

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ В МІСТІ ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезах розглянута проблема підвищення економічної, енергетичної та екологічної ефективності двопаливної водогрійної котельні шляхом встановлення контактної теплоутилізатора з активною насадкою. Розроблено математичну модель для визначення інтенсивності тепломасообміну в контактному теплоутилізаторі з активною насадкою та можливості конденсації водяної пари в димовій трубі, проведені числові дослідження тепломасообміну в апараті при зміні режимних параметрів. Підтверджено ефективність впровадження конденсаційного обладнання для покращення енергетичних, економічних та екологічних показників роботи опалювальної котельні

Ключові слова: енергоефективність, водогрійна котельня, біомаса, контактний теплоутилізатор з активною насадкою, автоматизація водогрійного котла

Abstract

The abstracts consider the problem of increasing the economic, energy and environmental efficiency of a dual-fuel hot water boiler room by installing a contact heat exchanger with an active nozzle.

A mathematical model has been developed to determine the intensity of heat and mass transfer in a contact heat exchanger with an active nozzle and the possibility of water vapor condensation in the flue pipe, and numerical studies of heat and mass transfer in the apparatus when changing operating parameters have been conducted.

The effectiveness of the introduction of condensing equipment to improve the energy, economic and environmental performance of the heating boiler room has been confirmed

Keywords: energy efficiency, hot water boiler, biomass, contact heat recovery unit with active nozzle, hot water boiler automation

Вступ. Постановка задачі

Підвищення ефективності роботи водогрійних котельень є одним із ключових напрямів забезпечення енергетичної та економічної стійкості теплогенерувальних систем, особливо в умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності зниження техногенного навантаження на довкілля. Традиційні котельні, що експлуатуються на підприємствах і в комунальній енергетиці, характеризуються значними втратами теплоти з відхідними газами, недосконалістю систем регулювання горіння та недостатнім рівнем утилізації вторинних енергоресурсів. Це обумовлює потребу у впровадженні інноваційних теплоенергетичних рішень, спрямованих на оптимізацію теплотехнічних процесів і мінімізацію питомих витрат палива [1, 2].

З огляду на зазначене, важливою науково-практичною задачею є розроблення та обґрунтування заходів, що забезпечують підвищення ефективності котельні шляхом удосконалення тепломасообмінних процесів, збільшення ступеня утилізації теплоти димових газів, покращення режимів роботи пальникових пристроїв і вдосконалення загальної структури теплоенергетичної установки. Особливу увагу необхідно приділити застосуванню контактних теплоутилізаторів, конденсаційних економайзерів, активних насадок та інженерних рішень, здатних підвищити інтенсивність теплопередачі та забезпечити глибоке охолодження продуктів згоряння.

Основним завданням дослідження є встановлення закономірностей зміни енергетичної ефективності котельні при впровадженні сучасних систем утилізації тепла та визначення оптимальних параметрів їх роботи [3, 4].

Таким чином, мета роботи полягає в комплексному дослідженні можливостей підвищення ефективності котельні шляхом впровадження технологічних рішень, орієнтованих на інтенсифікацію

теплоутилізації та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, що забезпечить зниження експлуатаційних витрат, покращення екологічних характеристик та підвищення загальної надійності теплоенергетичної системи.

Результати досліджень

Інтенсифікація теплоутилізації впроваджується на двопаливній котельні в місті Хмельницький. Теплова потужність котельні 9,9 МВт забезпечується газовим та твердопаливними котлами. Пропонується застосувати контактний економайзер з активною насадкою КТАН-2,3УГ для використання теплоти відхідних газів з котлів КЗОТ BRS. Середня температура відхідних димових газів за котлами становить близько 230°C, що свідчить про наявність значного потенціалу вторинного тепла.

Основні аналітичні співвідношення та формули, що становлять основу моделі, наведено у працях [3 - 7]. На основі розробленого математичного опису та з врахуванням допущень і спрощень проведено дослідження впливу ключових режимних параметрів роботи водогрійного котла на показники функціонування контактної теплоутилізатора з активною насадкою для утилізації теплоти відхідних газів. В даному дослідженні представлені результати експериментів по визначенню впливу температури відхідних газів з котла та коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах котла КЗОТ BRS на основні теплотехнічні показники контактної теплоутилізатора з активною насадкою.

На основі узагальнення отриманих експериментальних та розрахункових даних встановлено, що зміна коефіцієнта надлишкового повітря в діапазоні 1,45...1,85 призводить до зростання теплової потужності контактної теплоутилізатора до 2700...3650 кВт. Отримані значення свідчать про здатність теплоутилізатора забезпечувати суттєвий додатковий тепловий потік, що створює можливість часткового розвантаження котлоагрегатів або збільшення корисного відпуску теплоти водогрійною котельнею. У результаті підвищується загальний коефіцієнт використання палива, що, у свою чергу, зумовлює зменшення питомої витрати палива та зниження техногенного впливу на навколишнє середовище.

Додатково досліджено вплив температурних параметрів газового потоку та величини надлишкового повітря на коефіцієнт теплопередачі контактної теплообмінника. Встановлено, що величина коефіцієнта теплопередачі перебуває в межах 320...400 Вт/(м²·К). Такі порівняно високі значення для газоводяного теплообмінника, незважаючи на низькі швидкості руху газів, пояснюються особливостями складного тепломасообміну, що реалізується в апараті. Зокрема, окрім конвективної складової теплообміну, суттєву роль відіграє інтенсивний процес конденсації водяної пари на охолоджених поверхнях із формуванням і стеканням тонкої плівки рідини, що додатково підвищує ефективність теплопередачі.

Отримані результати підтверджують енергетичну, економічну та екологічну доцільність упровадження конденсаційних контактних економайзерів з активною насадкою у водогрійних котельнях, що працюють на біомасі. Застосування таких апаратів забезпечує суттєве підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та зменшення негативного впливу котельних установок на довкілля.

Висновки

Проведений аналіз підтвердив актуальність проблеми підвищення ефективності водогрійних котелень у зв'язку з необхідністю зниження паливних витрат та техногенного навантаження на довкілля. Існуючі котельні характеризуються значними втратами теплоти з димовими газами, що обґрунтовує необхідність упровадження сучасних систем утилізації тепла.

Визначено, що впровадження інноваційних теплоутилізаційних технологій, зокрема контактних економайзерів з активною насадкою, є перспективним напрямом підвищення енергетичної ефективності котелень. Такі системи забезпечують інтенсифікацію тепломасообмінних процесів та дозволяють глибше охолоджувати продукти згоряння.

На основі математичного моделювання та експериментальних досліджень встановлено закономірності впливу ключових режимних параметрів роботи котла (температури відхідних газів і коефіцієнта надлишкового повітря) на ефективність контактної теплоутилізатора.

Встановлено, що збільшення коефіцієнта надлишкового повітря в межах 1,45...1,85 сприяє підвищенню теплової потужності теплоутилізатора до 2700...3650 кВт. Це забезпечує можливість

часткового розвантаження котлоагрегатів або підвищення відпуску теплоти котельнею, що безпосередньо покращує загальний паливний коефіцієнт корисного використання.

Дослідження показали, що коефіцієнт теплопередачі контактного теплообмінника становить 320...400 Вт/(м²·К), що є високим для газоводяних теплообмінників. Такий ефект зумовлений поєднанням конвективних процесів та інтенсивної конденсації водяної пари на холодних поверхнях з утворенням рідинної плівки.

Отримані результати демонструють, що застосування конденсаційних контактних економайзерів з активною насадкою у котельнях, які працюють на біомасі, є енергетично, економічно та екологічно обґрунтованим. Використання таких апаратів забезпечує підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і суттєве скорочення негативного впливу на довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Комбіновані рішення: стаття про поєднання теплових насосів та ORC для утилізації низькопотенційної теплоти // MDPI Energies. – 2024. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/20/5204> (дата звернення: 16.11.2025).
2. Лейміч Д.К., Резидент Н.В. Перехід на альтернативні види палива як ефективний напрям модернізації котельень// Доповідь на Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24541/20296> (дата звернення: 16.11.2025).
3. Butcher, T. A. Condensing economizers for efficiency improvement and emissions reduction // U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information. – 2010. – URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/244535> (дата звернення: 16.11.2025).
4. Принципові теплові схеми котельень на біомасі з глибокою утилізацією теплоти продуктів згорання / М. М. Жовмір, Н. О. Маслова. Київ, 2020. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63602> (дата звернення: 16.11.2025).
5. Басок Б.І., Дубовський С.В., Пастушенко Е.П., Мороз М.В., Веремійчук Г.М. Активна утилізація теплоти димових газів біопаливного котла // Енерготехнології та ресурсозбереження, 2023, №4, С. 67 – 80.
6. Назарова І.О. Підвищення енергоекологічної ефективності біопаливних котельень //Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки, 202, №4, С. 149-154.
7. 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).

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

Лейміч Денис Костянтинович, 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

Leymich Denys, Student of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University