

## УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНІ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовано показники роботи котельні, яка працює на природному газі та в разі переведення її на спалювання деревини, з'ясовані основні чинники інтенсивності утилізації теплоти відхідних газів.*

**Ключові слова:** деревина, енергоефективність, котельня, конденсаційний утилізатор теплоти.

### *Abstracts*

*The parameters of the boiler-house the case of its conversion into wood burning are analyzed, measures are proposed to increase the energy efficiency of the boiler-room, the main factors for the intensity of exhaust gas heat recovery have been clarified*

**Key words:** wood, energy efficiency, boiler room, condensation heat utilizer

### Вступ

Утилізатори теплоти відхідних газів застосовують для охолодження відхідних газів, гарячого повітря з печей, котлів до низьких температур. Далі теплота передається іншому теплоносієві, щоб використовувати її для побутових потреб, в системі опалення або вентиляції. Утилізатор – це теплообмінний апарат, який дозволяє забирати теплоту від продуктів згорання і повернути його назад в систему. Сам процес охолодження може здійснюватися з 250–280°C до 130–150°C, а якщо необхідно, то можливо до 50–55°C.

Встановлення теплообмінника-утилізатора дає можливість:

- збільшити ступінь використання теплоти на виробництві або підприємстві;
- зекономити паливо та зменшити витрати на електроенергію;
- менше забруднювати навколишнє середовище продуктами згорання;
- покращити умови комфорту персоналу підприємства;
- зменшити собівартість продукції, що випускається, завдяки чому підприємство стає більш конкурентоспроможним.

Сучасні технології глибокої утилізації теплоти відхідних газів котлів дозволяють підвищити теплову ефективність теплоутилізаційних системи і суттєво збільшити коефіцієнт використання теплоти палива котельні [1–5]. Результативність застосування таких технологій в комунальних котельнях підвищується в разі забезпечення в теплоутилізаційних системі режиму глибокої утилізації протягом усього опалювального періоду. Зазначений режим може бути досягнутий в комбінованих теплоутилізаційних системах, в яких утилізована теплота використовується не тільки для підігріву, а й для зволоження повітря, сучасне ефективне водо і повітропідігрівне обладнання, що застосовується в таких системах, дозволяє успішно здійснити в них необхідний режим глибокої утилізації теплоти. Не менш важливим є те, що утилізувати можна не тільки відхідні гази, а й в принципі будь-які газоподібні речовини, адже в них велика кількість невідпрацьованої енергії.

Глибоке охолодження димових газів в спеціальних конденсаційних утилізаторах дозволяє не тільки організувати повне використання фізичної теплоти відхідних газів, але й здійснити відбір прихованої теплоти конденсації водяної пари. В результаті встановлення конденсаційного утилізатора знижується вміст оксидів азоту в відхідних газах. Ефективність реалізації проектів по установці конденсаційних утилізаторів в значній мірі залежить від кількості годин їх роботи на максимальній потужності в режимі глибокої утилізації.

## Основна частина

На основі вищевикладеного було поставлено завдання: з'ясувати основні чинники інтенсивності утилізації теплоти відхідних газів; провести оцінку ефективності використання утилізованої теплоти в котельні на твердому паливі; проаналізувати показники роботи існуючої котельні університету, яка працює на природному газі та в разі переведення котлів на спалювання деревини;

Для аналізу вибрана котельня університету потужністю 800 кВт, яка працює на природному газі. Проаналізовано показники роботи існуючої котельні, визначено загальні витрати робочого палива, які складають  $0,0125 \text{ м}^3/\text{с}$  в опалювальний та  $0,0064 \text{ м}^3/\text{с}$  у літній період, відповідно. Визначено собівартість виробництва теплової енергії, яка становить 321 грн/ГДж, що вказує на невисоку ефективність роботи котельні. За результатами багатоваріантного аналізу, визначено, що найдоцільніше встановлення на котельні твердопаливного котла на відходах деревини потужністю 800 кВт та конденсаційного утилізатора теплоти відхідних газів. Отримані наступні техніко-економічні показники котельні потужністю 800 кВт на різних видах палива: природному газі з  $Q_n^p = 35,9 \text{ МДж/м}^3$ , деревинному вугіллі з  $Q_n^p = 19,7 \text{ МДж/кг}$ , деревині з  $Q_n^p = 16 \text{ МДж/кг}$  і відходах деревини з теплою згорання  $Q_n^p = 14,8 \text{ МДж/кг}$ , яка визначена розрахунком. Відповідно ККД котла становитиме 94%, 89%, 89%, 92%, а річні витрати на паливо 1556988 грн; 989 тис. грн; 789 тис. грн.; 585 тис. грн. [6].

В розрахунках температура точки роси і температура газів за конденсаційним утилізатором складають 55 і 40 °С, відповідно. Паливо-деревина, теплота згорання якого 14,8 МДж/кг. Для визначення температури відхідних газів і теплових втрат  $q_3$ ,  $q_4$  і  $q_5$  використовувались літературні джерела, а також режимні карти котлів, які працюють на муніципальних і опалювальних котельнях.

В результаті проведених числових досліджень з'ясовано, що основними чинниками інтенсивності утилізації теплоти відхідних газів є: температура відхідних газів, температура газів за конденсаційним утилізатором і температура точки роси. Установлено, що в процесі утилізації теплоти відхідних газів від котла може досягатись економія робочого палива в межах 9-13%, а також зменшення витрат електроенергії на власні потреби та зменшення шкідливих викидів в атмосферу. Ефективність утилізації буде підвищена за рахунок збільшення температури точки роси.

Розрахунок техніко-економічних показників роботи котельні показав, що підвищення енергоефективності котельні університету шляхом заміни котлів, які працюють на природному газі на твердопаливний котел у комплексі з системою утилізації теплоти відхідних газів котельні є рентабельним, оскільки собівартість виробництва теплоти становитиме 159 грн/ГДж, а термін окупності – 1,1 року.

## Висновки

З'ясовано, що основними чинниками інтенсивності утилізації теплоти відхідних газів є: температура відхідних газів, температура газів за конденсаційним утилізатором і температура точки роси.

Визначені техніко-економічні показники роботи котельні університету, яка працює на природному газі та в разі переведення її на спалювання деревини.

Встановлення конденсаційного утилізатора теплоти відхідних газів призведе до зменшення витрати палива на 9...13%, а також зменшення витрат електроенергії на власні потреби та зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Простий термін окупності капіталовкладень в разі переведення котельні на спалювання відходів деревини становить 1,1 року, що підтверджує зниження собівартості виробництва теплоти і доцільність модернізації котельні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Григорьев С. А. Энергоустановка с когенерацией электричества и теплоты на основе возобновляемых источников энергии. / С. А. Григорьев, А. С. Григорьев, Н. В. Кулешов // Теплоэнергетика, 2015. – №2 – с. 64 – 68.

2. Чепурний М. М. Утилізація теплоти газів із котлів в утилізаторах контактного типу / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, Ю. К. Возіян. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2015. – № 4. – Режим доступу: <http://trudy.vntu.edu.ua/index.php/trudy/article/view/480>.
3. Чепурний М. М. Оцінка ефективності енергопостачання від промислових теплоелектроцентралей / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент // Наукові праці ВНТУ, 2012–№4. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/htn>.
4. Фиалко Н. М. Эффективность теплоутилизационной установки для котельных, оптимизированной различными методами / Н. М. Фиалко, Р. А. Навгодская, В. Г. Прокопов // Пром. теплотехника, 2014. – Т.36 – N1. – С.41 – 48
5. Долинский А. А. Основные принципы создания теплоутилизационных технологий для котельных малой энергетики / А. А. Долинский, Н. М. Фиалко, Р. А. Навродская // Пром. теплотехника, 2014. – Т.36 – N4. – С.27 – 34.
6. Резидент Н.В., Заміщення природного газу відходами деревини в котельні навчального закладу / Н.В. Резидент, О.О. Громик. Матеріали XLVIII науково-технічної конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 2019 Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7639/6417>

*Громик Олександр Олександрович* – студент групи ТЕ-18м, Факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

*Oleksandr Hromyk* — student of group TE-18m, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia