

УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ В КОТЕЛЬНЯХ НА БІОМАСІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано необхідність підвищення ефективності котелень на біомасі з утилізацією низькопотенційної теплоти в температурному діапазоні відхідних газів до 150-300° С. Запропоновано методи утилізації теплоти відхідних газів та проведено їх аналіз.

Ключові слова: когенераційна установка, котельня, відхідні гази, конденсація водяних парів, органічний цикл Ренкіна.

Abstract

The necessity of increasing the efficiency of biomass boilers with low-potential heat utilization in the temperature range of waste gases up to 150-300°C is substantiated. Methods of waste gas heat utilization are proposed and analyzed.

Keywords: cogeneration unit, boiler house, waste gases, water vapor condensation, Organic Rankine Cycle.

Вступ

Зважаючи на теперішній економічний стан України генерування теплоти для технологічних потреб і потреб тепlopостачання з використанням місцевих відновлюваних джерел енергії є досить актуальним питанням. Таким відновлюваним джерелом може бути біомаса у вигляді відходів деревини. Використання біомаси дозволяє замінити традиційні викопні види палива (вугілля, газ, нафта) та зменшити викиди шкідливих речовин. Це сприяє покращенню якості повітря та зниженню негативно-го впливу на навколишнє середовище. Крім того, використання котелень на біомасі сприяє диверсифікації джерел енергії в енергетичній системі [1], що робить її менш вразливою до коливань цін на енергоносії та геополітичних ризиків.

Під час виробництва теплоти із біомаси в котельнях температура відхідних газів після теплогенераторів в загальному випадку складає 150 – 300 °С залежно від конкретного обладнання та технологій. Утилізація теплоти відхідних газів може бути доцільним для покращення енергоефективності та зниження викидів, але воно також може впливати на загальну ефективність теплогенерації.

Метою роботи є розробка пропозицій, щодо утилізації низькопотенційної теплоти відхідних газів після теплогенераторів, що спалюють біомасу.

Результати дослідження

Аналізуючи наявний тепловий ресурс і сучасні технології в теплоенергетиці нами сформовано такі можливі шляхи утилізації теплоти відхідних газів:

- пряме використання теплоти від відхідних газів у технологічних процесах, які вимагають теплової енергії;
- встановлення теплообмінників-утилізаторів для передачі теплоти від відхідних газів до теплоносія, який може бути використаний для потреб тепlopостачання чи інших процесів;
- встановлення парокompресійних теплових насосів та абсорбційних теплових насосів для вилучення тепла з відхідних газів і передачі його до більш високотемпературного середовища, такого як система тепlopостачання;
- встановлення абсорбційних холодильних машин, може бути важливим для виробництва холоду або кондиціонування повітря в промислових або комерційних процесах;

- встановлення когенераційних установок, де високотемпературні відхідні гази можуть бути використані для нагрівання робочого середовища (наприклад, води чи масла), яке потім передає теплоту турбіні або іншому двигуну для генерації електроенергії [2-5];
- встановлення сушильних установок, де теплота від відхідних газів використовується для сушіння біомаси або інших матеріалів, що може бути важливим процесом у виробництві біомасового палива;
- використання систем The Organic Rankine Cycle-ORC, що забезпечує глибоке охолодження продуктів згоряння і конденсацію водяних парів [6].

Перераховані методи можна комбінувати для максимізації утилізації теплоти від відхідних газів і забезпечення ефективної енергетичної системи. Наприклад, для спочатку знизити температуру відхідних газів у теплообмінниках-утилізаторах, а далі використати теплоту охолоджених газів як низькотемпературне джерело для парокомпресійних теплових насосів.

Широке використання отримують енергетичні установки з низькотемпературним циклом Ренкіна. Згідно із літературними даними коефіцієнт корисної дії таких енергетичних утилізаційних установок становить 0,13-0,17.

Проаналізована теплова схема багатоступеневої теплоутилізаційної енергетичної установки на основі ORC-циклу. Енергетична установка складається з двох силових контурів: продукти згоряння котельного агрегату подаються в утилізатор-випарник і передають теплоту робочій речовині першого силового контуру і виводяться в атмосферу. Пари робочої речовини надходять в першу турбіну, де розширюючись виробляють електроенергію, і надходять у випарник-конденсатор (В-К), де конденсуються і насосом знову подаються у випарник. Так закривається цикл першої робочої речовини. У випарнику-конденсаторі (В-К) проходить випаровування другої робочої речовини. Далі пара робочої речовини другого контуру потрапляє в другу турбіну, де розширюється, обертаючи електрогенератор, потрапляють в конденсатор, де охолоджується атмосферним повітрям або водою, а потім насосом другого контуру знову подається у випарник-конденсатор (В-К), закриваючи цикл. Розрахунки авторів [6] показують, що на отримання максимальної електричної потужності впливають значення тиску і температури пари робочої речовини перед турбіною, витрата робочої речовини, значення мінімального температурного тиску у випарнику і конденсаторі, температура навколишнього середовища, теплофізичні властивості робочого середовища та інші фактори. Актуальною залишається необхідність обґрунтування та вдосконалення теплової схеми котлоагрегату з комбінованою енергетичною установкою, оптимізація параметрів та вибір робочої речовини установки.

Існує багато критеріїв ефективності ORC. При проектуванні енергетичних установок необхідно визначити оптимальні параметри для досягнення компромісу між трьома критеріями – енергетичним, економічним і екологічним.

