

Технічні науки

УДК 536.24:621.184.5

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувача відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Гнедаш Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Gnedash Georgii

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Шевчук Світлана Іванівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Сбродова Галина Олександрівна

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,
старший науковий співробітник*

Інститут технічної теплофізики НАН України

Sbrodova Galyna

*Candidate of Physic & Mathematic Sciences,
Associate Professor, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ
МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ КОТЕЛЬНИХ
УСТАНОВОК**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF THERMAL METHODS
APPLICATION OF GAS EXHAUST DUCTS PROTECTION BOILER
PLANTS**

***Анотація.** Викладено результати досліджень ефективності застосування в теплоутилізаційних системах котельних установок з комбінованим використанням утилізованої теплоти комплексу теплових методів запобігання конденсації в газівідвідних трактах. Виконано аналіз тепловологічного стану в гирлі димових труб різного типу у разі застосування повітряного методу в комплексі з методом підсушування охолоджених газів у газопідігрівачі.*

***Ключові слова:** комбіновані системи теплоутилізації, глибоке охолодження димових газів, запобігання конденсації в газівідвідних трактах.*

Summary. *The results of studies on the effectiveness of the use of a complex of thermal methods in heat-recovery systems of boiler plants with the combined use of the recovered heat for preventing condensate formation in gas-exhaust ducts are presented. The analysis of the heat-moisture state at the mouth of different types of chimneys was performed in the case of using the air method in combination with the method of drying cooled gases in gas heaters.*

Key words: *combined heat-recovery systems, deep cooling of exhaust gases, prevention of condensate formation in gas-exhaust ducts.*

На сьогодні проблема корозії відвідних газоходів і димових труб сучасних паливоспоживальних енергоустановок є ще надзвичайно актуальною, незважаючи на значний прогрес у вирішенні цієї проблеми шляхом застосування різних методів антикорозійного захисту вказаних трактів. Застосування цих методів є особливо важливим у разі оснащення енергоустановок системами теплоутилізації димових газів, де реалізується їх поглиблене охолодження, яке за деяких умов призводить до конденсатоутворення у газоходах і їхнього корозійного руйнування.

До застосовуваних методів захисту газовідвідних трактів, зокрема котельних установок, належать теплові методи відвернення в них конденсатоутворення. Це методи часткового байпасування відхідних газів повз теплоутилізатор, підмішування нагрітого повітря до охолоджених в теплоутилізаторі димових газів, а також підсушування цих газів шляхом нагрівання у поверхневих теплообмінниках (газопідігрівачах). До теплових методів запобігання конденсатоутворенню належать і методи зменшення теплових втрат з поверхні димових труб (зокрема шляхом їхньої теплоізоляції або розміщення вставних газовідвідних стволів).

Дослідженню ефективності застосування зазначених теплових методів присвячений значний обсяг наукових робіт [1-5]. Ці методи сприяють відверненню конденсатоутворення в газовідвідних трактах

шляхом дотримання умови перевищення температури внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ газоходу (аж до гирла димової труби) над точкою роси t_p димових газів ($t_{\text{пов}} \geq t_p$). Температура $t_{\text{пов}}$ визначається температурою газів t_r після застосування теплового методу, тобто на вході в димову трубу, та умовами охолодження газів у трубі в процесі їх евакуації. Ці чинники також впливають на екологічні режими димових труб, а саме на температуру та швидкість виходу газів з димової труби. Застосування вказаних теплових методів дозволяє збільшити ці показники та покращити умови розсіювання шкідливих викидів, що містяться у відхідних газах.

Однак, ефективність використання вказаних теплових методів поодиночі, зокрема для опалювальних котельних установок, має певні обмеження. Так, метод байпасування в деяких режимах експлуатації зменшує суттєво теплову ефективність теплоутилізації. Метод підсушування є дороговартісним і не забезпечує достатнього захисту димової труби в осінньо-весняний період опалювального періоду через низьку температуру в газопідігрівачі грійного теплоносія (прямої води котла). Теплоізоляція і розміщення газовідвідних стволів також вимагають значних капітальних витрат, проте при значному охолодженні димових газів (за позитивних температур навколишнього середовища) може спостерігатись конденсатоутворення в димовій трубі. Повітряний метод є ефективним навпаки – у разі значного зниження температури вихідних газів відносно початкової їх точки роси, що спостерігається лише в осінньо-весняний період опалювального сезону. Підвищення ефективності застосування теплових методів відвернення випадення вологи в газовідвідних трактах спонукає до розроблення нових теплоутилізаційних установок з антикорозійним захистом газовідвідних трактів протягом усього періоду експлуатації.

