

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ПОТУЖНІСТЮ 1500 кВт НА СОЛОМІ

Анотація

В роботі проведено експериментальні дослідження показників роботи теплогенератора для спалювання тюків соломи потужністю 1500 кВт. Проведено порівняння розрахункових і експериментальних даних по температурі димових газів на виході з теплообмінника котла з врахуванням коефіцієнта забруднення поверхні $\psi=1$, $\psi=0,9$, $\psi=0,8$. Результати розрахунку показали, що розходження між розрахунковими і експериментальними значеннями температур газів на виході з котла при $\psi=1$ становлять 8...16 %, при $\psi=0,9$ розходження становлять 4...13,8%, при $\psi=0,8$ – 2,1...16,6%. Запропоновано особливості розрахунку теплогенераторів на соломі.

Ключові слова: водогрійний котел, солома, температура відхідних газів, коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт надлишку повітря.

Abstract

In the work, experimental studies of the performance indicators of a heat generator for the combustion of straw bales with a power of 1500 kW were carried out. A comparison of calculated and experimental data on the temperature of flue gases at the output of the boiler heat exchanger, taking into account the surface contamination coefficient $\psi=1$, $\psi=0,9$, $\psi=0,8$. The results of the calculation showed that the differences between the calculated and experimental values of the gas temperatures at the exit from the boiler at $\psi=1$ are 8 ... 16%, with $\psi=0,9$, the differences are 4 ... 13,8%, with $\psi=0,8$ – 2,1 ... 16,6%. The features of calculating heat generators on straw are proposed.

Keywords: hot water boiler, straw, exhaust gas temperature, efficiency, air excess ratio.

Вступ

Потенціал біомаси, доступний для виробництва енергії в Україні становить від 25 до 35 млн т.у.п. в рік. Основні його складові – солома, відходи сільського господарства, енергетичні культури, деревина та її відходи [1]. Одним із завдань Енергетичної стратегії України до 2035 року є ліквідація критичної залежності України від поставок енергоресурсів з монопольних джерел, підвищення рівня енергетичної безпеки шляхом диверсифікації маршрутів та джерел енергозабезпечення національної економіки, а також збільшення використання біомаси для виробництва енергії до 13,1 млн. т. н.е. [2]. Стратегією планується зростання частки відновлювальної енергетики до рівня 20% у валовому кінцевому енергоспоживанні Як зазначено в роботі іноземних авторів [3] спалювання біомаси окрім економічного ефекту, призводить до забруднення навколишнього середовища. Тому для підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки такого обладнання, потрібні надійні методи його проектування. В сучасній технічній літературі, в тому числі в Нормативному методі теплового розрахунку котлоагрегатів немає методів розрахунку котлів на альтернативних видах палива, зокрема соломі. Аналіз чисельної літературної інформації та Internet джерел показав, що експериментальні дослідження енергетичних та екологічних показників котлів для спалювання соломи практично не проводяться. Такі дослідження проводяться за кордоном, але практичних рекомендацій по проектуванню котлів на соломі в іноземних публікаціях немає.

Метою даної роботи є аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень показників роботи теплогенератора для спалювання соломи потужністю 1500 кВт.

Основна частина

В роботі [4] нами наведено результати досліджень показників роботи теплогенератора потужністю 1500 кВт на соломі. Котел для спалювання тюків соломи потужністю 1500 кВт розташований на території зернокомплексу на одному з підприємств Вінниччини. Теплогенератор призначений для нагрівання повітря, що надходить в сушарку зернокомплексу. В даній роботі [4] нами описано конструкцію теплогенератора, методику проведення експерименту, описано принцип роботи повітряного теплогенератора, дано рекомендації по розрахунку теплообміну в топці.

Авторами проведено дві серії експерименту. Першу серію експерименту проведено при запуску котла з холодного стану. Другу серію при безперервній тривалій роботі котла. Результати другої серії експерименту наведено в роботі [4].

