

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено систематизацію конструктивних особливостей теплогенераторів для спалювання соломи, проаналізовано тенденції підвищення коефіцієнта корисної дії теплогенераторів та зменшення викидів CO, запропоновано методи підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів для спалювання соломи потужністю до 1 МВт.

Ключові слова: водогрійний котел, солома, спалювання, інтенсифікація теплообміну, газогенерація, ступенева подача повітря.

Abstract

At work the systematization design features straw-burning heating equipment, analyzes trends increasing efficiency of heat generators and reduce CO emissions, the methods of increasing energy efficiency and environmental safety of heating equipment straw-burning power up to 1 MW.

Keywords: hot water boiler, straw combustion, heat transfer intensification, gas generation, stepped air supply.

Створення та реконструкція котлів для промислової та комунальної теплоенергетики, що використовують в якості палива біомасу, зокрема солому, вимагає проведення досліджень технологій спалювання, методів підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки такого обладнання. Залежно від прийнятої технології спалювання визначаються основні конструктивні особливості котла: розміри і конфігурація топкової камери, ступінь екранування, спосіб очищення поверхні нагріву, система золовловлювання і золовидалення, спосіб інтенсифікації теплообміну в конвективній частині, організація подачі повітря на горіння (одноступенева, двоступенева, триступенева). Котли для спалювання соломи на ринку опалювального обладнання є відносно новими. Це пов'язано з низькою вартістю природного газу протягом тривалого часу.

Як зазначено в роботі [1] українських виробників котлів для спалювання соломи досить мало. В зв'язку з все ширшим впровадженням такого обладнання на багатьох підприємствах України, виникає задача розробки методів підвищення їхньої енергетичної ефективності та екологічної безпеки. В зв'язку з вищесказаним, тема роботи є **актуальною**.

Мета роботи – систематизація інформації по конструктивних особливостях теплогенераторів для спалювання соломи та методах підвищення їх енергетичної ефективності та екологічної безпеки.

В роботі проведено систематизацію інформації по конструктивних особливостях теплогенераторів для спалювання соломи залежно від потужності. Котли для спалювання соломи класифіковані за такими ознаками: за функціональним призначенням (для опалення, для гарячого водопостачання); за матеріалом, з якого виготовлена топка котла (чавун, сталь, кераміка, вогнетривка цегла); за залежністю від електроенергії (енергозалежні, енергонезалежні); за способом видалення відхідних газів (зі штучною чи примусовою тягою); за способом спалювання (пряме спалювання, з газогенерацією); за способом завантаження тюків соломи (механізоване, ручне); за періодичністю спалювання (періодичної дії, безперервної дії).

Крім того котли періодичної дії можна класифікувати так: котли для спалювання цілих малих тюків потужністю 20 – 100 кВт; теплогенератори для великих круглих і прямокутних тюків потужністю 100 кВт – 1 МВт

Котли безперервної дії класифіковані так: автоматичні котли для спалювання подрібненої соломи потужністю 70 кВт – 2 МВт і більше; котли для "цигаркового" спалювання цілих тюків соломи 2 – 10 МВт.

За способом спалювання соломи котли можна також розділити на такі групи: котли для спалювання різаної соломи; котли для спалювання соломи, подрібненої скарифкатором; котли для спалювання брикетів соломи методом "цигаркового" спалювання; котли періодичної дії для спалювання цілих брикетів соломи; котли для спалювання розділених на частини брикетів соломи; котли для спалювання пелет соломи.

Застосування передових технологій перетворення хімічної енергії палива на теплову дозволяє істотно поліпшити економічні та екологічні показники котлів. На рисунках 1, 2 наведено дані досліджень Данського сільськогосподарського дослідницького інституту [2] по тенденціях приросту ККД і зниження вмісту CO у відхідних газах котлів на соломі.

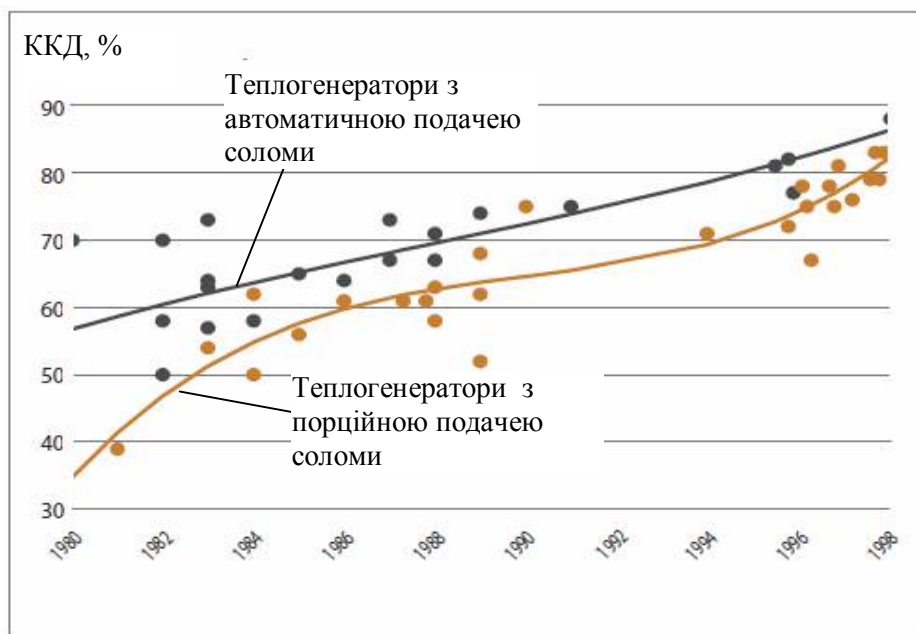


Рисунок 1 – Тенденція зміни ККД теплогенераторів для спалювання соломи [2]

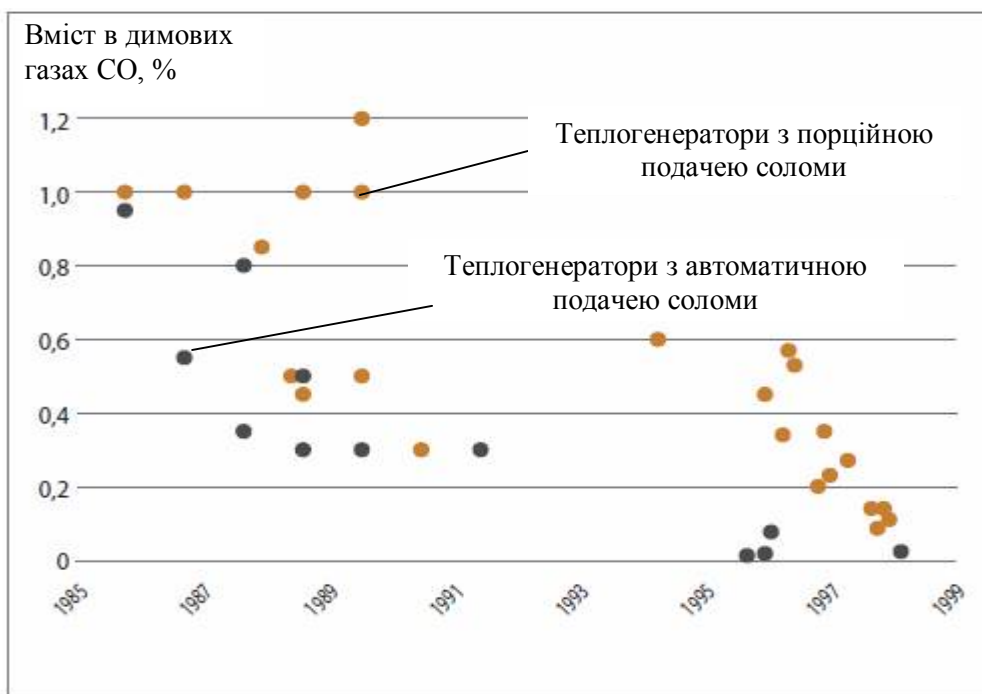


Рисунок 2 – Тенденція зміни вмісту CO у димових газах теплогенераторів для спалювання соломи [2]

Загалом з 1980-х по 2000-і роки у країнах Європи приріст ККД котлів на соломі з автоматичною подачею палива становив в середньому 30%, у котлах з порційною подачею палива – 40%. Рівень

викидів CO для теплогенераторів з автоматичною і порційною подачею соломи знизився приблизно у 18 разів.

В роботі проведено аналіз сучасного стану енергетичних показників теплогенераторів на соломі, представлених на ринку опалювального обладнання. Представлені на рисунку 3 дані взято з технічних характеристик наведених виробниками котлів.

