

Н. М. Фіалко¹
Р. О. Навродська¹
І. М. Жученко²
С. І. Шевчук¹
Г. О. Гнедаш¹

БАЙПАСУВАННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ УСТАНОВОК СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Вінницький національний технічний університет

Анотація

У дослідженні представлені результати байпасування димових газів як одного із способів тепловологісної обробки відхідних газів після рекуперації тепла для запобігання утворенню конденсату в газоходах установки для спалювання сміття з водогрійним котлом. Визначено закономірності зміни тепловологісних параметрів на виході із залізобетонної димової труби при різних режимах роботи котла та ефективність запропонованого методу.

Ключові слова: Димові труби, запобігання конденсатуутворенню, ефективність захисту від корозії.

Abstract

The study presents the results of flue gas bypassing as one of the methods of thermal and humidity treatment of flue gases after heat recovery to prevent condensation in the flue gases of a waste incineration plant with a hot-water boiler. The patterns of changes in thermal and humidity parameters at the outlet of a reinforced concrete chimney under different modes of boiler operation and the effectiveness of the proposed method are determined.

Keywords: Chimneys, prevention of condensation, corrosion protection efficiency.

Вступ

Газовідвідні тракти є важливим елементом паливоспоживальних енергетичних установок, зокрема димові труби, які створюють тягу та відводять димові гази, розсіюючи шкідливі викиди до допустимих норм, відіграють одну із ключових ролей в процесі їх роботи. Їх будівництво та експлуатація вимагають високих стандартів, оскільки вони піддаються агресивним впливам та корозії, що може спричинити аварійні ситуації [1].

Зменшення руйнування газоходів і димових труб досягається завдяки спеціальним заходам [2, 3], ефективність яких залежить від типу установки, конструкції та складу димових газів. Сміттєспалювальні установки мають підвищену вологість і хімічну агресивність димових газів, тому потребують особливої уваги до антикорозійного захисту.

Результати досліджень

Розрахунки проводили для установки зі спалюванням сміття продуктивністю 5 т/год, яка використовує вироблене тепло для потреб опалення. Вона оснащена комбінованою системою утилізації тепла відхідних газів, що нагріває повітря для горіння та зворотну воду теплової мережі.

Димові гази після котла спочатку підігрівають повітря для горіння, потім – зворотну воду перед подачею в котел. Параметри роботи теплової мережі системи опалення відповідали перепаду 25°C

при -20°C зовнішньої температури. У водогрійному теплоутилізаторі в окремих режимах димові гази охолоджувалися нижче точки роси. Продукти згоряння викидаються в атмосферу залізобетонною димовою трубою, висотою 120 м, та товщиною стовбура 0,16 м.

Тепловий розрахунок здійснювався на основі загальноновизнаних методів аналізу теплообмінного обладнання та досліджень процесів тепломасопереносу під час глибокого охолодження димових газів у системах утилізації тепла димових газів котельних установок [4].

В даному дослідженні розглянемо ефективність одного з найпоширеніших методів тепловологісної обробки димових газів для покращення режимів роботи газоходів і димової труби після утилізації тепла димових газів – байпасування. Цей метод передбачає відведення частини гарячих газів повз теплоутилізатор із подальшим їх змішуванням з охолодженими газами.

Це підвищує температуру газової суміші на вході в газовідвідний тракт та підвищує точку роси в режимах глибокого охолодження. Виконання умови $t_{\text{нов}} \geq t_p$ забезпечується підвищенням температури газів на вході в димову трубу, та відповідно перевищенням температури поверхні на виході з димової труби за точку роси. Принципову схему цього методу з використанням запропонованої системи теплоутилізації наведено на рис. 1.

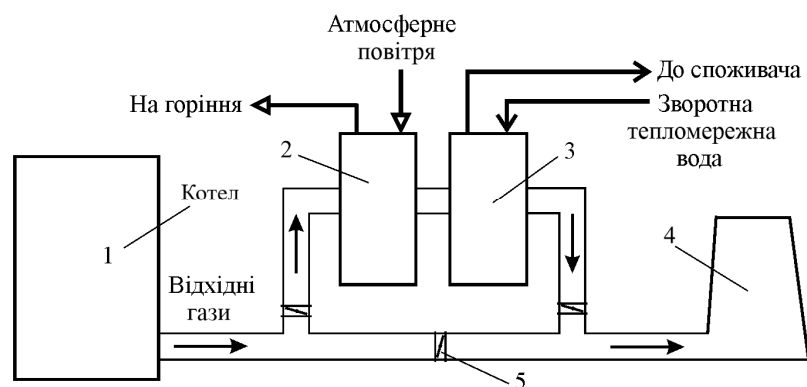


Рис. 1. Реалізація методу байпасування для запобігання конденсатоутворенню в газовідвідному тракті установки спалювання палив з твердих побутових відходів з комбінованою системою теплоутилізації:

1 – котел; 2 – повітрянагрівач; 3- водопідігрівач; 4 – димова труба; 5 – регулювальний клапан.

На рис. 2 представлено результати розрахунків ефективності методу байпасування для запобігання конденсатоутворенню в гирлі димової труби за різних температур і вологості газів після котла при зміні частки байпасування χ в діапазоні 0–50 %.

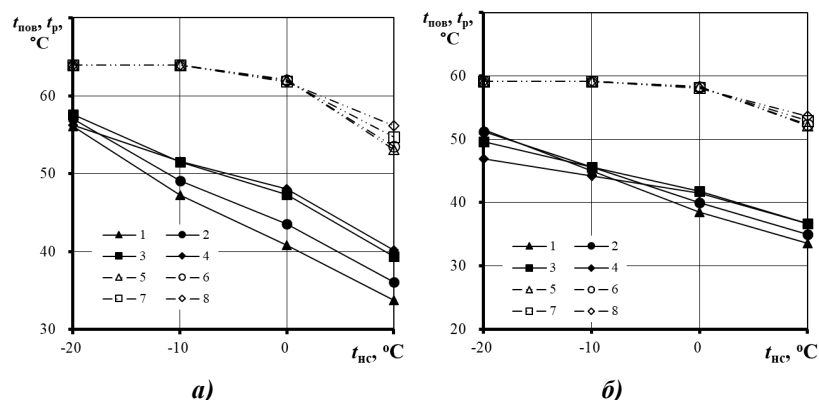


Рис. 2. Залежність від температури навколишнього середовища $t_{\text{ср}}$ температури внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ в гирлі димової труби (1-4) і точки роси t_p (5-8) за різних температур $t_{\text{вх}}$ та вологовмісту $X_{\text{вх}}$ димових газів після котла і за різних часток байпасування χ :

а) $t_{\text{вх}} = 250^{\circ}\text{C}$, $X_{\text{вх}} = 200$ г/кг с.г.; б) $t_{\text{вх}} = 200^{\circ}\text{C}$, $X_{\text{вх}} = 150$ г/кг с.г.; 1, 5 – $\chi = 0\%$; 2, 6 – 10% ; 3, 7 – 30% ; 4, 8 – 50%

Дослідження показали, що метод байпасування за заданих умов не забезпечує позитивного результату у всіх режимах роботи котла з системою теплоутилізації відхідних газів. У гирлі димової труби температура поверхні $t_{\text{пов}}$ не перевищує точку роси t_p , а навпаки, t_p вища за $t_{\text{пов}}$ на 2–20 °С залежно від режиму роботи котла, температури газів $t_{\text{вх}}$, їхньої вологості на вході $X_{\text{вх}}$ та частки байпасування χ . Різниця ($t_p - t_{\text{пов}}$) збільшується зі зниженням $t_{\text{вх}}$, підвищенням $X_{\text{вх}}$, зростанням температури навколишнього середовища $t_{\text{нс}}$ та збільшенням частки байпасування χ .

Висновки

За результатами дослідження встановлено що, метод байпасування не забезпечує запобігання конденсатоутворенню у всіх режимах роботи котла за розглянутих умов, оскільки температура поверхні в гирлі димової труби залишається нижчою за точку роси. Значення різниці температури роси та температури поверхні зростає, зі зменшенням температури димових газів та збільшенням вологості димових газів за котлом, зниженням температури навколишнього середовища та збільшенням частки байпасування димових газів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войцехівський О. В., Попов В. О., Дорохова Н. Д. Інноваційні технології улаштування і реконструкції залізобетонних димових труб. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2017. № 2. С. 13–18.
2. Фіалко Н. М., Навродская Р. А., Шевчук С. И., Степанова А. И., Пресич Г. А., Гнедаш Г. А. Тепловые методы защиты газоотводящих трактов котельных установок: монография.: Київ: «Про формат». 2018. 248 с. ISBN 978- 966-02-8640-5.
3. Fialko, N., Navrodska, R., Shevchuk, S., & Gnedash, G. (2023). Anticorrosive Protection of Gas Exhaust Ducts of Boiler Plants with Heat-Recovery Systems. In Systems, Decision and Control in Energy V (pp. 425-435). Cham: Springer Nature Switzerland. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_22 (дата звернення: 21.03.2025)
4. Fialko N.M., Navrodska R.O., Gnedash G.O., Presic G.O., and Shevchuk S.I. Study of Heat Recovery Systems for Heating and Moisturing Combustion Air of Boiler Units. Nauka innov no. 2. P. 47—53. URL: <https://doi.org/10.15407/scin16.03.047> (дата звернення: 21.03.2025)

Фіалко Н.М. – член-кореспондент НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, зав. відділу, професор, e-mail: nmfialko@ukr.net

Навродська Р.О. – канд. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, пров. наук. співробітник, старший науковий співробітник, e-mail: navrodska-ittf@ukr.net

Жученко І.М. – аспірант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivanzhuchenko@gmail.com

Шевчук С.І. – канд. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, ст. наук. співробітник, e-mail: s.i.shevchuk@gmail.com

Гнедаш Г.О. – канд. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, ст. наук. співробітник, e-mail: navrodska-ittf@ukr.net

Fialko N.M. - Corresponding Member of NAS of Ukraine, Institute of Technical Thermophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Head of Department, Professor, e-mail: nmfialko@ukr.net

Navrodska R.O. - Candidate of Technical Sciences, Institute of Technical Thermophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Senior Researcher, e-mail: navrodska-ittf@ukr.net

Zhuchenko I.M. - Postgraduate student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanzhuchenko@gmail.com

Shevchuk S.I. - Candidate of Technical Sciences, Institute of Technical Thermophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Senior Researcher, e-mail: s.i.shevchuk@gmail.com

Hnedash G.O. - Candidate of Technical Sciences, Institute of Technical Thermophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Senior Researcher, e-mail: navrodska-ittf@ukr.net