

Н.М. Фіалко, Г.О. Пресіч, Р.О. Навродська, Г.О. Гнедаш
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

© Фіалко Н.М., Пресіч Г.О., Навродська Р.О., Гнедаш Г.О., 2013

Розроблено нове обладнання для утилізації теплоти відхідних газів газоспоживальних котлів з використанням комбінованої теплоутилізаційної системи підігрівання та зволоження дуттєвого повітря. Детально описано теплоутилізаційну систему, загальний вигляд теплоутилізаційного агрегата та принципову схему приєднання його до котла. Наведено дані теплової і екологічної ефективності, що підтверджені результатами випробувань котельної установки з теплоутилізаційним агрегатом.

Ключові слова: газоспоживальні котли, відхідні гази, теплоутилізаційний агрегат, заощадження палива, скорочення шкідливих викидів.

The new equipment for heat-utilization of exhaust gases of gas-fired boilers with usage combined heat-recovering system of a heating and humidifying of blow air is developed. The detailed description of heat-recovering system, the general view of the heat-recovering aggregate and the basic scheme of its connection to the boiler is given. Data of the thermal and ecological efficiency are confirmed by results of the test of boiler installation with heat-recovering aggregate.

Key words: gas-fired boilers, exhaust gases, heat-recovering aggregate, economy of fuel, reduction of harmful emissions.

Вступ

Сьогодні в енергетичній галузі України, особливо в комунальній теплоенергетиці, проблеми раціонального використання палива та покращення екологічної ситуації є вкрай важливими та певною мірою вирішуються шляхом утилізації теплоти димових газів газоспоживальних котлоагрегатів, оскільки основними втратами енергії під час спалювання природного газу в теплових установках є втрати теплоти з відхідними газами. Але широке впровадження теплоутилізаційних технологій у газоспоживальних котельнях комунальної теплоенергетики стримується низкою проблем, серед яких – розширення кола споживачів використання теплоти, що виробляється в утилізаційних установках, а також значні габарити теплоутилізаційних установок та складність розміщення їх функціональних елементів і з'єднувальних комунікацій через брак вільного місця у сучасних котельнях.

Ефективним вирішенням проблеми сталого споживання у часі утилізованої теплоти у газоспоживальних котельнях є застосування теплоутилізаційних установок з обладнанням для підігрівання дуттєвого повітря з одночасним його зволоженням за рахунок теплоти відхідних димових газів котлоагрегатів. Для здійснення такого підігрівання існують теплоутилізаційні системи, які містять контактний водопідігрівач (власне теплоутилізатор), контактний повітропідігрівач та контур проміжного теплоносія (води). Саме у контактному повітропідігрівачі одночасно відбувається підігрівання і зволоження дуттєвого повітря. Подача обробленого в такий спосіб повітря у топку котла дає змогу отримати зменшення витрати палива з відповідним скороченням викидів диоксида вуглецю, а головне – значне скорочення утворення оксидів азоту у топці котлоагрегата і зменшення їх вмісту у відхідних димових газах. Поряд з позитивними якостями такі системи мають істотні недоліки – значна висота протитокових контактних апаратів і низька температура підігрівання повітря, а відповідно – низький ступінь його зволоження.

Очевидним є той факт, що під час розробки ефективного устаткування особливу увагу треба приділити створенню нових компактних комбінованих апаратів на основі малогабаритних теплообмінників. Застосування таких теплоутилізаційних агрегатів забезпечуватиме порівняно з традиційним (неагрегованим) обладнанням такі переваги:

- зменшення необхідної для розміщення установки вільної площі котельні;
- збільшення теплової ефективності теплоутилізаційної установки завдяки зменшенню теплових втрат, що зумовлено меншою зовнішньою площею;
- зменшення енергетичних витрат на переміщення теплоносіїв внаслідок зменшення аеродинамічного і гідравлічного опорів завдяки скороченню протяжності комунікацій між елементами системи, а в деяких випадках – їх повного усунення;
- зменшення металомісткості установки, а відтак і її вартості під час виробництва.

Результати досліджень

Інститут технічної теплофізики НАН України розробив теплоутилізаційну систему з комбінованим агрегатом для підігрівання і зволоження дуттєвого повітря газоспоживальних котлів. Комбінований малогабаритний поверхнево-контактний теплоутилізаційний агрегат є альтернативою традиційному контактному-контактному апарату, який характеризується значними матеріаломісткістю і габаритами. Істотно менша висота поверхнево-контактного теплоутилізаційного агрегата порівняно з контактним зумовлені, по-перше, застосуванням водопідігрівача поверхневого типу, і по-друге, зменшенням висоти контактного повітропідігрівача завдяки застосуванню перехресного току замість протитоку, який переважно реалізується у таких апаратах. Однією з важливих переваг поверхнево-контактного теплоутилізаційного агрегата порівняно з контактним є вищий рівень підігрівання води у поверхневому теплоутилізаторі (вище від температури адиабатного насичення відхідних газів) і відповідно можливість більшого зволоження дуттєвого повітря у контактному повітропідігрівачі.

Структурну схему теплоутилізаційного агрегата за запропонованою технологією показано на рис. 1.

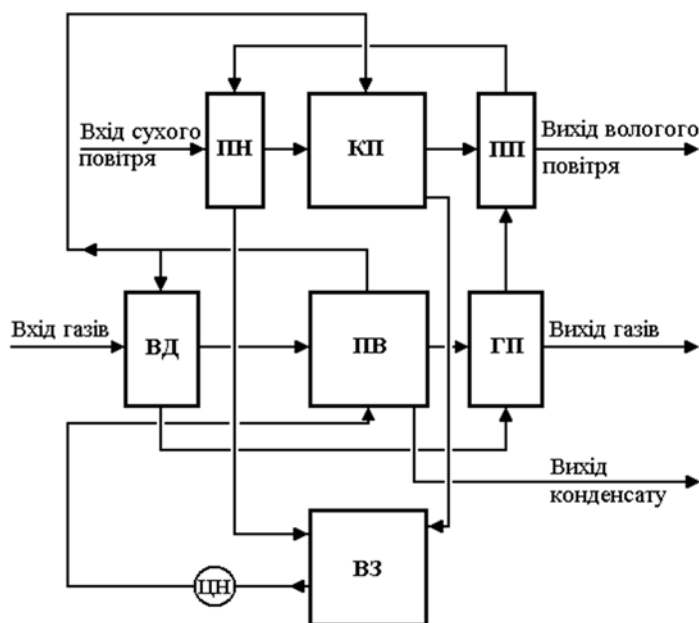


Рис. 1. Структурна схема запропонованого комбінованого теплоутилізаційного агрегата:
 ПН – повітрянагрівач; КП – контактний повітропідігрівач; ПП – повітроперегрівач; ВД – вододогрівач;
 ПВ – поверхневий водопідігрівач; ГП – газопідігрівач; ВЗ – водозбірник; ЦН – циркуляційний насос

Порівняно з існуючими схемами у запропонованій застосовано два нові елементи – вододогрівач (ВД) та повітрянагрівач (ПН), що дає змогу підвищити температуру води, яка надходить у газопідігрівач (ГП), і температуру повітря перед входом до контактного

повітропідігрівача (КП). Від основного контура циркуляції, яка здійснюється циркуляційним насосом (ЦН), відгалужено додатковий, який з'єднує послідовно водогрівач, газопідігрівач, повітроперегрівач (ПП), повітронагрівач і водозбірник (ВЗ). Така комбінація елементів забезпечує підвищення ефективності теплоутилізаційного агрегата завдяки підвищенню температури повітря перед контактним повітропідігрівачем, тобто вологомісткості повітря, а також забезпечує роботу теплоутилізаційної системи без споживання теплової енергії від зовнішнього джерела.

Завдяки наявності додаткового циркуляційного контура з елементами системи, що входять до нього, збільшується споживання системою теплової енергії на власні потреби, підвищується теплова ефективність теплоутилізаційної системи та підвищується температура води перед газопідігрівачем, що забезпечує роботу системи без споживання теплової енергії від зовнішнього джерела на осушування охолоджених газів і додаткове нагрівання повітря. Таке удосконалення здійснено завдяки введенню у структурну схему теплоутилізаційного агрегата додаткових елементів і відповідного їх з'єднання між собою та з існуючими елементами. (За винаходом згідно з патентом України № 56591).

На основі розробленої системи Інститут технічної теплофізики НАН України створив і впровадив комбінований теплоутилізаційний агрегат ПДП-1,5 для котлів теплопродуктивністю 0,63 МВт. Загальний вигляд агрегата показано на рис. 2, 3.