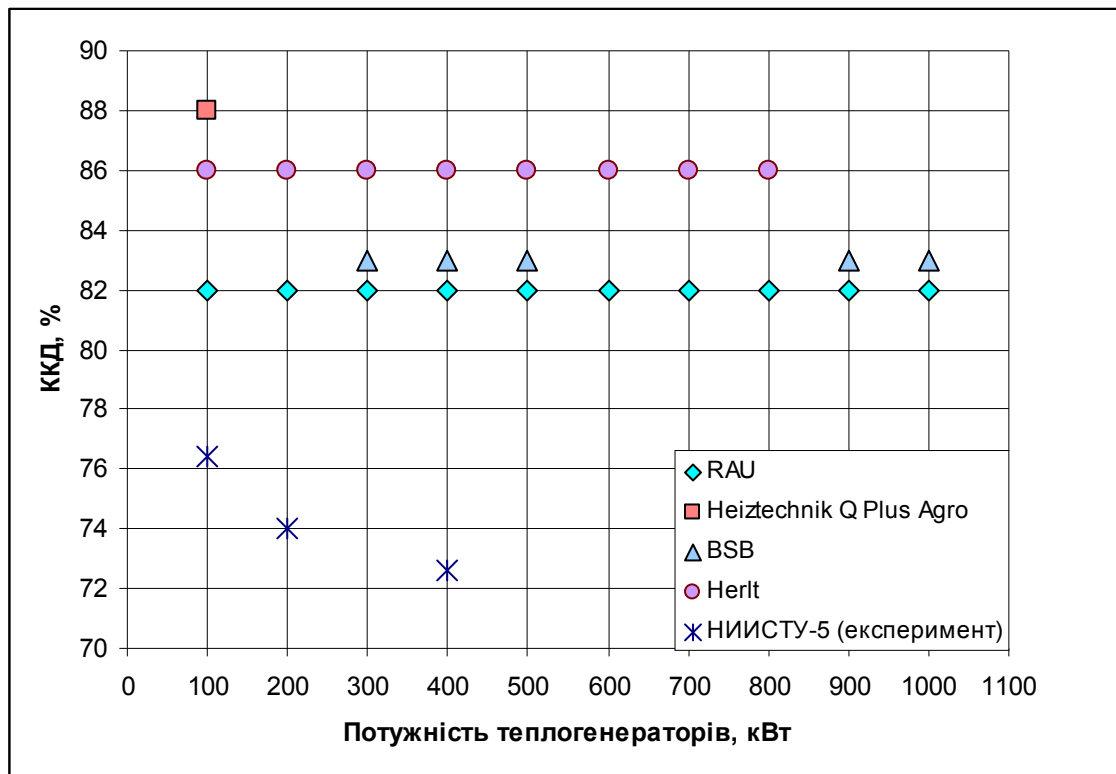


Рисунок 3 – Енергетичні показники теплогенераторів на соломі для типорозмірного ряду від 100 до 1000 кВт.

Як видно з рисунку 3, коефіцієнт корисної дії теплогенераторів знаходиться в межах 82 – 88%. Слід зазначити, що майже для всіх теплогенераторів, розглянутих нами, ККД становив 82%. В роботі наведено лише показники українського виробника ВАТ "ЮТЕМ", що виготовляє котли RAU [3]. Високий ККД мають газогенераторні котли Herlt (86%), а також теплогенератор для спалювання цілих тюків соломи Heiztechnik Q Plus Agro (88%). В роботі наведено також результати випробувань котла НІИСТУ-5 переведеного з природного газу на спалювання брикетів соломи [4]. В результаті реконструкції ККД теплогенератора знаходився в межах 72 – 76 %. Порівняння результатів наведених на рисунку 1 і рисунку 3, показує, що суттєвого приросту ККД на сьогоднішній день не досягнуто. Стосовно екологічної ефективності, то виробники не наводять на своїх сайтах результати екологічних випробувань. Більшість вказує, що вміст CO становить менше 0,5%. Огляд літературної інформації показав, що температура відхідних газів за котлами на соломі становить 190 – 250 °С. В результаті випробувань котла НІИСТУ-5 на брикетах з соломи температура відхідних газів становила 219 – 353 °С [4].

Для підвищення ефективності і надійності теплогенераторів науковцями ведуться роботи по дослідженню ефективності спалювання соломи в киплячому шарі. Як показали експериментальні дослідження показників роботи котлів потужністю 200 і 800 кВт на пелетах соломи, проведені в роботі [5], при спалюванні агропелет в киплячому шарі прогнозується більш надійна робота котла, оскільки температура топкових газів на 100...180 ° С нижче температури топкових газів при спалюванні відходів рослинництва в щільному шарі (менша ймовірність розплавлення частинок летючого попелу і утворення щільних відкладень цієї золи на поверхнях нагріву котла), а вогнищевий залишок має порошкоподібну структуру (агломерати розплаву і спеченого золи відсутні). Дані

дослідження свідчать про доцільність використання технології спалювання в киплячому шарі для котлів на соломі.