Для теплового розрахунку теплогенератора створено математичну модель, яку реалізовано в Microsoft Excel. Під час побудови математичної моделі, використано рекомендації, розроблені авторами в [5].

Складністю розрахунку теплогенераторів призначених для спалювання тюків соломи є те, що вони працюють в нестационарному режимі. Під час теплового розрахунку теплогенератора нами прийнято спрощення, що паливо вигорає рівномірно, тобто за однакові проміжки часу горить одна й та сама кількість соломи. Оскільки димові гази з обох топок надходять в різній кількості (залежно від кількості палива, що там горить) і з різною температурою в спільний теплообмінник, але, при цьому забезпечується необхідний температурний рівень нагріваного повітря, то в розрахунках прийнято, що солома горить безперервно в одній топці. На рисунку 1 наведено порівняння експериментальних та розрахункових значень температур димових газів на виході з котла.

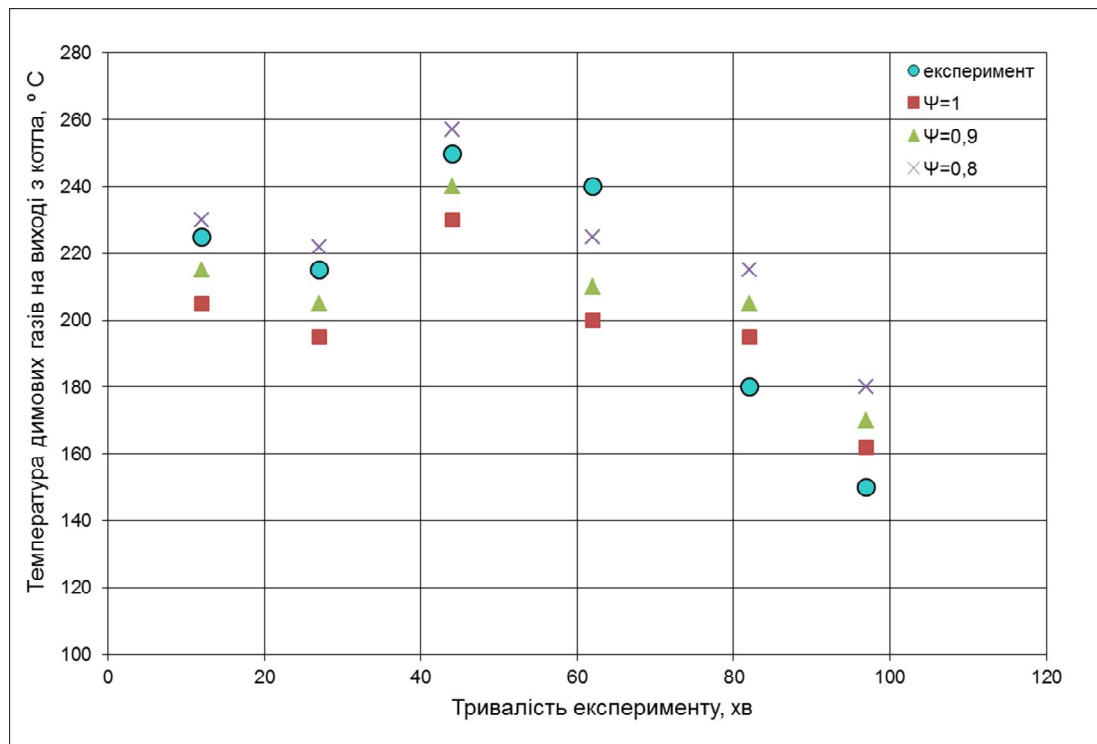


Рисунок 1 – Зміна температури димових газів на виході з теплообмінника котла протягом експерименту

Швидкість димових газів в теплообміннику котла становила 4,47 ...5,85 м/с, критерій Рейнольдса 8800...9480. Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі з боку газів використано формулу Міхеєва М. А. [6]

$$Nu_{dp} = 0,021 \cdot Re_{dp}^{0,8} \cdot Pr_p^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{cr}} \right)^{0,25} \cdot \epsilon_1.$$

Розрахунки проведено для різних значень коефіцієнтів, що враховують зниження тепловіддачі через забруднення поверхні нагріву $\psi=1$, $\psi=0,9$, $\psi=0,8$. Слід зазначити, що при спалюванні соломи теплообмінні поверхні швидко забруднюються легкою золою, що призводить до зниження температури повітря, що надходить на сушарку. Тому в процесі експлуатації котла доводиться часто зупиняти котел для чищення теплообмінника.