У корпусі теплоутилізаційного агрегата розміщені поверхні теплообміну з оребрених труб (сталева основа і алюмінієве оребрення), включена в основний і додатковий водяні циркуляційні контури і контактна камера повітропідігрівача. Робочою насадкою повітропідігрівача є пакет з блоків гофрованих полівінілхлоридних листів. Теплообмінні елементи і контактна насадка повітропідігрівача є продукцією українського виробництва.

Введену в експлуатацію комбіновану теплоутилізаційну установку з агрегатом ПДП-1,5 за паровим котлом Е-1,0-9Гн-2 в одній з котельень філіалу „Житлотеплоенерго Київенерго” показано на рис. 4, а на рис. 5 показано принципову схему котельної установки з теплоутилізаційним агрегатом ПДП-1,5 за паровим котлом Е-1,0-9Гн-2.

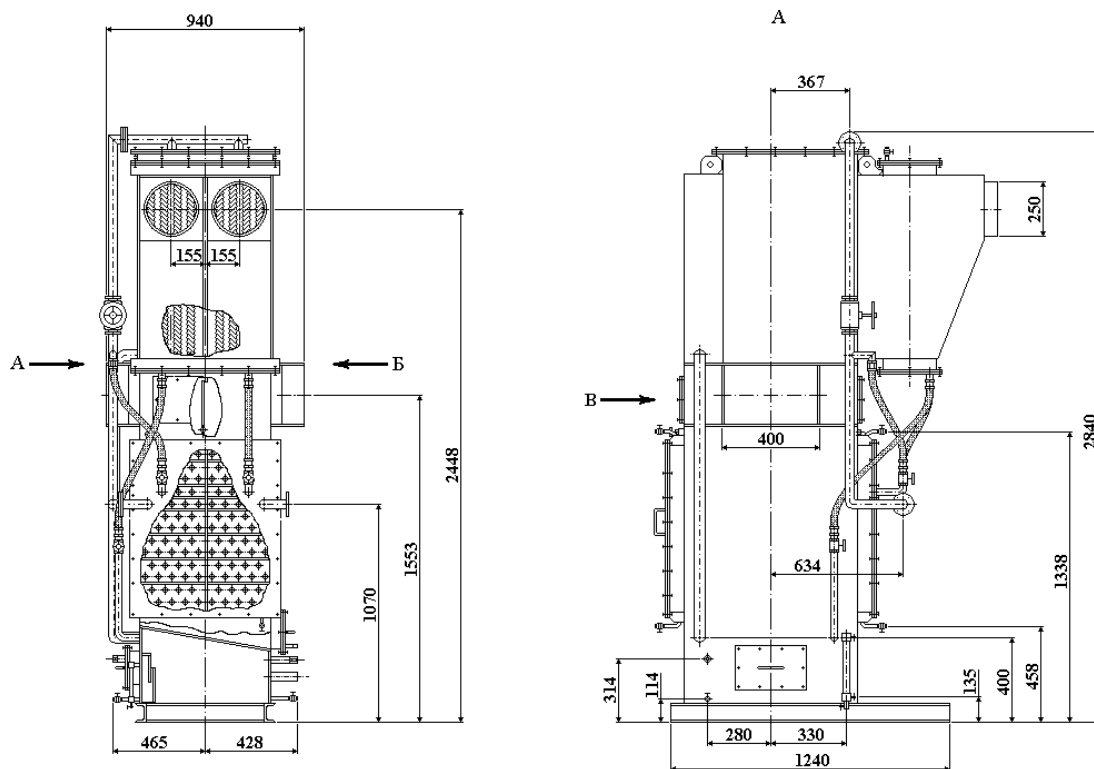


Рис. 2. Малогабаритний комбінований теплоутилізаційний агрегат ПДП-1,5 для котлів теплопродуктивністю 0,63 МВт

