

Технічні науки

УДК [621.181:662.613]:66.047.004.1

Фіалко Наталія Михайлівна

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

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of NAS of Ukraine, Department Head
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 (PhD),
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 (PhD), 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*

Новаківський Максим Олександрович

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

Novakivskii Maksym

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

**МЕТОДИ ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ КОТЕЛЕНЬ З
КОМБІНОВАНИМИ УТИЛІЗАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ ТЕПЛОТИ
ДИМОВИХ ГАЗІВ
PROTECTION METHODS OF GAS EXHAUST TRACTS OF BOILER
PLANTS WITH COMPLEX RECOVERY SYSTEMS OF CALORIC OF
WASTE GASES**

***Анотація.** Запропоновано різні схематичні рішення теплового захисту газовідвідного тракту та димової труби газоспоживальних котелень від можливого конденсатоутворення при використанні теплоутилізаційних технологій з глибоким охолодженням димових газів.*

***Ключові слова:** відхідні димові гази, температура точки роси, конденсатоутворення, система хімоводоочищення, дуттьове повітря, газопідігрівач.*

***Summary.** Various schematic circuits for thermal protection of the gas exhaust tract and chimney of gas-fired boiler plants from possible condensate formation at using heat-recovery technologies with deep cooling of waste gases are proposed.*

Key words: *exhaust-gases, dew point temperature, condensation formation, water-purification system, combustion air, gas-heater.*

Для ощадного споживання природного газу у сфері комунальної теплоенергетики рекомендується для підвищення ефективності використання палива у газоспоживальних котлоагрегатах з відносно низьким ККД впровадження сучасних теплоутилізаційних технологій з комбінованим використанням теплоти димових газів та конденсаційним режимом роботи обладнання [1-8]. Основний принцип роботи такої технології – нагрівання відхідними газами котлоагрегата декількох різних за призначенням та температурним потенціалом теплоносіїв з відповідним охолодженням димових газів нижче температури точки роси. Додатковими теплоносіями, крім зворотної тепломережної води, у таких системах можуть бути холодна вода для технологічних потреб, наприклад для системи хімводоочищення (ХВО) та холодне дуттьове повітря, що подається у пальник котла для утворення газоповітряної суміші. Завдяки таким комбінаціям теплоносіїв реалізується глибоке охолодження димових газів, але через низьку їхню температуру створюються небезпечні умови, що сприяють утворенню конденсату у газовідвідному тракці котельні, а особливо у найбільш вразливій його частині – димовій трубі. Тому впровадження та експлуатація комбінованих теплоутилізаційних установок з конденсаційними утилізаторами без відповідного захисту газовідвідних трактів котельні не допускається.

До основних теплових методів захисту [9-12] належать:

- байпасування частини гарячих димових газів від котла повз теплоутилізаційну систему;
- підігрівання охолоджених димових газів після теплоутилізаторів в поверхневому теплообміннику – газопідігрівачі;

- підмішування до охолоджених газів на виході з теплоутилізаційної системи сухого гарячого повітря.

На рис. 1 а) наведено принципову схему комбінованої теплоутилізаційної системи у якій забезпечується у порівнянні з традиційними системами (підігрівання лише зворотної тепломережної води) більш глибоке охолодження відхідних димових газів та підвищення ефективності їхньої теплоутилізації шляхом застосування додаткового теплоутилізатора для нагрівання сирої води системи ХВО. Завдяки низькій температурі вказаної води ($5 \div 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) протягом опалювального сезону реалізується постійний конденсаційний режим роботи теплоутилізаційної системи.