Одним із шляхів вирішення цього завдання для газоспоживальних опалювальних котельних установок є розроблення теплоутилізаційних

систем з комбінованим використанням утилізованої теплоти і теплових методів. На рис. 1 наведено схему пропонованої системи.

Теплоутилізаційна система призначена для нагрівання тепломережної води, дуттьового повітря і повітря для реалізації повітряного методу, який використовується в комплексі з методом підігрівання охолоджених газів у газопідігрівачі.

Для визначення ефективності використання вказаних методів в різних режимах роботи котла розраховувались точка роси димових газів t_p і температура поверхні $t_{пов}$ у самій вразливій ділянці тракту – гирлі димової труби. При цьому розглядалися такі умови роботи котлів, за яких зі зменшенням їхнього теплового навантаження до 50 % від номінального відбувається переведення відповідного числа котлів у номінальний режим і зменшення їхньої загальної кількості. В розрахунках використовувались режимні параметри опалювального котла КСВа – 2,0Г, які відповідали тепловому графіку системи опалення з розрахунковою температурою $t_{po} = -20$ °С та перепадом температур теплоносія 70 - 95 °С.

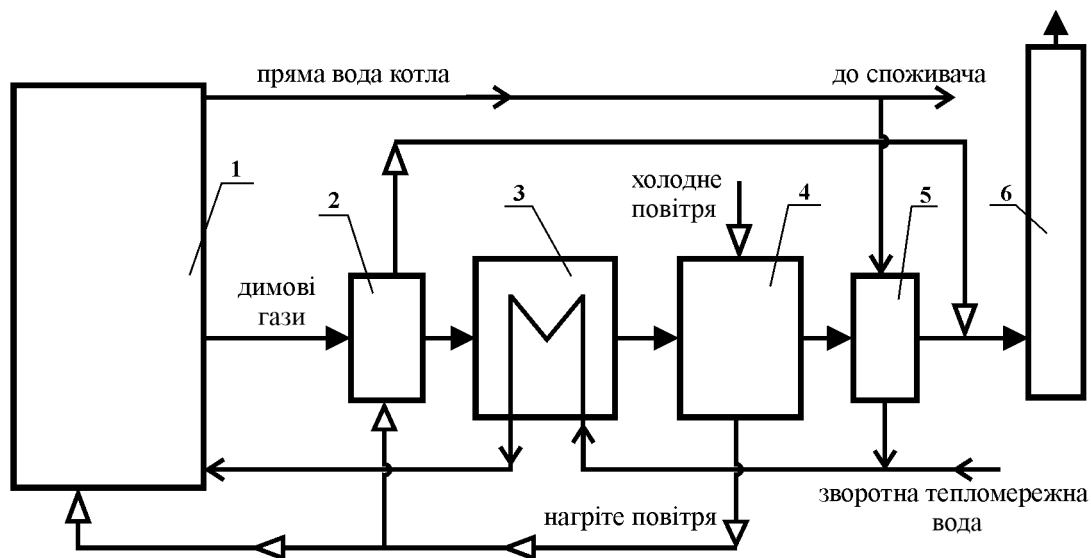


Рис. 1. Принципова схема котельної установки з запобіганням конденсатуутворенню в газовідвідному тракту при використанні комбінованої схеми теплоутилізації:

1 – котел; 2 – підігрівач повітря для підмішування; 3 – водогрійний теплоутилізатор; 4 – повітрогрійний теплоутилізатор; 5 – газопідігрівач; 6 – димова труба

Оцінювання ефективності досліджуваних методів визначалось за відношенням теплової потужності, необхідної для реалізації методу, до теплопродуктивності системи теплоутилізації:

$$\gamma = Q_{\text{вит}} / Q_{\text{ту}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Результати досліджень щодо запобігання конденсатоутворенню в цегляній димовій трубі в найбільш уразливому для труби діапазоні температур експлуатації ($-5 \text{ }^\circ\text{C} < t_{\text{нс}} < +5 \text{ }^\circ\text{C}$) наведено на рис. 2, 3.