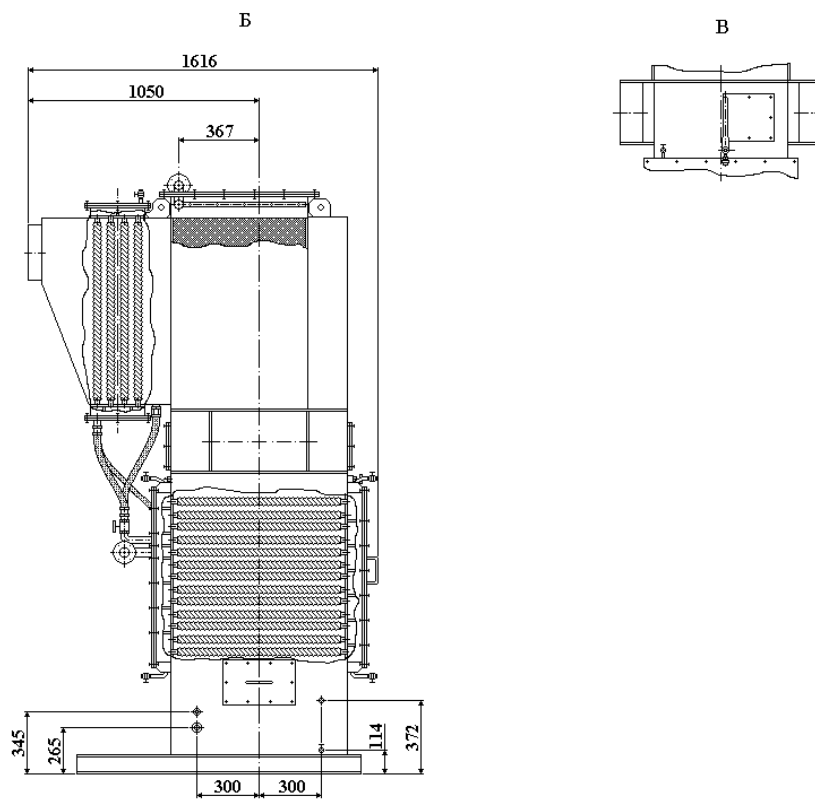


Рис. 3. Малогабаритний комбінований теплоутилізаційний агрегат ПДП-1,5 для котлів теплопродуктивністю 0,63 МВт (продовження)

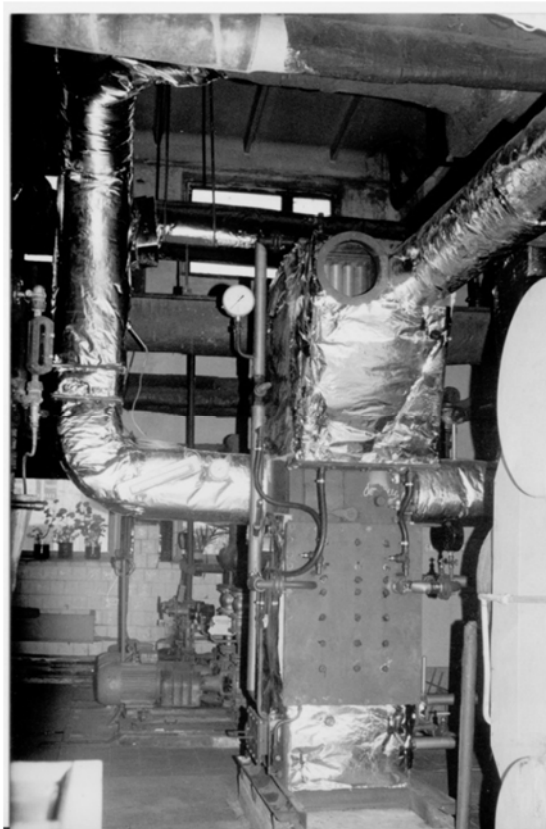


Рис. 4. Комбінований теплоутилізаційний агрегат ПДП-1,5 у котельні

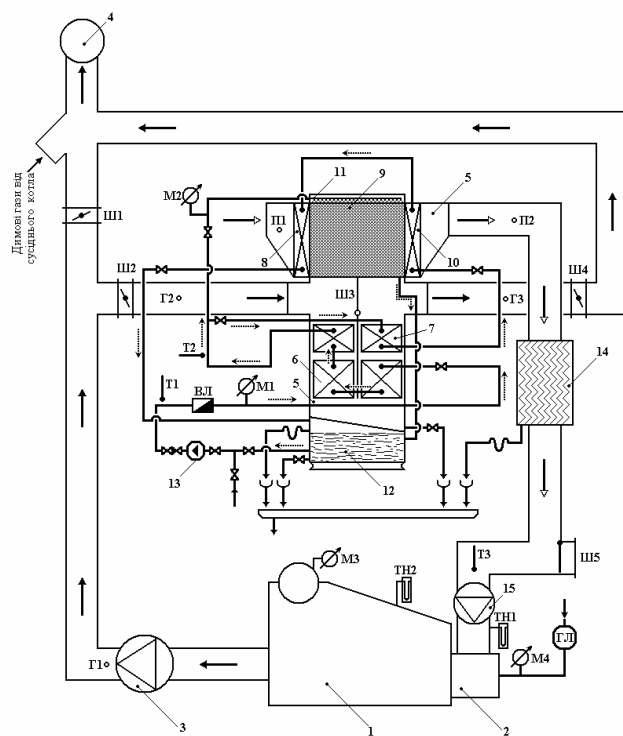


Рис. 5. Принципова схема котельної установки з теплоутилізаційним агрегатом ПДП-1,5:

