

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАЛИНІВСЬКОЇ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЛІКАРНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезах розглянута проблема підвищення економічної, енергетичної та екологічної ефективності двопаливної водогрійної котельні шляхом встановлення оребреного утилізатора теплоти відхідних газів котлів на біомасі. Розроблено математичну модель теплогідродинамічних процесів в оребреному теплоутилізаторі, проведені числові дослідження впливу режимних та конструктивних параметрів на енергетичні, економічні та екологічні показники теплоутилізатора. Підтверджено ефективність впровадження оребреного утилізатора теплоти відхідних газів котлів на біомасі для зменшення витрат життєвого циклу теплообмінника та викидів парникових газів.

Ключові слова: енергоефективність, котельня, біомаса, оребрений теплоутилізатор, витрати життєвого циклу, викиди парникових газів

Abstract

The theses consider the problem of increasing the economic, energy and environmental efficiency of a dual-fuel hot water boiler by installing a finned heat recovery unit for waste gases from biomass boilers.

A mathematical model of thermal hydrodynamic processes in a finned heat exchanger has been developed, and numerical studies of the influence of operating and design parameters on the energy, economic and environmental performance of the heat exchanger have been conducted.

The effectiveness of implementing a finned waste heat recovery unit for biomass boilers to reduce heat exchanger life cycle costs and greenhouse gas emissions has been confirmed.

Keywords: energy efficiency, boiler house, biomass, finned heat exchanger, life cycle costs, greenhouse gas emissions

Вступ. Постановка задачі

Підвищення ефективності роботи котельень, що використовують біомасу як паливо, є одним із ключових напрямів модернізації сучасних систем тепlopостачання. Біоенергетика в Україні та світі посідає важливе місце у забезпеченні енергетичної безпеки, зменшенні залежності від викопних енергоресурсів та інтеграції принципів сталого розвитку. В умовах зростання вартості традиційних енергоносіїв, нестабільності енергетичних ринків та посилення екологічних вимог, проблема підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності біокотельень набуває особливої актуальності [1].

Енергетична актуальність зумовлена необхідністю оптимізації використання місцевих відновлюваних ресурсів. Біомаса (деревна тріска, пелети, аграрні відходи) є доступним та відновлюваним паливом, однак ефективність її спалювання значною мірою залежить від конструктивних особливостей котельного обладнання, режимів роботи та наявності систем утилізації тепла. Значні втрати теплової енергії з димовими газами, нерівномірність подачі палива, недосконалі теплообмінники та відсутність автоматизованого контролю призводять до зниження загального ККД котельні. Тому впровадження сучасних енергоощадних технологій – теплоутилізаторів, вискоефективних систем подачі палива, автоматизованого регулювання горіння – дає змогу суттєво підвищити енергетичну віддачу обладнання та надійність його роботи [2, 3].

Економічна актуальність підсилюється необхідністю зменшення витрат на виробництво теплової енергії в умовах постійного зростання цін на паливо та експлуатаційних витрат. Підвищення ефективності біокотельень дозволяє скоротити питомі витрати палива, зменшити зношуваність обладнан-

ня, оптимізувати технологічні процеси та мінімізувати кількість позапланових простоїв. Це безпосередньо впливає на собівартість тепла, конкурентоспроможність теплогенерувальних підприємств і можливість впровадження гнучких тарифних моделей. Додаткові економічні вигоди виникають і завдяки зниженню витрат на утилізацію відходів та зменшенню кількості викидів, за які часто передбачені екологічні платежі [4].

Екологічна актуальність ґрунтується на потребі скорочення забруднення атмосферного повітря та зменшення вуглецевого сліду енергетичних об'єктів. Спалювання біомаси, хоча й вважається майже вуглецево нейтральним, все ж супроводжується утворенням твердих частинок, оксидів азоту, чадного газу та летких органічних сполук. Неефективні котельні спричиняють надмірне викидання цих домішок, що негативно впливає на якість повітря та здоров'я населення. Використання сучасних систем очищення, оптимізація процесів горіння, підвищення температурної та теплотехнічної стабільності обладнання дозволяють суттєво скоротити екологічне навантаження. Крім того, підвищення ефективності сприяє більш раціональному використанню біомаси, що зменшує антропогенний вплив на екосистеми [5].

Серед теплоутилізаційного обладнання особливу увагу слід звернути на оребрені теплообмінники. Вони відрізняються компактністю, зручністю обслуговування, простотою у виготовленні [6, 7].

Таким чином, мета роботи полягає в оцінці енергетичної, економічної та екологічної ефективності впровадження оребрених теплоутилізаторів на котельні, що працює на біомасі.

Результати досліджень

Теплоутилізаційне обладнання впроваджується на пароводогрійній котельні Калинівської районної лікарні. Теплова потужність котельні 3,7 МВт забезпечується паровим газовим та твердопаливними водогрійними котлами на біомасі. Пропонується застосувати оребрений утилізатор теплоти відхідних газів котлі на біомасі. Діаметр трубок прийнятий 38 мм, діаметр ребра 60 мм. Крок ребер 10 мм. Середня температура відхідних димових газів за котлами становить близько 170°C, що свідчить про наявність значного потенціалу вторинного тепла.

