

Технічні науки

УДК 536.7:628.5

Фіалко Наталія Михайлівна

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

Фиалко Наталья Михайловна

*доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Украины, заведующая отделом
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of 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*

Навродская Раиса Александровна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

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

Гнедаш Георгий Александрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

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

Шевчук Светлана Ивановна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Shevchuk Svitlana

Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Пресіч Георгій Олександрович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Пресич Георгий Александрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Presich Georgii

Candidate of Technical Sciences (PhD),

Senior Scientific Researcher, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

**НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КИСЛОГО ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТУ
ГАЗОСПОЖИВАЛЬНИХ КОТЛОАГРЕГАТИВ МЕТОДОМ
ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ У ГРАНУЛЬОВАНОМУ ФІЛЬТРІ
НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КИСЛОГО ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТА
ГАЗОПОТРЕБЛЯЮЩИХ КОТЛОАГРЕГАТОВ МЕТОДОМ
ДЕКАРБОНІЗАЦИИ В ГРАНУЛИРОВАННОМ ФИЛЬТРЕ
NEUTRALIZATION OF ACIDIC WATER CONDENSATE OF GAS-
FIRED BOILER UNITS BY DECARBONIZATION METHOD INTO
THE GRANULAR TYPE FILTER**

***Аннотація.** Запропоновано технічне рішення нейтралізації хімічно агресивного водяного конденсату, що утворюється в системах теплоутилізації газоспоживальних котлів при глибокому охолодженні димових газів.*

***Ключові слова:** теплоутилізаційні технології, димові газы, конденсаційний режим, декарбонізація.*

***Аннотация.** Предложено техническое решение нейтрализации химически агрессивного водяного конденсата, образующегося в системах теплоутилизации газопотребляющих котлов при глубоком охлаждении дымовых газов.*

***Ключевые слова:** теплоутилизационные технологии, дымовые газы, конденсационный режим, декарбонизация.*

***Summary.** The technical solution for the neutralization of chemically aggressive water condensate, formed in the heat-recovery systems of gas-fired boilers at deep cooling of exhaust-gases, is proposed.*

***Key words:** heat-recovery technologies, exhaust-gases, condensation mode, decarbonization.*

У газоспоживальних котельнях, обладнаних сучасними конденсаційними котлами або теплоутилізаційним обладнанням, у якому димові гази котлоагрегата охолоджуються нижче точки роси водяної пари утворюється хімічно агресивний водний конденсат [1-11]. Завдяки використанню теплоти конденсації водяної пари реалізується підвищення коефіцієнта використання теплоти палива котельної установки, а у разі розчинення в конденсаті оксидів вуглецю та азоту, а в деяких випадках і оксидів сірки, спостерігається також значний екологічний ефект [6-11]. В результаті хімічної реакції при контакті димових газів з водою утворюються вугільна, азотиста і азотні кислоти, а область значень рН такого конденсату знаходиться в межах 3 ... 6. Цей конденсат досить агресивний, і тому виникає проблема його безпечного відведення до каналізаційної мережі, якщо не передбачено його корисне застосування у котельні або за її межами [12].

Щодо відведення отриманого конденсату до каналізації, то у більшості розвинених країн його скидання в каналізаційну мережу суворо регламентується [13; 14].

Допускається постійно зливати отриманий конденсат без нейтралізації до системи міської каналізації від газоспоживальних конденсаційних котлів номінальною потужністю до 50 кВт або в тих випадках, коли кількість конденсату не перевищує 20 кг/год.

Для котлів номінальною потужністю від 50 до 200 кВт допускається зливати конденсат без нейтралізації до системи міської каналізації при обладнанні їх спеціальними ємностями, які будуть накопичувати конденсат у нічний час та зливати його в систему каналізації вдень, коли відбувається зливання побутових стічних вод.

Для котлів більше 200 кВт конденсат дозволяється зливати в міську систему каналізації тільки після попередньої нейтралізації. При цьому матеріал каналізаційних труб повинен бути корозійностійким по

відношенню до конденсату (кераміка, полівінілхлорид, поліетилен або поліпропілен тощо).

За результатами проведених досліджень і виконаного аналізу існуючих способів нейтралізації водяного конденсату, отриманого шляхом глибокого охолодження димових газів газоспоживального котельного обладнання, для його декарбонізації Інститутом технічної теплофізики НАН України запропоновано технічне рішення з використанням методу фільтрації в шарі мармурової крихти (рис. 1).

