

Технічні науки

УДК 538.9:536.6

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 of the NAS of Ukraine, Head of the Department
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*

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*

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*

DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2026-8-12141>

**ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ГАЗОСПОЖИВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК
INCREASING THERMAL AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF
GAS-BURNING BOILER PLANTS**

Анотація. Запропоновано нову теплоутилізаційну установку для підігрівання і зволоження дуттьового повітря з розширеним колом нагріваних теплоносіїв різного потенціалу для парових котлів. Наводяться результати досліджень установки для системи «котел – теплоутилізаційна установка» з котлом номінальною теплопродуктивністю 0,63 МВт в різних режимах експлуатації. Показано, що застосування запропонованої установки дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти палива котла на 2,8...6,5 %.

Ключові слова: газоспоживальні котли, димові гази, нагрівання і зволоження дуттьового повітря, ефективність.

Summary. *The new heat-recovery plant for heating and humidifying the combustion air with an extended range of heated coolants of different potential for steam boilers is proposed. The results of research on the unit for the «boiler – heat-recovery plant» system with a boiler at a nominal heat output of 0.63 MW in different operating modes are presented. It is shown that the use of the proposed plant allows increasing the coefficient of the use heat of fuel of boiler by 2.8...6.5 %.*

Key words: *gas-fired boiler, exhaust gases, heating and humidification of the combustion air, efficiency.*

Вступ. На сьогодні в Україні через неухильне підвищення вартості палива постає необхідність його ощадного споживання. Разом з тим також посилюються вимоги та нормативи щодо контролю та зниження забруднення навколишнього середовища від спалювання цього палива. Тому розробленню енергозберезувальних та природоохоронних технологій для паливоспоживальних об'єктів приділяється підвищена увага. Зокрема, в комунальній теплоенергетиці застосовуються технології глибокої утилізації теплоти відхідних димових газів котельних установок, що здатні суттєво покращити теплову та екологічну ефективність цих установок. А саме, збільшення теплової ефективності досягається завдяки підвищенню ККД котла, а покращення екологічних показників реалізується в основному через зниження витрати палива [1, 2]. Разом з тим, чим глибше охолоджуються димові гази, тим вище тепловий та екологічний ефект теплоутилізації. Зазвичай у застосовуваних технологіях найчастіше використовуються теплоутилізаційні системи, призначені для нагрівання зворотної тепломережної води та дуттьового повітря перед

їхнім надходженням у котел. Через сталу тенденцію, спрямовану на посилення вимог щодо зниження викидів оксидів азоту у продуктах згоряння котельних установок останнім часом розробляють модернізовані теплоутилізаційні технології, в яких досягається підвищений екологічний ефект завдяки суттєвому зменшенню зазначених викидів з відхідними газами даних установок. Цей ефект обумовлений використанням частини теплоти газів котла на зволоження дуттьового повітря [3-5]. Надходження зволоженого повітря в процесі спалювання природного газу в котлі призводить до зниження температури горіння палива, що впливає на зменшення утворення оксидів азоту в топковому просторі. Особливістю роботи котелень з такими теплоутилізаційними системами є підвищений вміст вологи у димових газах. Дослідження спрямовані на покращення теплових та екологічних характеристик таких систем є актуальним завданням.

Мета роботи полягає у розробленні ефективних теплоутилізаційних систем для підігрівання і зволоження дуттьового повітря та визначенні їхніх теплових показників.

Методика проведення досліджень. Методика досліджень базувалася на використанні нормативного методу теплового розрахунку котельних установок та методики Інституту технічної теплофізики НАН України [1; 6; 7].

Основні завдання дослідження полягали: у розробленні нової схеми теплоутилізації (рис. 1) з використанням контактного апарату для нагрівання і зволоження дуттьового повітря та виконанні теплового розрахунку котельної установки з пропонованою системою теплоутилізації в різних режимах експлуатації котла.

Дослідження виконувались для системи «котел – теплоутилізаційна установка» з котлом номінальною теплопродуктивністю 0,63 МВт. При цьому приймалося, що в діапазоні теплового навантаження котла від 40 до

100 % коефіцієнт надлишку повітря в топці котла змінюється від 1,65 до 1,2 відповідно.

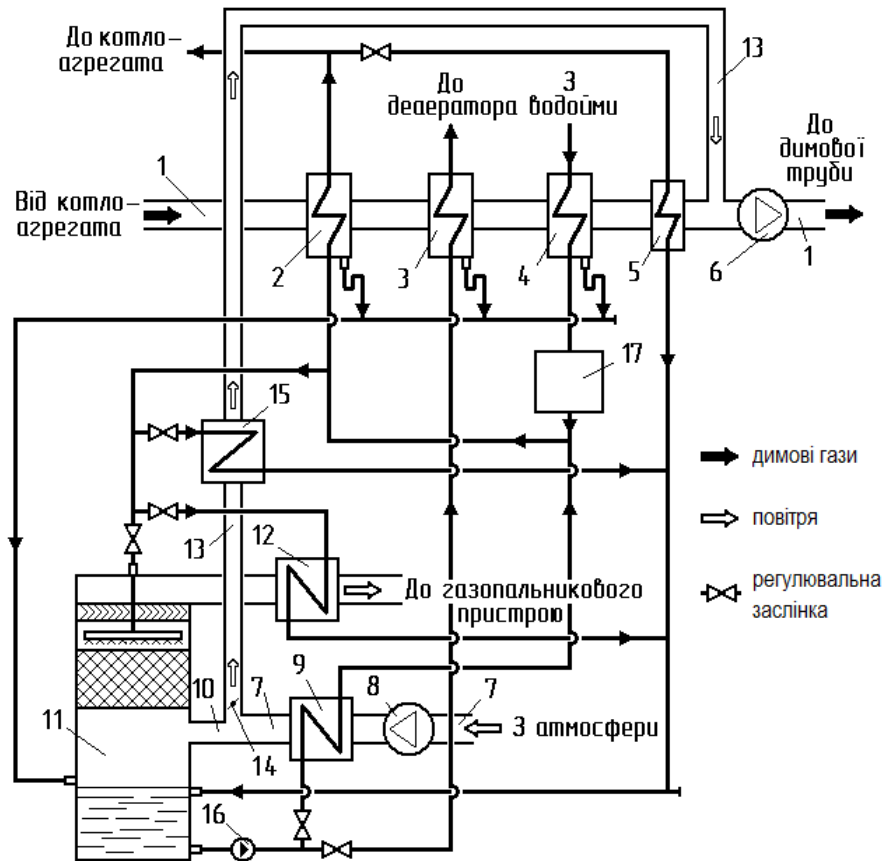


Рис. 1. Принципова схема теплоутилізаційної установки для підігрівання і зволоження дуттьового повітря з розширеним колом нагріваних теплоносіїв різного потенціалу для парових котлів:

1 – газохід; 2 – поверхневий водогрійний теплоутилізатор (ПВТ); 3, 4 – підігрівачі системи ХВО; 5 – газопідігрівач (ГП); 6 – димосос; 7, 10 – повітровід; 8 – вентилятор;
9 – повітрогрійний теплообмінник (ПТ); 11 – контактний водоповітряний тепломасообмінник (КВТ); 12 – повітродогрівач (ПД); 13, 15 – повітряний канал системи захисту димового тракту з відповідним теплообмінником; 14 – регулювальна заслінка; 16 – насос; 17 – система хімводоочищення (ХВО)

Теплоутилізаційна установка містить газохід 1, який з'єднує її на вході з котлоагрегатом та з димовою трубою на виході. В пропонованій установці застосовуються поверхневі водяні теплообмінники різного

призначення і контактний апарат для підігрівання і зволоження дуттьового повітря. Теплообмінною поверхнею водяних теплообмінників слугують пучки оребрених біметалевих труб (сталева основа і алюмінієве поперечне оребрення), а контактного апарату – насадка з гофрованих полівінілхлоридних (ПВХ) пластин [1].

Основними перевагами запропонованої комплексної теплоутилізаційної системи у порівнянні з традиційними теплоутилізаторами для підігрівання і зволоження дуттьового повітря є підвищення коефіцієнта використання теплоти палива до 6,5 % завдяки розширенню кола нагріваних теплоносіїв та наявність додаткового захисту газовідвідного тракту котельної установки від конденсатоутворення [8] за умов підвищеного вологовмісту димових газів.

Результати досліджень. Розрахункові дослідження виконувались в різних режимах навантаження котла, оскільки підвищення температури дуттьового повітря та його зволоження в поверхнево-контактній частині теплоутилізаційної системи впливають на температуру горіння, тепловий баланс котла, вихідні параметри газів, витрату палива, ККД котла тощо. Тому котел та комплексна теплоутилізаційна установка розглядалися як взаємопов'язані елементи єдиної системи. Особливість даного розрахунку полягає в тому, що вихідні параметри димових газів котла є вхідними для утилізаційної установки, а вихідні параметри дуттьового повітря з установки стають вхідними для котла.

За результатами виконаних розрахункових досліджень визначено теплові, гідравлічні та режимні характеристики системи «котел – теплоутилізаційна установка» для запропонованої нової комплексної теплоутилізаційної системи з підігріванням та зволоженням дуттьового повітря.