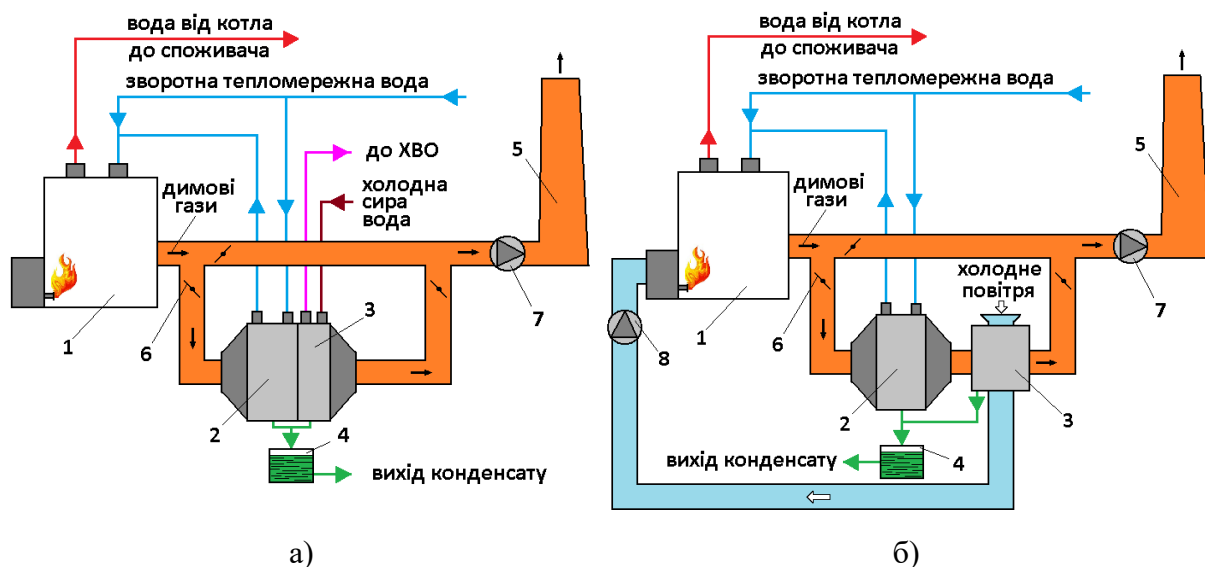


Рис. 1. Принципова схема комбінованої теплоутилізаційної системи з тепловим методом захисту газівідвідного тракту шляхом байпасування частини гарячих газів котла повз теплоутилізатори: а) з використанням двох водонагрівачів різного технологічного призначення; б) з використанням водогрійного та повітрогрійного нагрівачів; 1 – котел; 2 – водонагрівач зворотної тепломережної води; 3 – водонагрівач холодної води системи ХВО (а) або повітрянагрівач дуттьового повітря (б); 4 – конденсатозбірник (нейтралізатор); 5 – димова труба; 6 – шибер; 7 – димосос; 8 – вентилятор

У комбінованій теплоутилізаційній системі на рис. 1 б) висока теплова ефективність теплоутилізації димових газів досягається за рахунок додаткового застосування повітрогрійного теплоутилізатора, в якому завдяки низькій температурі зовнішнього повітря відбувається конденсація водяної пари. Таким чином, спільне застосування водогрійного та повітрогрійного теплоутилізаторів дозволяє реалізовувати сталий конденсаційний режим роботи теплоутилізаційної системи протягом усього опалювального сезону.

З метою уникнення утворення конденсата в газовідвідних трактах представлених на рис. 1 схем котельних установок з системами теплоутилізації передбачений найпростіший метод теплового захисту цих трактів, а саме – байпасування частини димових газів від котла повз теплоутилізаційну систему. У разі недостатнього рівня підігрівання димових газів методом байпасування можуть застосовуватися додатково або окремо інші теплові методи. Для прикладу на рис. 2 та 3 наведено для розглянутих комбінованих систем (рис. 1) принципові схеми з використанням методів байпасування та підсушування охолоджених димових газів шляхом їхнього підігрівання у теплообмінниках-газопідігрівачах на величину Δt , яка забезпечить відсутність конденсатоутворення у всьому газовідвідному тракті, включно устя димової труби.

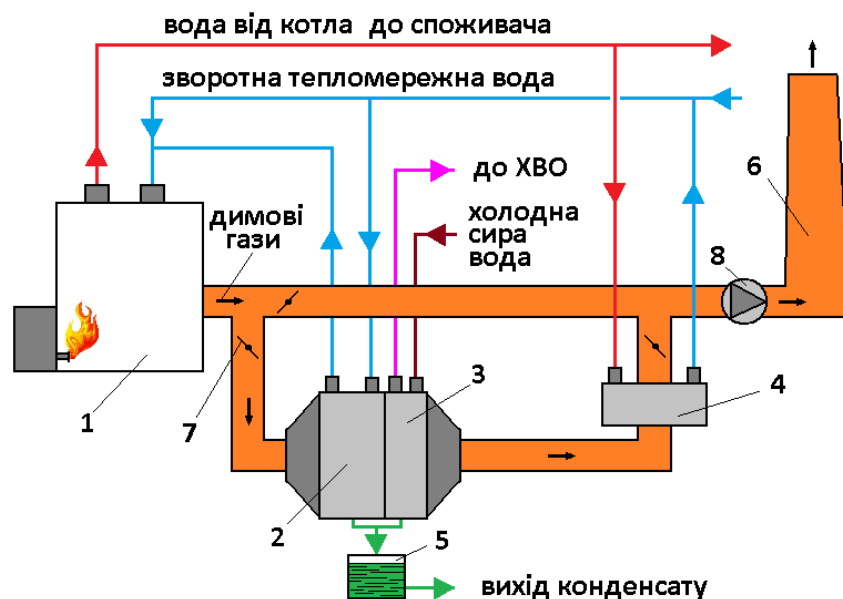


Рис. 2. Принципова схема комбінованої теплоутилізаційної системи з використанням двох водонагрівачів різного технологічного призначення та комплексом двох теплових методів захисту газовідвідного тракту (байпасування та підсушування димових газів): 1 – котел; 2 – водонагрівач зворотної тепломережної води; 3 – водонагрівач холодної води системи ХВО; 4 – газопідігрівач; 5 – конденсатозбірник (нейтралізатор); 6 – димова труба; 7 – шибер; 8 – димосос

Як видно з рис. 2 та 3 підігрівання димових газів у газопідігрівачі реалізується завдяки використанню теплоти прямої води від котла у схемі на рис. 2 та шляхом використання теплоти частини димових газів високого температурного потенціалу відібраних з конвективної частини котла у схемі на рис. 3, тобто застосовано водо-газовий та газо-газовий теплообмінник відповідно.

Впровадження комбінованих теплоутилізаційних систем дозволяє не тільки підвищити ефективність використання палива в котлі, але й знизити точку роси, що дозволяє виконувати умову відсутності конденсатоутворення в усті димової труби ($t_{\text{пов}} > t_p$) за меншої температури внутрішньої поверхні устя.

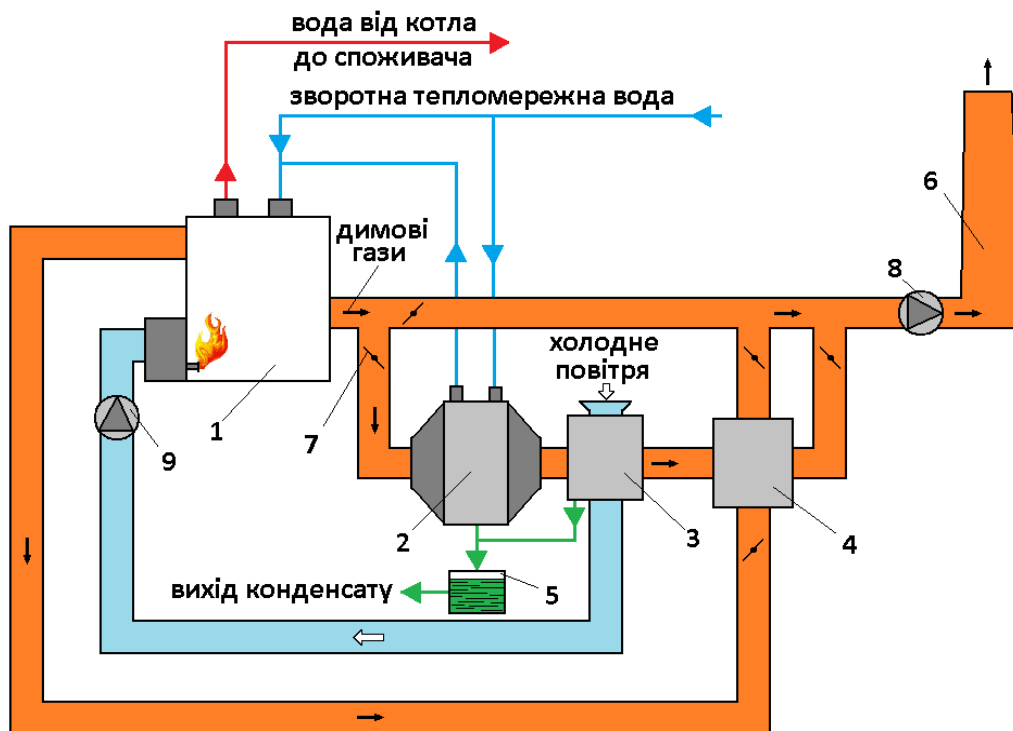


Рис. 3. Принципова схема комбінованої теплоутилізаційної системи з використанням водогрійного та повітрогрійного нагрівачів та комплексом двох теплових методів захисту газовідвідного тракту (байпасування та підсушування димових газів): 1 – котел; 2 – водонагрівач; 3 – повітрянагрівач; 4 – газопідігрівач; 5 – конденсатозбірник (нейтралізатор); 6 – димова труба; 7 – шибер; 8 – димосос; 9 – вентилятор

Утворений водний конденсат в обох запропонованих схемах може бути корисно використаний на власні потреби котельні [13-17] або безпечно відведений відповідно до норм скидних стоків через нейтралізатор конденсату до каналізаційної мережі.

Проектування комбінованої теплоутилізаційної системи та доцільність застосування відповідного теплового методу захисту її газовідвідного тракту має здійснюватися з урахуванням індивідуального підходу до кожного конкретного випадку з урахуванням наступних основних факторів: навантаження котелені, режимів роботи котлів відповідно до тепломережного графіка протягом опалювального періоду,

конструктивних особливостей газовідвідних каналів, типу та стану димової труби, схеми теплоутилізації, наявності в котельні підігрівачів дуттьового повітря.

Література

1. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S., Sbrodova G. Improvement of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler units. *International Scientific Journal "Internauka"*. 2021. № 9. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7427>
2. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Gnedash G. O., Glushak O. Y. Reduction of moisture content of exhaust gases in condensing heat-recovery exchangers of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2019. № 29(8). P. 116-119. doi: <https://doi.org/10.36930/40290821>
3. Fialko N. M., Presich G. A., Gnedash G. A., Shevchuk S. I., Dashkovska I. L. Increase the efficiency of complex heatrecovery systems for heating and humidifying of blown air of gasfired boilers. *Industrial Heat Engineering*. 2018. № 40(3). P. 38–45. doi: <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.06>
4. Fialko N. M., Gnedash G. O., Navrodska R. O., Presich G. O., Shevchuk S. I. Improving the efficiency of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler installations. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2019. № 29(6). P. 79-82. doi: <https://doi.org/10.15421/40290616>
5. Navrodska R. A., Stepanova A. I., Shevchuk S. I., Gnedash G. A., Presich G. A. Experimental investigation of heat-transfer at deep cooling of combustion materials of gas-fired boilers. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2018. № 28(6). P. 103-108. doi: <https://doi.org/10.15421/40280620>
6. Fialko N. M., Navrodska R. O., Gnedash G. O., Presich G. O., Shevchuk S. I. Study of Heat Recovery Systems for Heating and Moisturing Combustion Air of Boiler Units. *Nauka innov*. 2020. V. 16, No. 2. P. 47-53. doi: <https://doi.org/10.15407/scin16.03.047>

7. Fialko N., Presich G., Navrodska R., Gnedash G. Ekologichna efektyvnist kombinovanykh system utylizatsiyi teploty vykydnykh haziv kotelnoyi ustanovky [Ecological efficiency of combined heat recovery systems waste of exhaust gases for boiler plant]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu Lvivska politekhnika. Teoriya i praktyka budivnytstva*. 2013. 755. P. 429-434. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/22345>
8. Navrodska R., Fialko N., Presich G., Gnedash G., Alioshko S., Shevcuk S. Reducing nitrogen oxide emissions in boilers at moistening of blowing air in heat recovery systems. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 100, p. 00055). EDP Sciences. 2019. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055>
9. Fialko N., Navrodska R., Shevchuk S., Presich G., Gnedash G. The use of thermal methods to protect the exhaust-channels of boilers equipped with heat-recovery units. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. № 11(73).
10. Fialko N. M., Navrodska R. O., Presich G. A., Gnedash G. A., Shevchuk S. I. Application of an air method for protecting chimneys of boiler plants in heat recovery systems. *International Scientific Journal "Internauka"*. 2020. № 4(84). P. 84-87. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-4>
11. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Gnedash G. O., Sbrodova G. O. Applying the air methods to prevent condensation in gas exhaust ducts of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2018. № 28(10). P. 76-80. doi: <https://doi.org/10.15421/40281016>
12. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Presich G., Shevchuk S. Methods for protecting boiler chimneys against corrosion due to fall-out condensate from flue gases. *International scientific journal "Internauka"*. 2021. № 9(109). P. 30-32. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7426>
13. Fialko N. M., Navrodska R. O., Gnedash G. O., Novakivskii M. O., Presich G. O. Directions for the use of chemically aggressive water condensate in

- gas-fired boiler plants of municipal energy. *International scientific journal "Internauka"*. 2022. №3 <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-3-7948>
14. Fialko N. M., Navrodska R. O., Gnedash G. O., Shevchuk S. I., Presich G. O. Neutralization of acidic water condensate of gas-fired boiler units by decarbonization method into the granular type filter. *International scientific journal "Internauka"*. 2022. №4. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-4-7971>
15. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Novakivskii M., Sbrodova G. Use and disposal of acidic water condensate from gas-fired boiler units. *Municipal Economy of Cities*. 2021. № 4(164). P. 24-30. doi: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-4-164-24-30>
16. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Novakivskii M. Practical application of chemically aggressive water condensate in gas-fired boiler plants of municipal power. In *The 11th International scientific and practical conference "International scientific innovations in human life" (May 11-13, 2022) Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. 2022. 810 p.* (p. 188).
17. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Presich G. Decarbonization of acid water condensate of gas-fired boiler plants by filtration method. In *The 10th International scientific and practical conference "Science, innovations and education: problems and prospects" (May 4-6, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. 624 p.* (p. 130).