

Руденко О.І.,
к.т.н., доцент кафедри економіки і підприємництва
Мезенцева О.О.,
асистент кафедри економіки і підприємництва
Терех О.М.,
к.т.н., старший науковий співробітник
кафедри атомних електричних станцій та
інженерної теплофізики
НТУУ «Київський політехнічний інститут»

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОГО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Постановка проблеми. Сучасний стан існуючого теплогенеруючого обладнання вітчизняних підприємств потребує його технічного переоснащення, яке полягає у заміні морально застарілого та фізично зношеного устаткування. Це викликано необхідністю жорсткої економії енергетичних ресурсів, зниженням матеріаломісткості продукції та капітальних витрат виробництва [1].

Така міра викликана ще й тим, що його ремонт і модернізація вимагають значних матеріальних і довготривалих витрат у зв'язку з їх великими масогабаритними характеристиками (наприклад, загальна маса лише одних теплообмінних пристроїв котельного агрегату досягає 35 .. 40% від його маси).

Практичний досвід і аналіз можливих інженерних рішень даної проблеми показують, що до числа цих заходів відносяться розробка і впровадження нових видів теплообмінного устаткування з високою теплоаеродинамічною ефективністю, технологічністю і порівняно невисокою вартістю виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема ефективного використання енергоресурсів, особливо зниження енерговитрат на власні потреби підприємств, постійно привертає увагу теоретиків і практиків у галузі економіки. Цій проблемі присвячені дослідження таких вчених, як В.Г. Андрійчук, В.М. Андрєєв, В.К. Афанасьєв, В.Т. Шаліков, І.М.Буздалов, О.В. Приліпка, П.М. Макаренко, Є.П.Оглоблін, О.М. Шестопаль та ін.

Однак, відомі результати вирішення питань економії палива та енергії в промисловості й енергетиці [2; 3], як правило, базуються на традиційному підході з використанням теплообмінного обладнання і теплопередаючих елементів відомої геометричної форми та конструктивного виконання. Однак, ці заходи вже не дозволяють отримати помітного поліпшення у вирішенні питань економії матеріальних і енергетичних ресурсів у сучасних умовах. Тому, настав час впровадження нових енергозберігаючих технологій та устаткування, які дозволять ще більше знизити енергетичні витрати та вартість обладнання і, таким чином, підвищити ефективність промислового виробництва.

Одним з напрямів енергозбереження є використання скидної теплоти відхідних продуктів згорання природного газу після котлів (наприклад, для нагрівання зворотньої мережевої води) за допомогою економайзерів-утилізаторів з новими теплообмінними поверхнями. Це і зумовило вибір напряму дослідження в даній роботі.

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування економічної ефективності використання економайзера-утилізатора із плоскоовальних труб з неповним поперечним оребренням (рис.1) на енергогенеруючих підприємствах. Для цього використані результати випробувань такого економайзера-утилізатора і техніко-економічні характеристики, отримані при його роботі в реальних промислових умовах.



Рис. 1. Загальний вигляд плоскоовальної труби з неповним поперечним оребренням [4]

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження теплоаеродинамічних характеристик пакетів зазначених труб та аналіз їх результатів показали, що в порівнянні з пакетами труб, несуча частина і ребра яких мають традиційну циліндричну [5] або еліптичну форму [6], для пакетів труб плоскоовального профілю характерні більш висока інтенсивність теплообміну і більш низький аеродинамічний опір при приблизно рівному переданому тепловому потоці. Крім цього, використання вуглецевих сталей в конструкції труб і застосування контактної зварювання для кріплення ребер до несучої труби (табл.1) сприяють зниженню контактної термічної опору, зменшенню вартості виготовлення і, відповідно, поліпшенню їх техніко-економічних характеристик.

Таблиця 1

Порівняння геометричних характеристик різних видів труб

№ п/п	Параметри	Плоскоовальна труба [4]	Біметалева труба [5]	Еліптична труба [6]
1	Коефіцієнт оребрення	15,2	14,5	12,2
2	Площа теплообмінної поверхні на довжині 1 м, м ²	1,530	1,275	1,494
3	Матеріал несучої труби	Вуглецева сталь	Вуглецева і нержавіюча сталь, латунь	Вуглецева сталь
4	Матеріал ребер		Алюмінієвий сплав	
5	Кріплення ребер до несучої труби	Контактне зварювання	Накатування	Плотна посадка

Наразі, серійний випуск труб плоскоовального профілю освоєно і налагоджено низкою спеціалізованих підприємств України. Також розроблена технологія контактної зварювання ребер з несучою трубою [7]. З урахуванням цього, а також беручи до уваги ефективність застосування таких труб в теплообмінному обладнанні, в НТУУ «КПІ» спільно з відділом процесів і технологій теплозабезпечення інституту технічної теплофізики НАН України, було розроблено і виготовлено економайзер з плоскоовальних труб з неповним поперечним оребренням для використання на енергетичних підприємствах.

Такий економайзер-утилізатор (рис. 2) було встановлено в одній з районних котельень м. Запоріжжя для утилізації теплоти димових газів за водогрійним котлом типу ПТВМ-30М.



Рис. 2. Економайзер з плоскоовальних труб з неповним оребренням

У таблиці 2 представлені розрахункові показники технічних характеристик економайзера-утилізатора для двох режимів роботи котлоагрегату.

Результати випробувань економайзера-утилізатора показали, що додатковий підігрів зворотної води в мережі за рахунок утилізації теплоти відхідних газів збільшив ККД котлоагрегату в цілому на 3-5%. Це дозволило знизити споживання природного газу на нагрів мережної води при номінальному режимі роботи котла – на 145 м³/год, а при тепловому навантаженні котла 50% від номінальної – на 55 м³/год.

Таблиця 2

Розрахункові показники технічних характеристик економайзера-утилізатора

Найменування величини	Номинальне навантаження	50 % навантаження
Теплопродуктивність утилізатора, Гкал/год	1,18-1,21	0,43-0,47
Температура газів перед утилізатором, ° С	185	135
Температура газів після утилізатора, ° С	120 -125	90 - 95
Температура води на вході в утилізатор, ° С	70	70
Температура води на виході з утилізатора, ° С	80	74
Витрата води через теплоутилізатор, т / год	110-120	110-120
Аеродинамічний опір утилізатора, Па	200 - 250	120 - 150

Незважаючи на те, що економайзер є додатковим опором в газовому тракті котельної установки, проведені розрахунки і випробування також показали, що величина цього опору не спричинить істотного впливу на величину загального аеродинамічного опору газового тракту. Внаслідок цього не виникла необхідність у додатковому регулюванні димососа на більш високе навантаження. Тому й експлуатаційні витрати в зв'язку з цим практично не змінилися.

Для розрахунків економічної ефективності і очікуваного економічного ефекту від використання економайзера-утилізатора були визначені наступні вихідні дані:

1. Еквівалент природного газу $V_{np.g.}$ сприйнятому теплу, додатково отриманого економайзером при його роботі в номінальному режимі ($Q = 1,2$ Гкал/год) і в режимі з 50%навантаженням ($Q = 0,45$ Гкал/год) відповідно

$$V_{np.g.} = \frac{Q}{Q_p} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{8133} \approx 147,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$V_{np.g.} = \frac{0,45 \cdot 10^6}{8133} \approx 55,3 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де $Q_p^H = 8133$ – нижня теплотворна спроможність газу, ккал/м³.

2.Тоді річна економія природного газу за час опалювального періоду $T_{on..} = 2500$ год. / рік становить для двох режимів відповідно

$$V_{np.g.}^{год} = V_{np.g.} \cdot T = 147,5 \cdot 2500 = 370000 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

$$V_{np.g.}^{річна} = 55,3 \cdot 2500 = 138250 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

3. Економічний ефект від економії природного газу при ціні на газ $C_{np.g.} = 3382$ грн/1000 м³(без ПДВ) [8]

$$E_{\phi} = V_{np.g.}^{год} \cdot C_{np} = \frac{370000 \cdot 3382}{1000} \approx 1250000 \text{ грн.}$$

$$E_{\phi} = \frac{138250 \cdot 3382}{1000} \approx 467500 \text{ грн.}$$

Зважаючи на те, що режимна карта роботи котлоагрегату на весь опалювальний термін не відома, прийнято допущення, що лише половину опалювального сезону котел працює при номінальному навантаженні, а другу половину - на 50% потужності. Тоді економічний ефект від економії палива становить:

$$E_p = \frac{1250000 + 467500}{2} = 858750 \text{ грн.}$$

Таблиця 3

Прогнозовані економічні показники використання економайзера із плоскоовальних труб з неповним оребренням

Найменування показника	Позначення	Одиниця виміру	Значення показників
Капітальні витрати на впровадження заходів			
Вартість економайзера	Ц _Е	тис. грн	650-700
Демонтаж обладнання	Ц _Д		15
Монтаж економайзера	Ц _М		25
Встановлення контрольно-вимірювальних. приладів і автоматики (з урахуванням їх вартості)	Ц _{КВП}		120
Пуско-налагоджувальні та випробувальні роботи	Ц _{ПНР}		10
Інші витрати	Ц _{ІНШ}		50
Всього	В _{ЗАХ}		870-920
Прогнозована економія видатків на енергоносії			
Ціна газу за 1000 м ³	Ц _{пр.г.}	грн	3382
Річна економія коштів за рахунок впровадження економайзера	Е _р	грн/рік	858750
Термін окупності $T_0 = V_{ЗАХ}/E_p$	T ₀	Роки	1,0-1,1
Прогнозована економічна ефективність $E_{\phi} = E_p / V_{ЗАХ}$	E _ф		0,91-1,0

Термін окупності пропонованого теплообмінного пристрою складає менше ніж 1,5 роки в залежності від погодних умов за час опалювального сезону (два опалювальних сезони).

Висновки з даного дослідження. Згідно з результатами проведеного дослідження, запровадження інноваційної технології з використанням утилізаторів з новим видом робочої поверхні є високоефективним заходом, що швидко окуповується. В цілому, річна економія природного газу при запровадженні енергозберігаючої технології складає 370 тис. м³, що за нинішніх цін складає 858 тис. грн. Це дозволить підприємству скорочувати загальні витрати виробництва, підвищуючи ресурсовіддачу та зменшуючи енергоємність виробництва. Також, впровадження теплоутилізаторів із плоскоовальних труб з неповним оребренням дозволить знизити собівартість виробництва тепла, зменшити шкідливий вплив газів, що викидаються в навколишнє середовище та підвищити коефіцієнт використання теплоти палива.

Таким чином, економічна ефективність використання даного економайзера є досить високою для усього підприємства в цілому, що за сучасних цінових умов на ринку палива, підтверджує необхідність його застосування для вітчизняних підприємств.

Література

1. Мельник Л.Г. Економіка енергетики : навчальний посібник / Л.Г. Мельник, О.І. Карінцева, І.М. Сотник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 238 с.
2. Зарипов В.К., Гершуни А.Н. Высокоэффективный компактный теплообменник-утилизатор на тепловых трубах / В.К. Зарипов, А.Н. Гершуни // Промышленная энергетика. – № 1. – 1989 –С. 37-39.
3. Липец А.У. Утилизация тепла отходящих от промышленных печей дымовых газов / А.У. Липец, Л.В. Дирина, С.М. Кузнецова // Теплоэнергетика. – 1999. – № 4. – С. 36-40.
4. Патент на корисну модель 25025 Україна, МПК F28F1/12. Теплообмінна труба / Письменний Є.М., Терех О.М., Рогачов В.А., Бурлей В.Д.; заявник та володар деклараційного патенту НТУУ „КПІ”. – u200702332; заявл. 03.03.2007; опубл. 25.07.2007. Бюл. № 11.
5. Кунтыш В.Б. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения / В.Б. Кунтыш, Н.М. Кузнецов. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 280 с.
6. Юдин В.Ф. Теплообмен пучков оребренных труб овального профиля / В.Ф. Юдин, Е.Д. Федорович // Тепломасообмен ММФ-92. Конвективный тепломасообмен. Т.1, ч.1. – Минск: АНК ИТМО АНБ, 1992. – С.58-61.
7. Государственное предприятие «Опытное конструкторско-технологическое бюро Института электросварки им. Е.О.Патона Национальной академии наук Украины» (ГП «ОКТБ ИЭС им. Е.О.Патона НАНУ»)/ Новая энергосберегающая технология повышения эффективности теплообменной поверхности плоскоовальных труб. // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://oktb-paton.org.ua/ru/kontaktная-svarka/16-ploskoovalnye-truby-s-nepolnym-orebreniem-poverkhnosti>
8. Стоимость услуг по газоснабжению для промышленных, коммунально - бытовых предприятий, бюджетных учреждений и организаций с 01.01.2012 г. // – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kyivgaz.ua/ru/nashim-klientam/czeny-i-tarify-na-gaz.html>