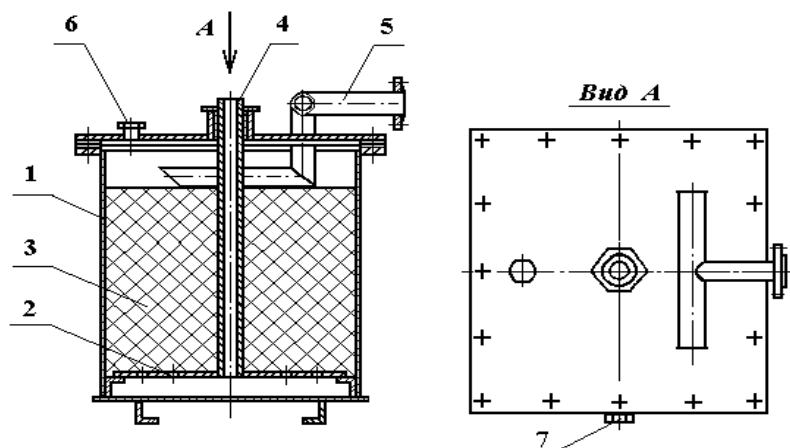


Рис. 1. Декарбонізатор кислого водяного конденсату з використанням фільтруючого матеріалу: 1 – корпус; 2 – водорозподільна решітка; 3 – фільтруючий матеріал (мармурова крихта); 4, 5 – приєднувальні патрубки для підведення та відведення конденсату; 6, 7 – переливний та зливний патрубки

Даний фільтруючий матеріал є досить дешевим, а конструкційні елементи і сполучні трубопроводи для підключення обладнання для нейтралізації можуть бути виготовлені з відповідного типу пластмас або гнучких шлангів. Геометричні параметри (перетин і висота) декарбонізатора повинні забезпечувати необхідну для протікання процесу нейтралізації швидкість течії конденсату.

Як видно з рисунку, декарбонізатор складається з розбірної ємності 1, в якій встановлена водорозподільна решітка 2 (для рівномірного надходження конденсату), над якою знаходиться фільтруючий матеріал 3

відповідного фракційного складу. Крім цього в конструкції передбачені патрубки 4 і 5 для підведення і відведення конденсату, а також патрубки 6 для видалення повітря і 7 для спорожнення даного обладнання при ремонті або технічному обслуговуванні.

Фільтрація відбувається знизу догори, тому подача конденсату в фільтр повинна здійснюватися знизу. Дане обладнання забезпечує нейтралізацію конденсату з кислотною реакцією до необхідних нормативних значень ($\text{pH} = 6,5 \dots 8,5$) відповідно до [14].

Термін експлуатації фільтруючого матеріалу розраховано на роботу протягом 3 ... 4 місяців, після чого він втрачає свої властивості і може бути замінений на новий. Для доступу до фільтруючого матеріалу корпус декарбонізатора оснащено кришкою. Для полегшення її демонтажу підключення патрубків 4 і 5 рекомендується здійснити на гнучких шлангах. Декарбонізатор може бути приєднаний до збірної ємності, з якої за допомогою насоса нейтралізований конденсат відводиться до каналізації.

Необхідність встановлення даного обладнання, як правило, рекомендується виробником конденсаційних котлів або визначається проектувальником на основі проведених розрахункових досліджень на стадії проектування теплоутилізаційного обладнання в разі модернізації котлів старого зразка. Як приклад, на рис. 2 представлено результати таких досліджень для визначення обсягів утвореного конденсату $G_{\text{кон}}$ в теплоутилізаторі протягом опалювального періоду при модернізації газоспоживального опалювального водогрійного котла номінальною тепловою потужністю $Q_k = 1 \text{ МВт}$.

На графіках наведено результати досліджень для двох варіантів використання утилізованої теплоти. Один із них стосується традиційного використання цієї теплоти для попереднього нагрівання лише зворотної тепломережної води, а другий відповідає комбінованому використанню

даної теплоти, а саме: для нагрівання зворотної тепломережної води та сирій води системи хімоводоочищення. Дані схеми характеризуються різним рівнем охолодження димових газів нижче температури точки роси водяної пари, що міститься в газах.

