

Технічні науки

УДК 536.24:621.184.5

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

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*

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*

Степанова Алла Ісаївна

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

Stepanova Alla

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

**НОВІ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНІ СИСТЕМИ З НАГРІВАННЯМ
РІЗНИХ ТЕПЛОНОСІЇВ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК
NEW HEAT-RECOVERY SYSTEMS WITH HEATING OF VARIOUS
HEAT-TRANSFER AGENTS FOR BOILER PLANTS**

***Анотація.** Запропоновано для опалювальних котелень комунальної теплоенергетики нову комбіновану теплоутилізаційну систему з використання утилізованої теплоти для підігрівання тепломережної води, дутьового повітря та води на хімоводоочищення. Виконано розрахункові дослідження теплової ефективності окремих елементів системи та всієї теплоутилізаційної установки в цілому.*

***Ключові слова:** комбіновані системи теплоутилізації, глибоке охолодження димових газів, ефективність.*

***Summary.** A new combined heat-recovery system using recovered heat for heating boilers of municipal heat and power engineering is proposed for heating return heat-network water, blown air, and water for chemical water-*

purification. Calculated studies of the thermal efficiency of individual elements of the system and the entire heat recovery unit were performed.

Key words: *combined heat recovery systems, deep exhaust-gas cooling, efficiency.*

Необхідність підвищення ефективності використання палива в газоспоживальних енергоустановках спонукає до розроблення їхніх нових технічних рішень, які забезпечують ощадне використання природного газу. Одним із дієвих напрямів економії палива, зокрема для котельних установок, є використання теплоутилізаційних технологій з дотриманням високих екологічних вимог щодо розсіювання шкідливих викидів, які містяться у вихідних газах [1; 2].

Важливим шляхом підвищення енергоефективності цих технологій є створення комбінованих теплоутилізаційних систем з поглибленим охолодженням вихідних газів [3; 4] шляхом використання теплоносіїв з різним температурним потенціалом.

Для опалювальних котелень розроблено котельну установку (рис. 1) з комбінованим використанням утилізованої теплоти для нагрівання дугтьового повітря та води: теплової мережі і хімводоочищення (ХВО).

Котельна установка містить водогрійний котлоагрегат 1 з газопальниковим пристроєм 2, сполучений відвідним газоходом з димовою трубою 3. У цьому газоході послідовно за напрямком руху димових газів розміщені спільний водопідігрівач 4 з теплообмінними поверхнями підігрівача мережної води 5 і підігрівача 6 холодної води на ХВО, повітропідігрівач 7 з патрубком відведення конденсату, газопідігрівач 8 і димосос 9.

Повітряний тракт установки, який з'єднує газопальниковий пристрій 2 з атмосферою містить повітровід, в якому послідовно за напрямком руху дугтьового повітря розміщені вентилятор 10 і повітропідігрівач 7.

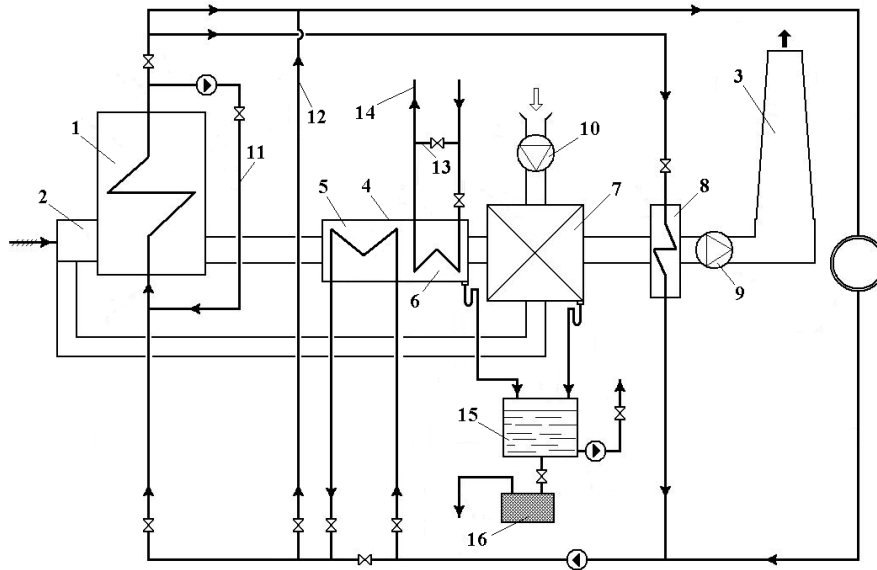


Рис. 1. Котельна установка з комбінованим використанням утилізованої теплоти:

1 – котлоагрегат; 2 – газопальниковий пристрій; 3 – димова труба; 4 – агрегований водопідігрівач; 5 – підігрівач зворотної тепломережної води; 6 – підігрівач води на систему (ХВО); 7 – підігрівач дугтьового повітря на горіння; 8 – газопідігрівач; 9 – димосос; 10 – вентилятор; 11 – рециркуляційний трубопровід; 12 – перепускний трубопровід; 13 – байпасний трубопровід; 14 – трубопровід на ХВО; 15 – конденсатний бак; 16 – нейтралізатор конденсату

Водяна система теплогенерувальної частини котельної установки під'єднана до системи тепlopостачання зі споживачем теплової енергії і містить котлоагрегат 1 та подавальний трубопровід з мережним насосом.

Паралельно до котлоагрегату 1 підключені рециркуляційний трубопровід 11 з рециркуляційним насосом та перепускний трубопровід 12 з регульовальним клапаном. Підігрівач 5 мережної води сполучено зі зворотним трубопроводом за напірною стороною мережного насосу.

У водяній системі водопідготувальної частини установки підігрівач 6 холодної води під'єднано до джерела водопостачання та до системи ХВО трубопроводом 14. Водяна система має байпасний трубопровід 13, конденсатозбірник 15, який підключено через конденсатний насос до деаератора, а через нейтралізатор 16 – до зливного трубопроводу котельні.

При роботі котельної установки димові гази, що утворюються в процесі спалювання природного газу після котла послідовно проходять спільний агрегатований водопідігрівач 4 з теплообмінними поверхнями підігрівача 5 мережної води та підігрівача 6 сирієї води, повітропідігрівач 7, в яких охолоджуються, а за певних умов – з утворенням відповідної кількості водяного конденсату з димових газів, і надходять у газопідігрівач 8, де підігріваються, що запобігає конденсатуутворенню при подальшому їх проходженні через відвідний газохід і димову трубу 3. Дуттьове повітря вентилятором подається до повітроводу, проходить через повітряну порожнину повітропідігрівача 7, де підігрівається, і надходить у газопальниковий пристрій 2. Зворотна вода системи теплопостачання надходить у підігрівач 5, де підігрівається, та подається у котлоагрегат 1, де догрівається до необхідного рівня. Частина нагрітої в котлі води за допомогою рециркуляційного насоса подається у зворотний трубопровід для підвищення температури води на вході в котлоагрегат 1 до нормального значення. Частина гарячої води з подавального трубопроводу надходить у газопідігрівач 8, де вода охолоджується та подається у зворотний трубопровід і змішується з охолодженою тепломережною водою. Частина холодної води з джерела водопостачання проходить підігрівач 6, де підігрівається, а інша частина – через байпасний трубопровід 13 надходить у трубопровід 14, що з'єднує підігрівач 6 з системою хімводоочищення. Водяний конденсат, який утворюється у водопідігрівачі 4 і повітропідігрівачі 7 при суттєвому охолодженні димових газів надходить у конденсатозбірник 15 і конденсатним насосом подається в деаератор. За необхідності відведення конденсату в каналізаційну систему котельні конденсатний насос вимикається і для забезпечення нормативів скидних стоків конденсат проходить через нейтралізатор 16 і подається у зливний трубопровід котельні.

В запропонованій установці досягається зменшення матеріалоемності теплоутилізаційної частини, підвищення її компактності та теплової ефективності, а при роботі установки в режимі зниження температури подавальної води підвищується ефективність осушування відхідних газів та ефективний антикорозійний захист газовідвідного тракту. В табл. 1 наведено результати досліджень щодо підвищення ефективності використання палива в запропонованій котельній установці.

Таблиця 1

Рівні приросту ККД та коефіцієнта використання теплоти палива КВТП для всієї теплоутилізаційної системи та окремих її елементів

Найменування теплообмінника схеми	Температура навколишнього середовища $t_{нс}$, °C						
	-20	-15	-10	-5	0	5	10
Підігрівач мережної води	2,9	2,8	2,6	2,4	3,1	3,7	4,8
Підігрівач води на ХВО	2,6	2,5	2,5	2,4	2,1	2,1	2,2
Повітрянагрівач	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	1,5	1,3
Уся теплоутилізаційна система	8,1	7,7	7,3	6,9	7,1	7,5	8,3

При виконанні розрахункових досліджень використовувались відомі методи розрахунку котельних установок та результати експериментальних досліджень, отриманих авторами [5]. Розрахунки виконувались для опалювального котла КСВа - 2,0Г та системи опалення з розрахунковою температурою $t_{ро} = -20$ °C і перепадом температур теплоносія 70 – 95 °C.

Результати досліджень свідчать, що застосування для опалювальних котлів пропонувані теплоутилізаційні системи дозволяє реалізовувати режими їхньої роботи зі зниженням температури газів нижче точки роси протягом усього опалювального періоду і завдяки цьому підвищити КВТП котла на 6,9 – 8,3 %.

Література

1. Fialko, N. M., Navrodskaia, R. A., Presich, G. A., Gnedash, G. A., Shevchuk, S. I., & Martiuk, O. (2018). Increase of ecological effectiveness of

complex heat-recovery systems for boiler plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 40(2), 27-32. <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.04>.

2. 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>

3. 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"*.

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. 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>.