За результатами цих досліджень встановлено, що застосування пропонованої комплексної установки дозволяє підвищити коефіцієнт

використання теплоти палива котла на 2,8...6,5 % в залежності від режиму його експлуатації.

Характерні результати розрахункових досліджень системи «котел – теплоутилізаційна установка» подано в табл.1. Тут наводяться значення основних робочих характеристик такої системи під час роботи котлоагрегату в номінальному режимі.

Таблиця 1

Режимні показники теплоутилізаційної установки з навантаженням котла 100% ($G_{шт} = 70,17 \text{ м}^3/\text{год}$; $\alpha = 1,2$)

Найменування параметра	Позначення	Розмірність	Елемент теплоутилізаційної установки				
			ПВТ	ГП	ПТ	КВТ	ПД
1	2	3	4	7	8	9	10
Теплопродуктивність	Q	кВт	17,7	5,4	8,2	61,2	5,7
Витрата води	G_B	кг/с	0,20	0,20	0,20	0,72	0,20
Температура води на вході	t_B^{BX}	°C	69,1	90,2	77,0	69,1	83,8
Температура води на виході	t_B^{BIX}	°C	90,2	83,8	67,2	48,8	77,0
Витрата газів (повітря)	$G_G (G_{ПВ})$	кг/с	0,36	0,36	0,29	0,29	0,29
Температура газів (повітря) на вході	$t_G^{BX} (t_{ПВ}^{BX})$	°C	159,3	62,0	10,0	37,2	50,0
Температура газів (повітря) на виході	$t_G^{BIX} (t_{ПВ}^{BIX})$	°C	114,1	76,0	37,2	50,0	68,9
Аеродинамічний опір	ΔH	Па	41,8	33,8	9,1	149,9	15,1
Гідравлічний опір	ΔP	кПа	0,2	0,1	0,1	17,0	0,1

Висновки

1. Запропоновано нове технічне рішення комплексної теплоутилізаційної установки з розширеним колом нагріваних теплоносіїв різного температурного потенціалу для підігрівання та зволоження дуттьового повітря з додатковим захистом газовідвідного тракту котельної установки від конденсатуутворення за умов підвищеного вологовмісту відхідних димових газів.

2. Виконано розрахункові дослідження основних робочих характеристик теплообмінних елементів (теплоутилізаторів) запропонованої

теплоутилізаційної системи при її експлуатації з газоспоживальним котлом номінальною тепловою потужністю 0,63 МВт.

3. Показано, що застосування пропонованої комплексної установки дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти палива котла на 2,8...6,5 %.

Література

1. Fialko, N. M., Navrodska, R. O., Presich, G. O., Gnedash, G. O., Shevchuk, S. I., & Stepanova, A. I. (2019). Combined heat recovery systems for gas-fired boilers of communal heat energy. *Kyiv: «Pro format», 192.*

2. Fialko, N., Presich, G., Navrodska, R., Gnedash, G., & Shevchuk, S. (2018). Improving the ecological indicators of gas-fired boiler plants at the use of complex heat-recovery systems. *Innovations, 6(2), 79-81.* <https://stumejournals.com/journals/innovations/2018/2/79>

3. Fialko, N. M., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., & Gnedash, G. O. (2020). The environmental reliability of gas-fired boiler units by applying modern heat-recovery technologies. *Scientific Bulletin of National Mining University, (2), 96-100.* <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/096>

4. Fialko, N. M., Gnedash, G. O., Navrodska, R. O., Presich, G. O., & Shevchuk, S. I. (2019). Improving the efficiency of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler installations. *Scientific Bulletin of UNFU, 29(6), 79-82.* <https://doi.org/10.15421/40290616>

5. Fialko, N., Navrodska, R., Gnedash, G., Shevchuk, S., & Sbrodova, G. (2021). Improvement of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler units. *International Scientific Journal «Internauka», 9, 33-36.* <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7427>

6. Navrodska, R. A., Stepanova, A. I., Shevchuk, S. I., Gnedash, G. A., & Presich, G. A. (2018). Experimental investigation of heat-transfer at deep cooling of combustion materials of gas-fired boilers. *Scientific Bulletin of*

UNFU, 28(6), 103-108. <https://doi.org/10.15421/40280620>

7. Fialko, N., Navrodska, R., Gnedash, G., Presich, G., & Shevchuk, S. (2024). Study of Heat Recovery Systems for Heating and Moisturing Combustion Air of Boiler Units. *Science and Innovation*, 16(3), 43-49. <https://doi.org/10.15407/scine16.03.043>

8. 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.