Математична модель складена на основі рівнянь, наведених в [6 - 8]. За допомогою математичної моделі проведені дослідження впливу ключових режимних та конструктивних параметрів теплоутилізатора на його енергетичну, економічну та екологічну ефективність.

Результати досліджень показали, що теплова продуктивність теплоутилізатора знаходиться в діапазоні 60–180 кВт за умови зміни температури димових газів від 130 до 210 °C, що підтверджує його високу енергетичну ефективність.

Економічний аналіз показав, що отримана економія теплоти перевищує сумарні витрати життєвого циклу теплоутилізатора у 8,4–14,1 рази, що свідчить про його значну економічну вигоду.

Екологічна ефективність обумовлена скороченням викидів парникових газів на 313–957 т CO₂ протягом 15-річного періоду роботи.

Зміна температур газового та водяного потоків практично не впливає на значення коефіцієнта теплопередачі пристрою.

Проведені дослідження дали змогу визначити, що найкращими геометричними параметрами є діаметр труби 38 мм та діаметр ребра 60 мм.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування оребрених теплоутилізаторів на котельнях з точки зору енергетичної, економічної та екологічної ефективності.

Висновки

Підвищення ефективності котелень на біомасі є стратегічно важливим завданням, оскільки воно сприяє зміцненню енергетичної безпеки, зниженню залежності від викопних ресурсів та забезпечує відповідність сучасним вимогам сталого розвитку.

Модернізації біокотелень обумовлена необхідністю раціонального використання біомаси та зменшення втрат тепла, зокрема за рахунок впровадження теплоутилізаційного обладнання. Сучасні технології підвищують ККД котлів та стабільність їх роботи.

Економічні переваги такої модернізації проявляються у зниженні витрат на паливо, скороченні експлуатаційних витрат і зменшенні витрат на утилізацію відходів. Це підвищує конкурентоспроможність теплогенерувальних підприємств та зменшує собівартість теплової енергії.

Екологічний ефект забезпечується зменшенням викидів забруднюючих речовин і парникових газів, а також у більш раціональним використанням біомаси. Це дозволяє знизити негативний вплив роботи котелень на довкілля та здоров'я населення.

Проведені дослідження оребреного теплоутилізатора в котельні Калинівської районної лікарні показали, що таке обладнання дає можливість ефективно утилізувати теплоту димових газів із з виробництвом 60–180 кВт теплоти, що свідчить про його високий енергетичний потенціал. Економія теплоти у 8,4–14,1 раза перевищує витрати життєвого циклу обладнання. Розрахунковий рівень скорочення викидів CO₂ склав 313–957 тон протягом 15 років роботи теплоутилізатора.

Оптимізаційні розрахунки показали, що оптимальними конструктивними характеристиками теплоутилізатора є діаметр труб 38 мм та діаметр ребер 60 мм, при цьому коефіцієнт теплопередачі залишається стабільним у широкому діапазоні робочих температур.

Загалом проведене моделювання підтвердило енергетичну, економічну та екологічну доцільність впровадження оребрених теплоутилізаторів на котельнях, що працюють на біомасі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч./ С.О.Кудря. К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
2. Приклад техніко-економічного аналізу впровадження рекуператорів відхідного тепла у котельнях // E3S Web of Conferences. – 2023. – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/94/e3sconf_fci2023_02014.pdf (дата звернення: 16.11.2025).
3. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г.Гелетука. – К.: Поліграф плюс, 2015. – 72 с.
4. Назарова І.О. Підвищення енергоекологічної ефективності біопаливних котелень //Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 202, №4, С. 149-154. Войцицький А. П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М.
5. Техноекология : підручник/за ред.В.М. Боголюбова. Київ: Аграрна освіта, 2009. 533 с.
6. Джанг, Х., Джанг, Т., Тянь, Г. та ін. «Heat Transfer Simulation and Structural Optimization of Spiral Fin-and-Tube Heat Exchanger» / Electronics — 2024. — Vol. 13, No. 23. URL: https://www.mdpi.com/2079-9292/13/23/4639?utm_source (дата звернення: 16.11.2025)
7. Суятна, Н. Р., Джуангса, Ф. Б., Дарманто, П. С. «Multi-Objective Finned-Tube Heat Exchanger Optimization Using a Genetic Algorithm» / JTMS (Institut Teknologi Bandung) — 2023. — Vol. 29, No. 2, с. 146–162. URL: https://www.researchgate.net/publication/376951675_Multi-Objective_Finned-Tube_Heat_Exchanger_Optimization_Using_a_Genetic_Algorithm (дата звернення: 16.11.2025)
8. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

Резидент Наталія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ResidentNV@ukr.net

Грига Андрій Ігорович, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

Resident Nataliya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ResidentNV@ukr.net

Gryga Andriy, Student of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University