На сайті підприємства Kriger [6] вказано, що для зменшення викидів оксидів азоту котельнею на соломі потужністю 7 МВт, впроваджено технологію рециркуляції димових газів в топку котла.

Для розробленої нами конструкції теплогенератора [7] для спалювання цілих тюків соломи (рис. 4) проведено моделювання показників його роботи за умови встановлення в конвективну частину котла інтенсифікаторів теплообміну у вигляді скрученої стрічки. Для підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки в конструкції теплогенератора передбачено двостадійну подачу повітря, що дозволить інтенсифікувати процес горіння палива. Теплообмінник 1 теплогенератора виконано двоходовим, що дозволяє підвищити швидкість руху продуктів згорання. Для зменшення температури відхідних газів запропоновано встановити інтенсифікатори теплообміну.

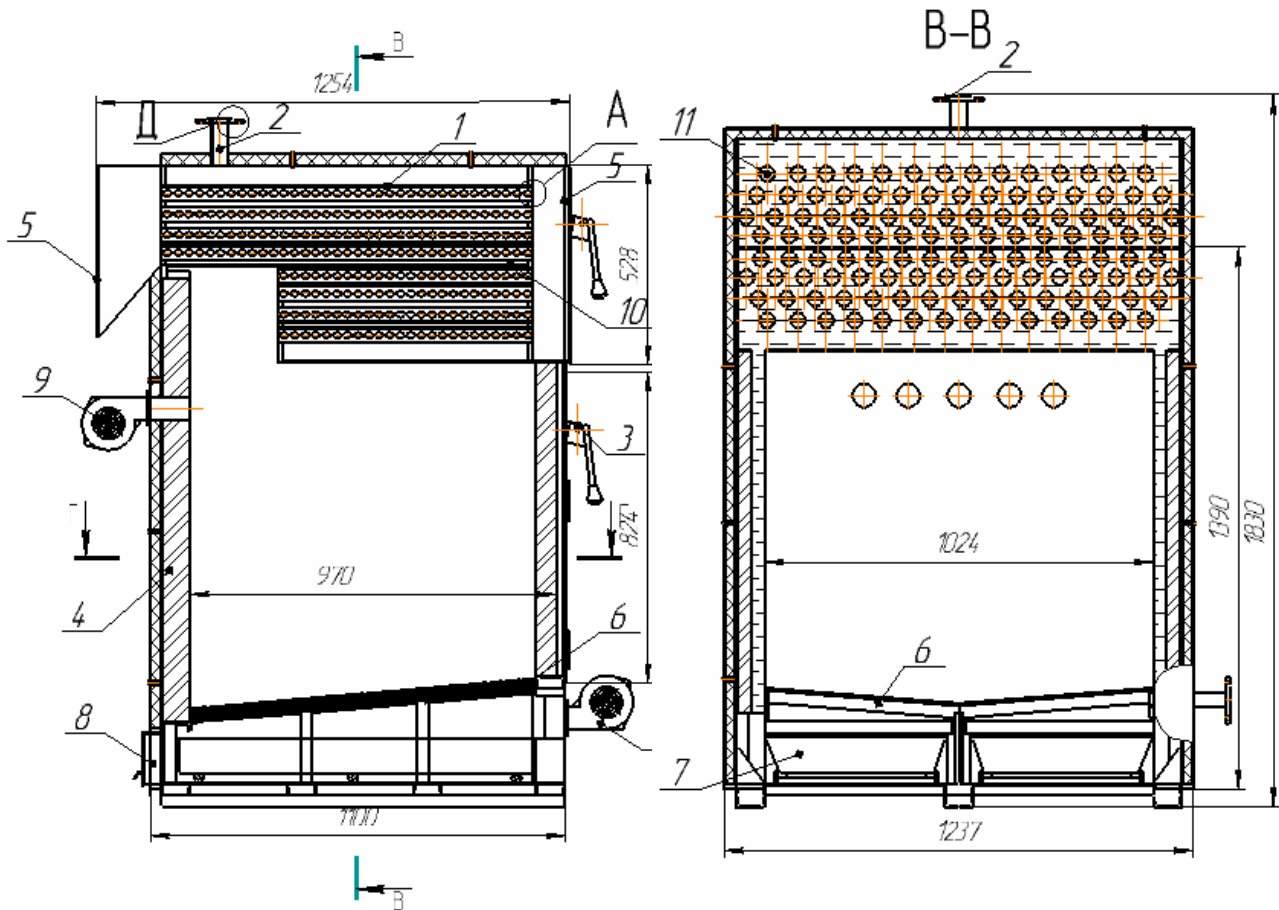


Рисунок 4 – Водогрійний котел для спалювання тюків соломи

В роботі [8] нами показано, що за допомогою інтенсифікаторів теплообміну можна знизити температуру відхідних газів на 20 – 70 °С.

На сьогоднішній день розроблено багато ефективних способів покращення енергетичних та екологічних показників теплогенераторів на природному газі, вугіллі, деревині. Використання цих методів під час проектування теплогенераторів на соломі дозволить підвищити їх надійність, ККД, а також екологічні показники.

На основі огляду літературної інформації та власних досліджень нами сформовано напрямки підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів на соломі. До них належать: інтенсифікація теплообміну в конвективній частині котла; організація ступінчастого спалювання палива шляхом розділення повітря, що надходить на горіння на первинне, вторинне, третинне; якісна автоматизація котлів; захист топок теплоізоляційним бетоном, чи іншим матеріалом; організація попереднього підігріву повітря, що надходить на горіння; створення двоходових,

триходових теплообмінників котлів; впровадження процесів газогенерації та технологій киплячого шару; застосування високоякісних систем управління; механізація процесів подачі палива.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено систематизацію інформації по конструктивних особливостях теплогенераторів для спалювання соломи, проаналізовано тенденції підвищення коефіцієнта корисної дії теплогенераторів та зменшення викидів CO. Показано, що з 1980-х по 2000-і роки у країнах Європи приріст ККД котлів на соломі з автоматичною подачею палива становив в середньому 30%, у котлах з порційною подачею палива – 40%. Рівень викидів CO для теплогенераторів з автоматичною і порційною подачею соломи знизився приблизно у 18 разів. Коефіцієнт корисної дії сучасних теплогенераторів на соломі знаходиться в межах 82 – 88%. На основі огляду літературної інформації та власних досліджень сформовано напрямки підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів на соломі. До них належать: інтенсифікація теплообміну в конвективній частині котла; організація ступінчастого спалювання палива шляхом розділення повітря, що надходить на горіння на первинне, вторинне, третинне; якісна автоматизація котлів; захист топок теплоізоляційним бетоном, чи іншим матеріалом; організація попереднього підігріву повітря, що надходить на горіння; створення двоходових, триходових теплообмінників котлів; впровадження процесів газогенерації та технологій киплячого шару.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боднар Л. А. Технічні та екологічні показники водогрійних котлів потужністю до 1 МВт для спалювання соломи/Л. А. Боднар, О. В. Дахновська, Р. Е Бойчук// Науково-технічний збірник "Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві". – 2015. – №2 – С. 115 – 120.
2. Torben S. Straw to energy. Status, technologies and innovation in Denmark 2011. [Електронний ресурс]. Режим доступу http://www.inbiom.dk /Files /Files/ Publikationer/ halmpjeseuk_2011_web.pdf
3. Сайт ПАТ «Південтеплоенергомонтаж» («ЮТЕМ»). Режим доступу до сайту: <http://www.utm-bioenergy.com/>.
4. Чернокрылюк В. В. Экспериментальные исследования котлов НИИСТУ-5, переведенных с газового на твердое топливо / В. В. Чернокрылюк, Е. С. Есин, О. А. Вернигора, П. В. Штырин // Науковий вісник будівництва. – 2014. – № 4. – С. 168-173. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2014_4_41
5. Исьемин Р. Л. Исследования сжигания агропеллет в кипящем слое жаротрубно-дімогарного котла/ Р. Л. Исьемин, С. Н. Кузьмин, В. В. Коняхин и др. // Вопросы современной науки и практики. – 2008. – №2. – С. с. 20-24. Режим доступу: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2008/02t/02t.pdf>
6. Сайт котельного завода Kriger. Котельная мощностью 7,0 МВт/час в Киевской области на соломе, агропелете, щепе топливной. Режим доступу: <http://kriger.com.ua/ru/service/boilers7/>
7. Пат. 102615 України, МПК7 F24H1/00. Водогрійний котел / Боднар Л. А., Степанов Д. В., Робак М. Г.; заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № 201504315; опубл.10.11.2015, Бюл. №21.
8. Боднар Л. А. Теплогенератор потужністю 100 кВт для спалювання соломи / Л. А. Боднар, А. О. Головка, М. Г. Робак// Всеукраїнський науково-технічний журнал. Техніка, енергетика, транспорт АПК – 2016. – №2. – С. 128-132.

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail:

Bodnar06@ukr.net

Головка Ганна Олександрівна, студентка групи ТЕ-13, факультет Будівництва, теплоенергетики і газопостачання, ВНТУ.

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

Golovko Anna – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Moldova.