Наведені дані свідчать, що застосування комплексу теплових методів в даних умовах забезпечує запобігання конденсатоутворенню в димовій трубі за відносно низьких рівнів коефіцієнта витрат теплоти γ . При цьому, частка σ підмішуваного повітря в розглянутому інтервалі температур навколишнього середовища змінюється від 0 до 5%. А для деяких температур навколишнього середовища в опалювальний період теплоутилізаційна система може використовуватись без підмішування нагрітого повітря. Для цього в котельній установці збільшується на частку σ витрата нагрітого дуттьового повітря, що відповідно посилює ефект теплоутилізації відхідних димових газів котла.

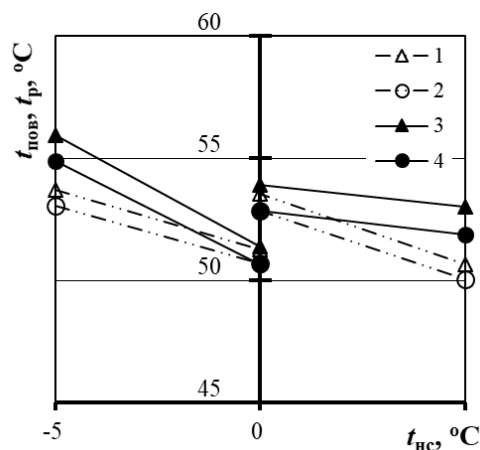


Рис. 2. Залежність від температури навколишнього середовища $t_{\text{нс}}$ температури внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ в гирлі цегляної димової труби (3, 4) і точки роси $t_{\text{р}}$ димових газів (1, 2) у разі відсутності підмішуванні повітря (1, 3) та за його наявності з часткою $\sigma = 5\%$ (2, 4)

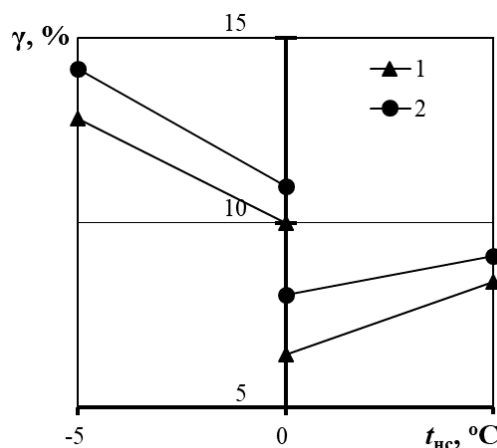


Рис. 3. Залежність коефіцієнта відносних витрат теплоти γ від температури навколишнього середовища t_{nc} при частці підмішаного повітря $\sigma = 5\%$ (2) та без нього (1)

Стосовно ефективності застосування досліджуваного комплексу теплових методів для металевої труби, то розрахунки свідчать, що запропонований комплекс забезпечує близький позитивний результат за умови відповідної теплоізоляції корпусу труби, тобто у разі застосування трьох теплових методів: підсушування, теплоізоляції і повітряного методу.

Отже, за результатами досліджень у разі застосування запропонованої котельної установки реалізується безпечна експлуатація газовідвідних каналів і димових труб протягом усього опалювального періоду.

Література

1. Fialko, N. M., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., Gnedash, G. O., & Sbrodova, G. O. (2018). Applying the air methods to prevent condensation in gas exhaust ducts of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(10), 76-80. <https://doi.org/10.15421/40281016>.

2. 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. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_22.

3. Fialko, N., Navrodska, R., Gnedash, G., Presich, G., & Shevchuk, S. (2021). Methods for protecting boiler chimneys against corrosion due to fall-out condensate from flue gases. *International scientific journal "Internauka"*, 9(109), 30-32. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7426>.

4. Fialko, N., Navrodska, R., Shevchuk, S., Presich, G., & Gnedash, G. (2019). The use of thermal methods to protect the exhaust-channels of boilers equipped with heat-recovery units. *International scientific journal "Internauka"*, 11(73), 14-16. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-11>.

5. Fialko, N. M., Navrodska, R. A., Shevchuk, S. I., Stepanova, A. I., Presich, G. A., & Gnedash, G. A. (2018). Thermal methods of protection of gas exhaust ducts of boiler plants. K.: Printing house "Pro format".