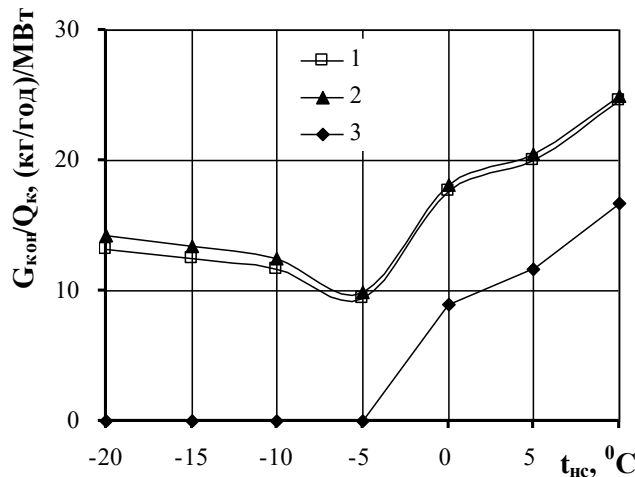


Рис. 2. Відносне значення обсягів утвореного в теплоутилізаторі водяного конденсату на 1 МВт встановленої теплової потужності котла $G_{кон}/Q_k$ протягом опалювального періоду в залежності від температури навколишнього середовища при комбінованому використанні утилізованої теплоти для нагрівання зворотної тепломережної води та сирій води системи хімоводоочищення обсягом 1,5 % (1) і 2 % (2) від витрати води у котлі та в теплоутилізаторі для нагрівання лише зворотної води (3)

У разі нагрівання в теплоутилізаторі зворотної тепломережної води глибоке охолодження газів нижче температури точки роси реалізується лише в осінньо-весняний період. При комбінованому використанні утилізованої теплоти глибоке охолодження димових газів має місце протягом усього опалювального періоду завдяки доохолодженню димових газів в теплоутилізаторі, призначеному для нагрівання холодної сирій води, що надходить на хімоводоочищення.

На основі отриманих результатів можна зробити висновки, що для котла номінальною тепловою потужністю 1 МВт максимальна витрата конденсату при нагріванні лише зворотної води системи тепlopостачання

(крива 3) не перевищує 20 кг/год, тобто дозволяється його пряме зливання до каналізації без попередньої декарбонізації.

При комбінованому використанні утилізованої теплоти (крива 1 і 2) максимальна витрата конденсату значно збільшується і перевищує значення 20 кг/год, отже у цьому разі обов'язковою умовою є його нейтралізація, якщо не передбачено корисне застосування водяного конденсату.

Висновки.

1. Обсяги утвореного конденсату суттєво залежать від потужності котлоагрегата, обраної схеми теплоутилізації димових газів і визначаються глибиною їхнього охолодження нижче температури точки роси.

2. Застосування декарбонізатора конденсату на основі методу фільтрації в шарі мармурової крихти забезпечує нейтралізацію хімічно агресивного конденсату до рівня нормованих значень рН, що дозволяє його безпечно відведення до каналізаційних стоків.

Література

1. 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>
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. Efimov A. V., Goncharenko A. L., Goncharenko L. V., Esipenko T. A. Sovremennye tekhnologii glubokogo okhlazhdeniia produktov sgoraniia topliva v kotelnykh ustanovkakh, ikh problemy i puti resheniia. *Kharkiv: Kharkiv Polytechnic Institute*. 2017. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/32826>
6. Fialko N. M., Presich G. A., Navrodska R. A., Gnedash G. A. Improvement of the complex heat-recovery system of exhaust-gases of boilers for heating and humidifying blown air. *Industrial Heat Engineering*. 2011. №33(5). P. 88–95.
7. Fialko N. M., Presich G. O., Gnedash G. O., Shevchuk S. I., Dashkovska I. L. Improving the efficiency of heat recovery systems for heating and humidifying the blast air of gas-consuming boilers. *Industrial heat engineering*. 2018. №40(3). P. 38-45. doi: <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.06>
8. Fialko N., Presich G., Navrodska R., Gnedash G. 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>
9. Fialko N., Navrodska R., Ulewicz M., Gnedash G., Alioshko S., Shevcuk, S. Environmental aspects of heat recovery systems of boiler plants. In *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 100. P. 00015. EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000015>
10. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Gnedash G. O. The environmental reliability of gas-fired boiler units by applying modern heat-

- recovery technologies. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2020. (2). doi: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/096>
11. 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*. 2019. Vol. 100. P. 00055. EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055>
12. 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>
13. Burger H., Boehle W. Specification sheet ATV-A 251: Energy-saving high-efficiency boiler systems and condensation water removal; Arbeitsblatt ATV-A 251 schafft Klarheit: Energiesparende Brennwertanlagen und Kondenswasserableitung. *Waermetechnik-Versorgungstechnik*. 2000. Vol.45. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20087888>
14. On approval of the rules of sewage reception to centralized drainage systems and the procedure for determining the size of the charge for over-discharge wastewater to centralized drainage systems : order of the Ministry of Regional Development of Ukraine from 01.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0056-18>