- 1 – котел; 2 – паликовий пристрій; 3 – димосос; 4 – димова труба;
 5 – теплоутилізаційний агрегат ПДП-1,5 (6 – теплообмінні поверхні водопідігрівача; 7 – газопідігрівач;
 8 – повітрянагрівач; 9 – контактний повітряпідігрівач; 10 – повітрядогрівач; 11 – водорозподільник;
 12 – водозбірник); 13 – циркуляційний насос теплоутилізаційної установки; 14 – водоуловлювач;
 15 – вентилятор; Ш1-Ш5 – заслінки на газоходах та повітроводах; ВЛ – водяний лічильник; ГЛ – газовий лічильник; М1-М4 – манометри; Т1-Т3 – термометри; ТН1, ТН2 – тягонапоміри; Г1-Г3 – точки вимірювань параметрів відхідних газів; П1, П2 – точки вимірювань параметрів повітря

Результати випробувань наведені у таблиці.

Технічні характеристики котельної установки з котлом Е-1,0-9Гн-2 і теплоутилізаційним агрегатом ПДП-1,5

Назва параметра, розмірність	Значення
Теплопродуктивність котла, МВт	0,4
Витрата газу, м3/ год ($Q_n^p = 8342$ ккал/м3)	49
Температура холодного повітря, °С	25
Вологовміст холодного повітря, кг/кг с.п.	0,014
Температура підігрітого повітря, °С	55
Вологовміст підігрітого повітря, кг/кг с.п.	0,080
Температура димових газів за котлом, °С	226
Вміст оксидів азоту за котлом, ppm	41
Коефіцієнт надлишку повітря за котлом	1,89
Вологовміст димових газів за котлом, кг/кг с.г.	0,164
Витрата води, що циркулює, т/год	2,05
Температура води на вході у водопідігрівач, °С	56,1
Температура води на виході з водопідігрівача, °С	82,3
Температура димових газів за агрегатом, °С	125
Вміст оксидів азоту за агрегатом, ppm	9
ККД котла без агрегата, %	81,6
ККД котла з агрегатом, %	84,4

У зв'язку з наявністю у повітряному тракці установки контактного повітропідігрівача 9 для попередження потрапляння з повітрям дисперсної вологи у пальниковий пристрій 2 установка оснащена водоуловлювачем 14. Блок водоуловлювача складається з профільних полівінілхлоридних елементів.

Випробування котельної установки з теплоутилізаційним агрегатом ПДП-1,5 проводилося у реальних умовах експлуатації котла за його навантаження 53 % у режимі малого горіння. Результати випробувань котельної установки з теплоутилізаційним агрегатом підтвердили високу теплову і екологічну ефективність застосування підігрівання та зволоження дуттєвого повітря. Так, збільшення ККД котла під час роботи в режимі малого горіння становить 2,8 %, а вміст оксидів азоту у димових газах за котлом зменшується в 4,5 раза – від 41 до 9 ppm, тобто зменшення становить 78 %. При цьому заощадження палива, яке мало бути витрачене на забезпечення зволоження дуттєвого повітря без застосування теплоутилізаційної системи, визначається за формулою

$$\Delta b_{зв} = \frac{Q_{зв}}{Q_k} \cdot 100 \% ,$$

де $Q_{зв}$ – кількість теплоти, яку отримує повітря на зволоження, кВт; Q_k – теплопродуктивність котла, кВт.

За результатами випробувань значення величини $\Delta b_{зв}$ становить 13,1 %.

Висновки

Аналіз отриманих результатів показав, що впровадження комбінованого теплоутилізаційного агрегата ПДП-1,5 дає змогу завдяки підігріванню дуттєвого повітря досягти відповідного економічного ефекту, а саме – підвищення ККД котлоагрегата, а за рахунок зволоження дуттєвого повітря отримати значний екологічний ефект.