

СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано сучасні конструкції утилізаторів теплоти димових газів представлені на ринку енергетичного обладнання в Україні. Проведено огляд патентної інформації по конструкціях теплоутилізаторів. Порівняно економію коштів після застосування утилізаторів «мокрого» та «сухого» типів.

Ключові слова: втрати теплоти з відхідними газами, теплоутилізація, конденсація, оребрені поверхні.

Abstract

Modern designs of flue gas heat utilizers presented on the energy equipment market in Ukraine were analyzed. Patent information on heat utilizer designs was reviewed. Cost savings after using “wet” and “dry” types of utilizers were compared.

Keywords: heat loss with waste gases, heat recovery, condensation, finned surfaces.

Вступ

Обмеженість запасів природного газу (ПГ) в Україні з кожним роком підвищує актуальність проблеми його раціонального використання. Одним з найбільш ефективних шляхів економії газу є підвищення коефіцієнта використання палива (КВП) в енергетиці та промисловості.

У великих котельнях досягнуто високого рівня КВП. Під час спалювання природного газу, у випадку розрахунку теплового балансу за нижчою теплотою згорання, КВП сягає 93 – 94 % та 85 % – за вищою теплотою згорання. Втрати теплоти з відхідними газами при їх температурі 100...140 °C становлять 4...6%. За сьогоdnішнього рівня розвитку технологій навіть такі показники не можна вважати граничними і завжди прийнятними [1]. Основною втратою теплоти в котлах на ПГ є Q_2 . Основним методом зменшення Q_2 в котельнях є глибоке охолодження продуктів згорання до температури при якій сконденсується водяна пара, що міститься в димовиг газах.

В [2] запропоновано енергоефективну теплоутилізаційну систему, що призначена для підігріву повітря для котлів і мережної води. Завдяки цій системі досягнуто зростання ККД котла на 6 ÷ 11 %, а термін окупності склав менше 3 років.

В [3] описано каскадну схему утилізації теплоти димових газів на базі водогрійної котельні. Показано, що з точки зору витрат найефективнішими є поверхневі утилізатори- калорифери. Встановлення на котельні шести поверхневих калориферів потужністю 246 кВт дозволили нагріти воду від 5 до 25 °C. Встановлення контактного утилізатора з активною насадкою КТАН – 0,5 УГ дозволило нагріти сиру воду від 5 до 20 °C, а хімічно підготовлену воду від 20 до 50 °C.

В Україні досвід використання конденсаційних економайзерів на біомасових котлах є досить незначним. Перший конденсаційний економайзер потужністю 1 МВт було встановлено на біопаливній котельні аеропорту «Бориспіль» в 2016 році, що дозволило підвищити ефективність використання палива на 15-20%. Схожий проєкт встановлення конденсаційного економайзера за біопаливним котлом потужністю 4 МВт було реалізовано на базі опалювальної котельні в м. Івано-Франківськ [4].

Мета роботи – аналіз сучасних конструкцій утилізаторів теплоти димових газів, оцінка ефективності застосування теплоутилізатора.

Основна частина

Для глибокого охолодження продуктів згорання використовують контактні (змішувальні та плівкові) і конденсаційно- поверхневі теплоутилізатори або економайзери.

В роботі [5] описані водогрійні конденсаційні теплоутилізатори на основі нанокомпозиційних матеріалів. Такі матеріали запропоновано використовувати для виготовлення елементів теплоутилізаторів, оскільки останні працюють в умовах впливу агресивного конденсату. Оскільки композити мають корозійну стійкість, то вони є перспективними.

Слід зазначити, що теплообмінні поверхні конденсаційних теплообмінників виготовляють як з гладких так і оребрених труб із нержавіючої сталі. Оребрені поверхні виготовляють як з того ж самого матеріалу, що і труба, так і біметалемими (наприклад ребра алюмінієвими, а основа сталева). Труби з нанокмпозиційних матеріалів виготовляють без оребрення.

Виробником [6] запропоновано кожухотрубний з гладкотрубною поверхнею, з оригінальною організацією теплообміну: трубки виконані у вигляді кільцевих каналів, де вода рухається в кільцевому каналі, а димові гази рухаються всередині труб, а потім додатково омивають трубний пучок ззовні. З метою підвищення тепловіддачі та зменшення металомісткості по ходу руху димових газів встановлено форсунки для розпилювання води. Вода, при контакті з продуктами згорання, нагрівається за рахунок конденсації водяної пари. Для запобігання виносу краплин води теплообмінник оснащено сепараційним пристроєм відцентрового типу.

Виробником [7] запропоновано економайзер у вигляді кожухотрубного теплообмінника. В ньому нагрівана вода рухається всередині трубок, а димові гази ззовні оребреної поверхні труби. Корпус економайзера виготовлено зі сталі. На корпусі передбачено люки для очищення та огляду.

Виробником обладнання [8] запропоновано оригінальні конструктивні рішення для утилізації теплоти продуктів згорання котелень, що працюють як на газоподібному так і твердому паливах. Технологія виготовлення труб передбачає поперечне прокатування ребер з алюмінієвої заготовки, що накладається на основу труби. Всередині труби встановлюються інтенсифікатори теплообміну.

В патенті України на корисну модель [9] описано конструкцію теплообмінника-утилізатора відпрацьованих газів. Метою винаходу є зменшення масогабаритних характеристик теплообмінників утилізаторів відхідних газів. З цією метою використовується інтенсифікація теплообміну за рахунок спірально-гвинтових канавок із заданим кроком на трубках теплообмінника. На думку авторів [9] таке виконання дозволяє зменшити розміри теплообмінника без суттєвого підвищення гідравлічного і газодинамічного опору.

В патенті України на корисну модель [10] наведено конструкцію утилізатора теплоти конденсаційного поверхневого. Такий утилізатор містить теплообмінник з вхідним та вихідним газоходами і труби для підведення і відведення води. Теплообмінна поверхня має вигляд пучка оребрених біметалевих труб, збірник сконденсованої вологи, вибуховий клапан. Крім того утилізатор містить систему зрошення у вигляді форсунок. Конструкція оснащена контрольно-вимірювальними приладами, зокрема для вимірювання температури відхідних газів.

Проаналізовано економію коштів внаслідок встановлення утилізатора теплоти за котлом КСВ -2 «ВК-21» [11]. Результати розрахунків представлено в таблиці.

Таблиця 1- Результати розрахунку ефективності утилізації теплоти димових газів

Показник	Розрахунок
Температура димових газів за котлом, °С	160
Температура повітря, що надходить в котел на горіння, °С	14
Коефіцієнт надлишку повітря в котлі	1,17
Вміст в продуктах згорання вуглевмісних компонентів, %	9,8
Годинна витрата палива в котлі до встановлення теплоутилізатора, м³/год	226,8
Коефіцієнт корисної дії котла до встановлення теплоутилізатора	92
Кількість годин роботи котла за рік, год/рік	4200
Ціна палива, грн/м³	17
Втрати теплоти з димовими газами в існуючому котлі без утилізації теплоти димових газів, %.	6,94
Втрати теплоти з димовими газами в існуючому котлі при застосуванні "сухого економайзера" (охолоджуємо до 120 °С), %.	1,9
Коефіцієнт корисної дії котла при застосуванні "сухого економайзера", %	93,9
Втрати теплоти з димовими газами в існуючому котлі при застосуванні "конденсаційного економайзера", % (охолоджуємо до 70 °С)	4,28
Коефіцієнт корисної дії котла при застосуванні "конденсаційного економайзера", %	96,28
Економія палива на відпуск теплової енергії після встановлення економайзера "сухого" типу, м³/год	4,6
Економія палива на відпуск теплової енергії після встановлення конденсаційного економайзера, м³/год	10,1
Економія коштів після встановлення економайзера "сухого" типу, грн/рік	328440
Економія коштів після встановлення конденсаційного економайзера, грн/рік	721140

Отримані результати свідчать про доцільність застосування утилізаторів теплоти за котлами.

Використання конденсаційних утилізаторів в котельнях не набуло широкого розповсюдження, незважаючи на їх енергоефективність та користь від зниження викидів забруднювальних речовин [12].

Однією з причин є проблема корозії обладнання, що пов'язана з високою кислотністю конденсату. Це призводить до значних матеріальних витрат на виготовлення і встановлення конденсаційних теплоутилізаторів, в порівнянні з традиційними теплообмінниками.

Іншою причиною незначних темпів впровадження конденсаційних утилізаторів є необхідність знижувати температуру продуктів згорання нижче температури точки роси. Ефективна утилізація прихованої теплоти залежить від температури зворотної мережної води для охолодження.

ВИСНОВКИ

Утилізація теплоти димових газів котельень є доцільним методом підвищення енергоефективності. Проведено аналітичний огляд літературної інформації по конструкціях сучасних утилізаторів та напрямках їх використання. На прикладі котла ВК-21 проаналізовано ефективність застосування утилізації котла димових газів. Показано, що при охолодженні газів з 160 до 120 °С, економія коштів становить 328,44 тис. грн., а при охолодженні до 70 °С – 721,14 тис.грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Димо Б. В., Пилипчак В. І. Оцінка енергетичної ефективності систем. Навч. пос.: Київ: Технології і ремонт, 2008. 144 с.
2. Навродська Р.О., Фіалко Н.М., Гнедаш Г.О. Енергоефективна теплоутилізаційна система для підігрівання тепломережної води та дуттьового повітря котлів комунальної теплоенергетики. Промислова теплотехніка. 2017. №4. С. 69 – 74.
3. Боженко М.Ф., Перевьюрткіна І.Я. Каскадна утилізація теплоти димових газів опалювальних водогрійних котельень. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. №1. С. 81 – 88.
4. Використання конденсаційних економайзерів на біопаливних котельнях - SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1888/> (дата звернення 19.03.2025 р).
5. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Дінжос Р. В. Водогрійні конденсаційні теплоутилізатори із застосуванням наноконпозиційних матеріалів для газоспоживальних опалювальних котлів. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. №1. С. 124 – 128.
6. Газові конденсаційні економайзери URL: <https://economizer.com.ua/ua/gazovi-kondensatsijni.html/> (дата звернення 19.03.2025 р).
7. Газовий не конденсаційний теплоутилізатор URL: <https://www.aspit.com.ua/services/ekonomajzery/hazovyj-ne-kondensatsijnyj-teploutylyzator-ekonomajzer/> (дата звернення 19.03.2025 р).
8. Теплоутилізатор FGR. URL: <https://www.soe.ua/products/teploutylyzator-seriya-fgr/> (дата звернення 19.03.2025 р).
9. Теплообмінник- утилізатор відпрацьованих газів: пат. 111627 Україна: МПК(2006.01) F28D 7/16, F28F1/12. № 201404151; заявл. 10.07.2014; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10. 6 с.
10. Утилізатор теплоти конденсаційний поверхневий: пат. 95277 Україна: МПК(2006.01) F28C 3/00. № 201411668; заявл. 27.10.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23. 6 с.
11. Котли жаротрубні КСВ. URL: <https://megavat.com.ua/products/kotly-vodogrijni/kotly-zharotrubni-ksv-vk-21-m2-vk-22-vk-34/> (дата звернення 19.03.2025 р).
12. Підвищення ефективності конденсаційних утилізаторів і поводження з конденсатом. URL: <https://saf.org.ua/news/1908/> (дата звернення 19.03.2025 р).

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net
Гусар Сергій Васильович, студент групи ТЕ-22 б, gysarsergeite22b@gmail.com

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Husar Serhii, student, TE-22b, e-mail: gysarsergeite22b@gmail.com