Якщо розглядати окремо використання теплообмінники-утилізатори, то спосіб і масштаби утилізації теплоти димових газів у них може бути різним. Існують сухі і конденсаційні теплоутилізатори. Порівняльний аналіз конденсаційних і сухих теплоутилізаторів на відхідних газів після котлів на біомасі можна провести, враховуючи ряд факторів:

- ефективність: конденсаційні теплоутилізатори ефективні, оскільки вони використовують теплоту конденсації водяної пари з відхідних газів, а сухі теплоутилізатори менш ефективні в порівнянні з конденсаційними теплоутилізаторами, оскільки вони не використовують теплоту конденсації;
- температура відхідних газів: конденсаційні теплоутилізатори працюють ефективно при високих температурах відходів газів, а сухі теплоутилізатори можуть бути менш ефективними при високих температурах, але можуть працювати при широкому діапазоні температур;
- утилізація вологи: конденсаційні теплоутилізатори здатні ефективно утилізувати теплоту, яке вивільнюється під час конденсації вологи, а сухі теплоутилізатори не використовують конденсацію вологи, і тому можуть не бути такими ефективними;
- матеріали теплообмінників: конденсаційні теплоутилізатори вимагають спеціальних матеріалів для уникнення корозії, оскільки в конденсаті можуть міститися агресивні речовини, а сухі теплоутилізатори висувають менше вимог до матеріалів, оскільки вони не працюють в умовах конденсації;
- обслуговування та експлуатація: конденсаційні теплоутилізатори можуть вимагати більше уваги до деталей обслуговування і поводження з конденсатом, а сухі теплоутилізатори зазвичай потребують менше уваги та обслуговування.

Обираючи між конденсаційними та сухими теплоутилізаторами, важливо враховувати конкретні умови експлуатації, властивості відхідних газів, а також технічні та економічні вимоги проекту.

Досліджуючи теплоутилізаційні установки, було проаналізовано, що використання систем утилізації забезпечує підвищення ККД котла на 3-5% [5]. Однак температура відхідних газів залишається високою і становить 120-250° С, що визначає теплові втрати - близько 6-8%.

Найбільш перспективним напрямком є комбіноване використання тепла відхідних газів - для вироблення електроенергії та теплоти (підігрів води системи гарячого водопостачання).

В результаті випробувань котлів (водогрійних та парових) встановлено [2], що фактичні втрати тепла з відхідними газами становлять 8-10%, а температура відхідних газів становить 250-280° С. Залежно від потужності відомих типів котлоагрегатів теплові втрати становлять від 1 до 10 МВт. Іноземні котельні установки (Buderus, Viessmann) оснащені більш ефективним теплообмінним обладнанням та пальниками. Втрати теплоти з відхідними газами, температура яких становить 120-180° С, нижче 5-8% в залежності від навантаження і підвищуються в процесі експлуатації.

Результати розрахунків підтверджують [5] можливість вироблення електроенергії за когенераційною схемою утилізації теплоти в обсязі, достатньому для покриття власних потреб опалювальної або виробничої котельні.

Проаналізуємо результати вдосконалення теплової схеми котлоагрегату з теплоутилізаційною енергетичною установкою [7], де запропоновано в газоході котла стандартних розмірів розмістити регенеративний теплообмінник і випарник, з'єднані паропроводами з силовим контуром, що включає в себе турбіну, конденсатор і насос. Випарник і регенеративний теплообмінник встановлюються замість повітрянагрівача (1-го і 2-го ступенів) або 2-го ступеня економайзера. При цьому аеродинамічний опір в газоході не збільшується. Конденсатор установки підключений до системи гарячого водопостачання, що забезпечує інтенсивне відведення теплоти.

Висновки

Встановлено, що загальною метою впровадження утилізації теплоти відхідних газів є створення більш стійких, ефективних та екологічно чистих енергетичних систем на основі біомаси.

Загальний ефект від заходів з утилізації теплоти відхідних газів після котлів на біомасі – забезпечення енергетичної ефективності та оптимізації використання теплоти. Це сприяє максимальному використанню енергії палива та зменшенню викидів шляхом утилізації теплоти димових газів для виробництва різних видів енергії : теплової, електричної, холоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Білик С. О. Енергомодернізація промислової котельні. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. Том 29 № 2. С. 108-112.
2. Чепурний М. М., Ткаченко С. И., Бужинський В. В. Розрахунки теплових схем когенераційних установок: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2003. 103 с.
3. Чепурний М. М., Лопатюк Я. В. Нікіфорова К. В. Когенераційні установки на базі ГТУ і опалювальних котелень. *Вісник ВПІ*, 2004. – № 5.– С. 55–58.
4. Чепурний М. М., Ткаченко С. И., Бужинський В. В., Медведєва А. В. Газопарові установки на базі промислових котелень. *Вісник ВПІ*, 2005. № 3. С. 39–42.
5. Чепурний М. М., Куцак О. В. Ефективність роботи газотурбінних тепло-електроцентралей. *Вісник ВПІ*, 2010. № 4. С.1–5.
6. Павловський С. В. Система утилізації теплоти відхідних газів котельних агрегатів. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*. 2014. № 10. С. 27-34.
7. Долінський А. А., Кліменко В. Н. Когенерація – нові потужності для енергетики. *Енергозбереження Поділля*. 2004. № 2. С. 53–59.

Паламарчук Микола Олександрович, аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: padamarcukn@gmail.com

Степанова Наталія Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Stepanovand@i.ua.

Храмцов Максим Володимирович, студент групи ТЕ-2016, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Palamarchuk Mykola O., postgraduate student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : padamarcukn@gmail.com

Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: Stepanovand@i.ua

Khramtsov Maksym V., student of TE-20b group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia