантаженням 350 кВт, а газові вмикатимуться у разі потреби. Згідно із варіантом 2 вводиться заміна газового котла потужністю 50 кВт на твердопаливний, який працюватиме із сталим навантаженням, а інші газові котли включаються за необхідності. Відмінність варіанту 3 і 2 полягає у тому, що твердопаливний котел потужністю 50 кВт працює влітку із сталим навантаженням, а взимку вмикається, коли не вистачає потужності двох газових по 305 кВт. У варіанті 4 два твердопаливних котли потужністю 350 кВт та 50 кВт працюють із сталим навантаженням, а один газовий котел (305 кВт) вмикається за потреби [4].

Зміну витрати палива на котельні (природного газу та паливних гранул) протягом опалювального періоду за результатами математичного моделювання показано на рис. 1.

Витрата палива, м³/с або кг/с

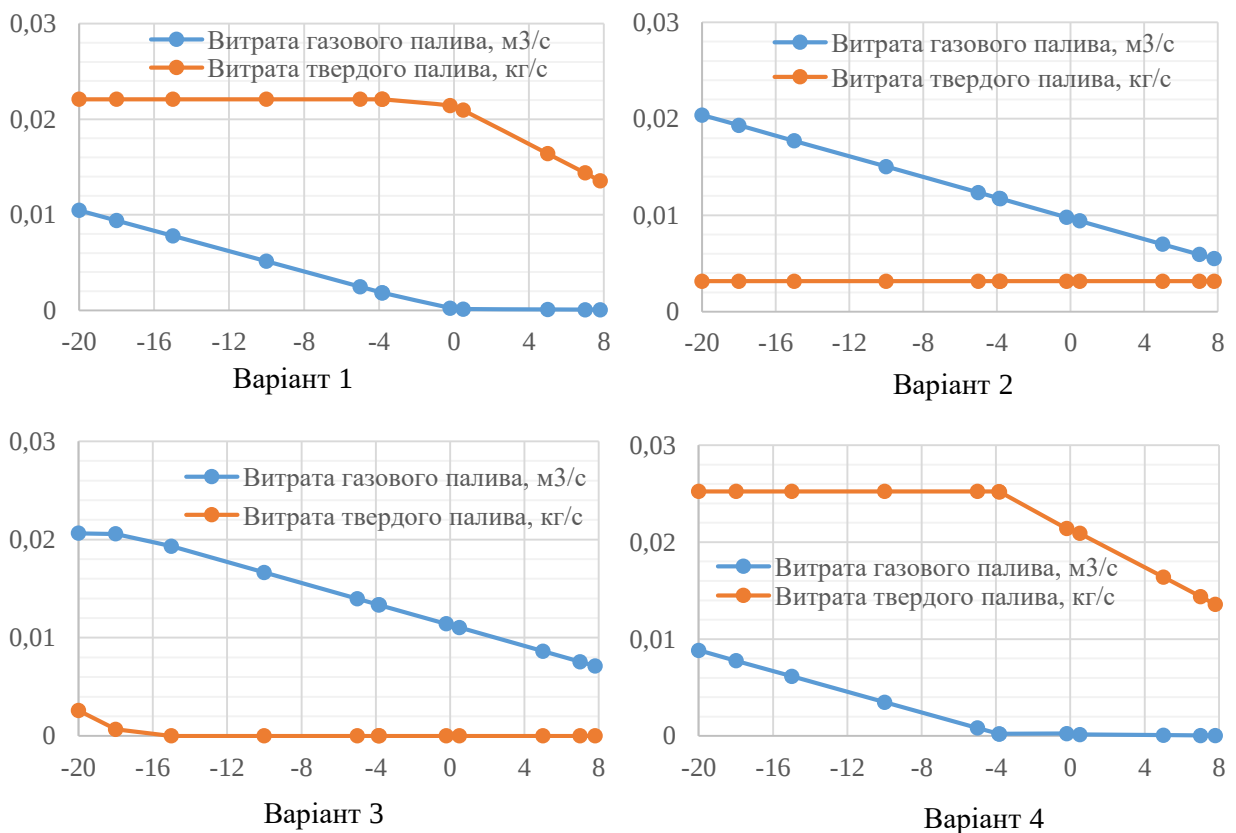


Рисунок 1 – Залежність витрати газового та твердого палива для різних температур зовнішнього повітря

Розрахунок залежності коефіцієнта корисної дії від температури зовнішнього повітря показав:

- у діючій схемі ККД становить 0,857...0,858 у опалювальний період та 0,901 – у міжопалювальний;
- при роботі одного твердопаливного котла ККД знижується на 1,75...3,27 %;
- при переведенні на тверде паливо двох котлів ККД зменшується на 2,0...3,28 %.

Аналізуючи попередню інформацію встановлено, що заміна одного або двох газових котлів на спалювання паливних гранул, породжує зменшення споживання природного газу, при цьому знижується ККД котельні по відпуску теплоти.

Для оцінки економічної привабливості виконано розрахунок за цінами: газ – 19,2 грн/м³, пелети – 6,2 грн/кг, електроенергія – 8 грн/кВт·год.

Порівняння результатів показало, що всі варіанти модернізації, окрім варіанту 3, є економічно доцільними. Найменший термін окупності (3,74 роки) має варіант 1 – заміна одного газового котла на твердопаливний із роботою на повному навантаженні до температури зовнішнього повітря близько 0 °С.

Висновки

У роботі проаналізовано ефективність переведення водогрійної котельні на спалювання деревних гранул. Математичне моделювання та техніко-економічні розрахунки показали:

- використання твердопаливних котлів дозволяє значно скоротити споживання природного газу;
- зростання частки теплової енергії, виробленої з біомаси, супроводжується невеликим зниженням ККД;
- економічна доцільність модернізації залежить від рівня завантаження твердопаливних котлів;
- найбільш ефективним є варіант встановлення одного котла на біомасі з максимальною продуктивністю у холодний період та регульованою роботою за підвищення температури зовнішнього повітря.

Отримані результати підтверджують доцільність використання біомаси як альтернативного та економічно вигідного палива для сучасних котелень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
2. Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 81 с.
3. Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в теплоенергетиці : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2020. 93 с.
4. Степанова Н.Д., Храмцов М. В. Ефективність переведення водогрійної опалювальної котельні на спалювання біомаси. *Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025)*, 24.03.2025 – 27.03.2025, Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24270/20018> (дата звернення 17.11.2025)

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

Храмцов Максим Володимирович, студент групи ТЕ-24м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: laun7758@gmail.com.

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

Khramtsov Maksym V., student of TE-24m group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: laun7758@gmail.com.