Результати розрахунку показали, що розходження між розрахунковими і експериментальними значеннями температур газів на виході з котла при $\psi=1$ становлять 8...16 %, при $\psi=0,9$ розходження становлять 4...13,8%, при $\psi=0,8$ 2,1...16,6%. Найбільші відхилення між експериментальними і розрахунковими значеннями температури спостерігаються на останніх хвилинах експерименту, коли паливо в обох топках догорало. Слід зазначити, що режим руху в теплообміннику котла перехідний. Для такого режиму, як зазначено в роботі [5] надійних залежностей для розрахунку критерія Нуссельта немає.

Температура димових газів на виході з топки визначалась розрахунковим шляхом. Експериментальні дослідження [4] показали, що розходження між експериментальними і розрахунковими значеннями температури газів на виході з топки становить -11,9%...17,34%. Похибка у визначенні температури на виході з топки впливає на результати розрахунку теплообмінника. Такі розходження пов'язані з відсутністю даних про елементарний склад соломи пшениці (для розрахунків взято середньостатистичні показники), відсутністю нормативної документації для теплового розрахунку теплогенераторів на альтернативних видах палива. Незважаючи на зазначені особливості, як показали отримані результати, закладені спрощення в математичну модель котла, і запропоновані особливості розрахунку топки [4] цілком правомірні.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено експериментальні дослідження показників роботи котла для спалювання тюків соломи проектною потужністю 1500 кВт. Проведено порівняння розрахункових і експериментальних даних по температурі димових газів на виході з теплообмінника котла з врахуванням коефіцієнта забруднення поверхні $\psi=1$, $\psi=0,9$, $\psi=0,8$. Результати розрахунку показали, що розходження між розрахунковими і експериментальними значеннями температур газів на виході з котла при $\psi=1$ становлять 8...16 %, при $\psi=0,9$ розходження становлять 4...13,8%, при $\psi=0,8$ – 2,1...16,6%. Найбільші відхилення між експериментальними і розрахунковими значеннями температури спостерігається на останніх хвилинах експерименту, коли паливо в обох топках догорало. Такі розбіжності пов'язані з недостатністю початкових даних для розрахунку (складу палива), а також нормативної документації для теплового розрахунку теплогенераторів на альтернативних видах палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Железная Т. А. Комплексный анализ технологий производства энергии из твердой биомассы в Украине / Т. А. Железная, О. И. Дроздова // Теплоэнергетика. – 2014. – №4. – с. 16-20.
2. Енергетична стратегія України до 2030 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf
3. Hardy T. Negative effects of biomass combustion and co-combustion in boilers/ Т. Hardy, А. Musialik-Piotrowska. J. Ciolek// Environment protection engineering. – 2012. – №1. – с. 25-33.
4. Боднар Л. А. Експериментальні дослідження показників роботи теплогенератора потужністю 1500 кВт на соломі // Л. А. Боднар, Д. В. Степанов, Р. В. Сливко/ Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронний ресурс] – 2017. – №1. – <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/497/494>.
5. Степанов Д. В. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія / Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 151
6. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. Изд. 2-е, М. : Энергия, 1977. – 344 с.

Боднар Лілія Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету, тел.598339, Бodnar06@ukr.net.

Сливко Роман Володимирович, інженер теплоенергетик.

Bodnar L. A., Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Бodnar06@ukr.net.

Slivko R. V., thermal power engineer.