Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Тези

76-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету

ТОМ 2

14 травня – 23 травня 2024 р.

Полтава 2024

УДК 662.93-047.37.

Б.А. Кутний, д.т.н., професор,
І.В. Чернецька, к.т.н., доцент,
В. Литвиненко, студент
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА В РІЗНИХ РЕЖИМАХ

У зв'язку з наявною енергетичною кризою та проблемним постачанням природного газу все більшого поширення в Україні набувають твердопаливні котли. При цьому часто виникають ситуації, коли паспортний вид палива змінюється на інший з огляду на його більшу доступність. Це зумовлює актуальність дослідження зміни потужності та коефіцієнта корисної дії (ККД) котлів при застосуванні альтернативних видів палива та пошук шляхів оптимізації їх роботи.

У більшості випадків визначення параметрів котла відбувається в стаціонарних умовах. Проте вони більш характерні для газового палива. Невеликі твердопаливні котли, як правило, працюють у перехідних умовах. Можна виділити наступні етапи роботи твердопаливного котла: завантаження палива, його розгорання, інтенсивне горіння, затухання і догорання. Відповідно важливо розробити методику визначення параметрів роботи котла в перехідних умовах.

Для проведення досліджень обрано котел Eurotherm 18CS потужністю 18 кВт (діапазон регулювання 9-18 кВт). Заявлений виробником ККД на вугіллі 78%. Рекомендовані також наступні види палива: кам'яновугільні паливні брикети, буре вугілля та брикети з нього, торф'яні та паливні брикети. Рекомендована температура димових газів 140°С. Паспортні витрати пального: антрацит 2,6 кг/год, кам'яне вугілля 3 кг/год. Особливістю цього котла є велика топка та порівняно мала площа теплообміну конвективних поверхонь. Для палив з великою кількістю летких компонентів (дрова, пелети тощо) це не дуже вдала конструкція, тому варто очікувати зменшення ККД.

Із метою перевірки ефективності роботи котла в лабораторії 105-2-ц була зібрана дослідна установка, яка складається з самого котла Eurotherm 18CS, циркуляційного насоса UPS 25-4/180, теплоізольованого бака-акумулятора об'ємом 230 л, лічильника витрат теплоносія, манометрів та термометрів. Циркуляційний насос має три швидкості. Виміряні витрати теплоносія в даній установці на максимальній швидкості 0,9 $м^3$/год, на середній 0,6 $м^3$/год, на мінімальній 0,52 $м^3$/год.

Для визначення ККД котла в динамічному режимі застосовано формулу:

$$\eta = \frac{\left(m_K \cdot c_K + m_W \cdot c_W\right)\left(\frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - t_B\right) + c_w \int G_1(\tau_1 - \tau_2)dz}{B_{\text{П}} \cdot Q_P^H} \times 100\%,$$

де m_K – маса сталевих деталей котла, кг; c_K – теплоємність сталі, МДж/(кг·°С); m_W – маса води в котлі, кг; c_W – теплоємність води, МДж/(кг·°С); τ_1 – температура теплоносія в подаючому трубопроводі, °С; τ_2 – температура теплоносія в зворотньому трубопроводі, °С; $t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря приміщення котельні, °С; G_1 – витрати теплоносія, кг/с; $B_{\text{П}}$ – маса пального, кг; $Q_P{}^H$ – нижча теплотвірна здатність палива, МДж/кг; z – час, сек.

У якості альтернативного виду палива обрано соснові дрова як найпоширеніші та найдоступніші для приватних домогосподарств. З екологічної точки зору деревина є CO_2-нейтральним відновлюваним енергетичним ресурсом Зольність таких дров складає 5,5%. Оскільки присутність вологи в помітно знижує їх теплотворну здатність дров, було вирішено вимірювати вологість дров перед початком кожного досліду. Деревина різних порід має приблизно вдвічі меншу теплотворну здатність та густину, ніж високоенергетичні сорти вугілля. Оскільки полум'я при горінні летких компонентів малосвітне, його теплота погано сприймається топковим простором котла, що спричиняє зниження ККД котла та підвищення температури димових газів.

Для дослідження роботи котла в різних режимах нами було проведено серію дослідів. Отримані результати кореляційного аналізу для усіх проведених дослідів (рис. 1) показують, що для виходу на потужність більше 10 кВт необхідно температуру димових газів тримати вище 300 °С.

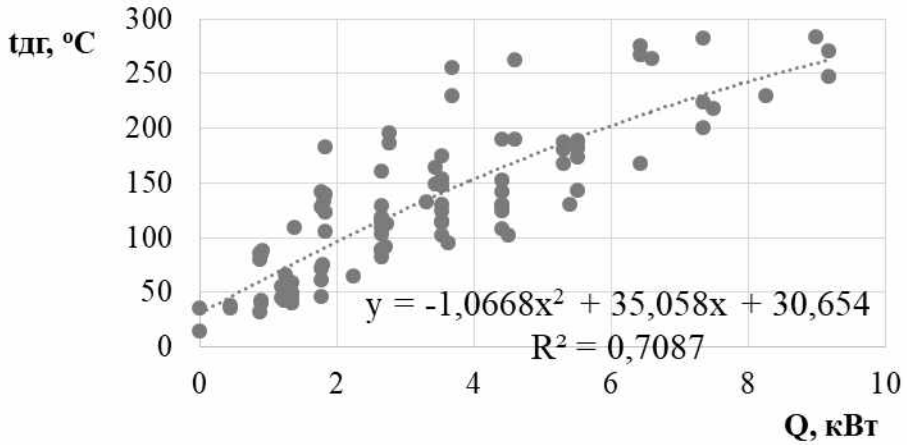

Рис. 1. Кореляція температури димових газів та теплової потужності котла

Очевидно, що викидати димові гази в атмосферу з температурою вище 300°С економічно не доцільно, тому ми пропонуємо за котлом встановлювати економайзер із малим аеродинамічним опором. Варто зазначити, що питання конструювання економайзерів досить добре вивчено для котлів високої потужності, а для інтервалу потужності від 10 до 100 МВт потрібна спеціальна проектна розробка.