ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 621.18

Л. А. Боднар
Г. О. Головко

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ

Вінницький національний технічний університет

В роботі проаналізовано тенденції підвищення коефіцієнта корисної дії теплогенераторів для спалювання соломи та зменшення викидів СО. Проведено числові дослідження зміни температури димових газів за змінного навантаження котла і при різній організації руху димових газів. Показано, що зниження температури димових газів для двоходової конструкції, порівняно з одноходовою становить 8…15%, для триходової 16…25%, для двоходової з інтенсифікаторами теплообміну 25…34%. На основі огляду літературної інформації та власних досліджень сформовано напрямки підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів на соломі.

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

Вступ

Створення котлів на альтернативних видах палива, зокрема соломі, 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 – дослідження методів підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів для спалювання соломи.

Основна частина

Застосування передових технологій перетворення хімічної енергії палива на теплову дозволяє істотно поліпшити енергетичні та екологічні показники котлів. На рисунках 1, 2 наведено дані досліджень Данського сільськогосподарського дослідницького інституту [2] по тенденціях приросту ККД і зниження вмісту СО у відхідних газах котлів на соломі. Як показано в роботі [2] ККД котлів з механізованою подачею палива на протязі 20-и років збільшився з 50 до 88%, а з порційною подачею соломи зі 40 до 85 %. Досягнуто істотного зменшення викидів рівня СО: з 1,2% до 0,1% для теплогенераторів з порційною подачею палива та з 0,9 % до 0,05% для теплогенераторів з автоматичною подачею соломи.

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

Нами 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.

© Л. А. Боднар, Г. О. Головко

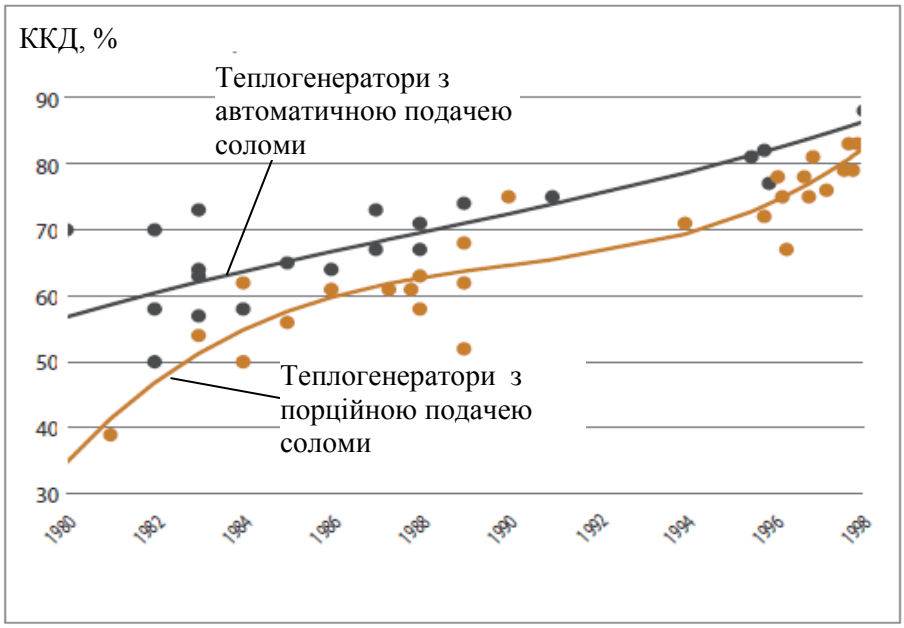

Рис. 1. Тенденція зміни ККД теплогенераторів для спалювання соломи [2]

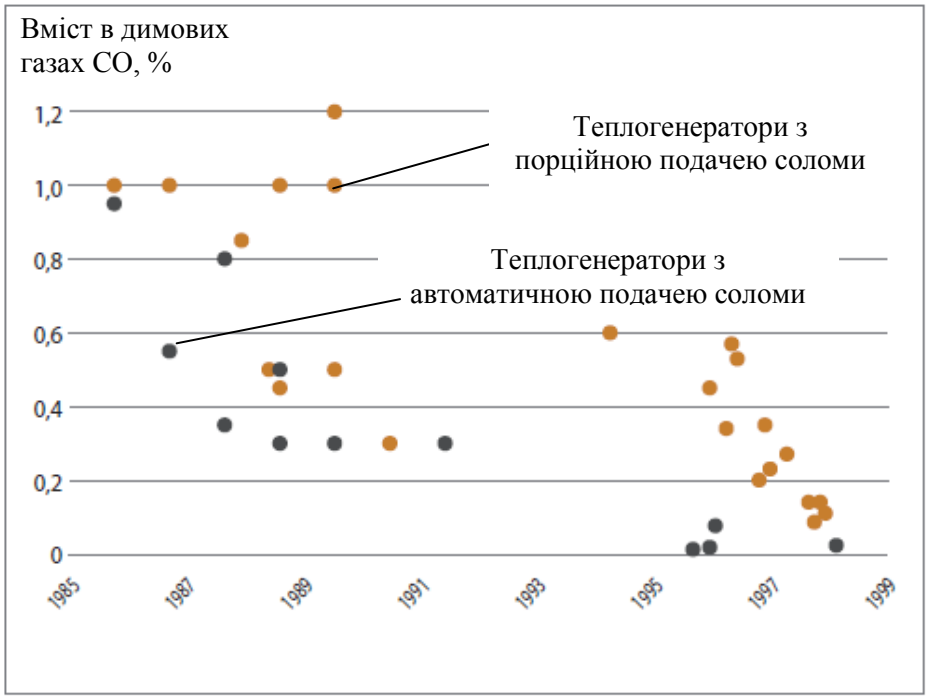

Рис. 2. Тенденція зміни вмісту CO у димових газах теплогенераторів для спалювання соломи [2]

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 НІІСТУ-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 НИИСТУ-5 на брикетах з соломи температура відхідних газів становила 219 – 353 °С [4].

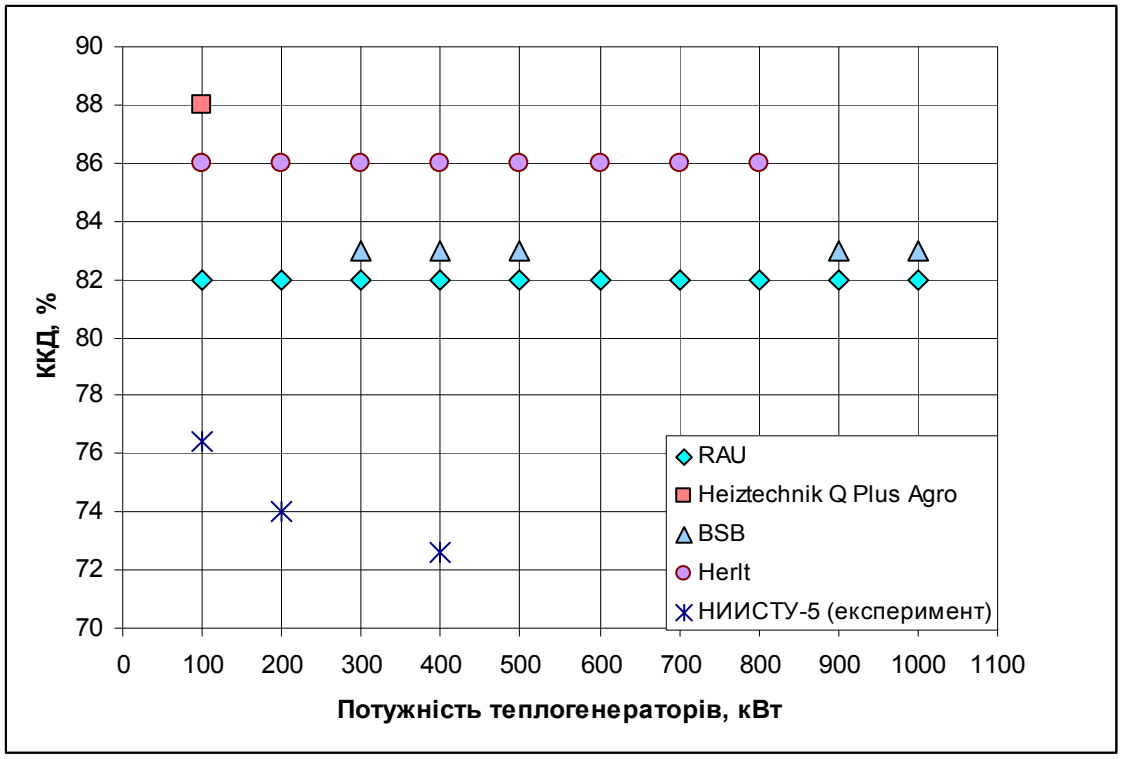

Рис. 3. Енергетичні показники теплогенераторів на соломі для типорозмірного ряду від 100 до 1000 кВт

Для підвищення ефективності і надійності теплогенераторів науковцями ведуться роботи по дослідженню 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 спеченої 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 та за умови організації в теплообміннику котла одноходового, двоходового та триходового руху газів.

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 (1,8…1,9 рази). Для зменшення температури відхідних газів запропоновано встановити інтенсифікатори теплообміну.

Авторами проведено моделювання показників роботи котла потужністю 150 кВт для спалювання соломи за змінного навантаження. В розрахунках взято солому з таким складом W^p=10%, C^p=40,43%, N^p=0,52%, H^p=5,86%, S^p=0,11%, O^p=39,48%, A^p=3,6%, $Q_{н.р.}$=15,23 МДж/кг, коефіцієнт надлишку повітря в зоні горіння 1,4. Проведено числові дослідження зміни температури димових газів за змінного навантаження котла і при різній організації руху димових газів (рис. 5).

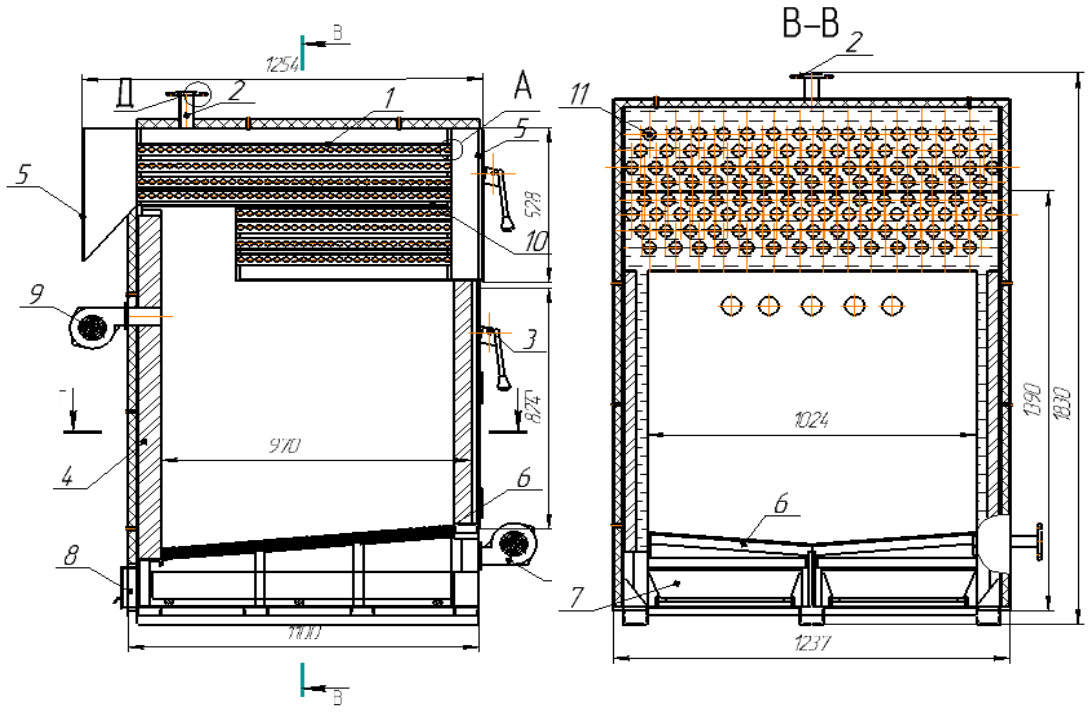

Рис. 4. Водогрійний котел для спалювання тюків соломи: 1 – газотрубний теплообмінник; 2 – фланець; 3 – дверцята; 4 – обмурівка; 5 – люк для чищення труб; 6 – колосникова решітка; 7 – накопичувач золи; 8 – люк для видалення золи; 9 – вентилятор; 10 – пластина; 11 – інтенсифікатор

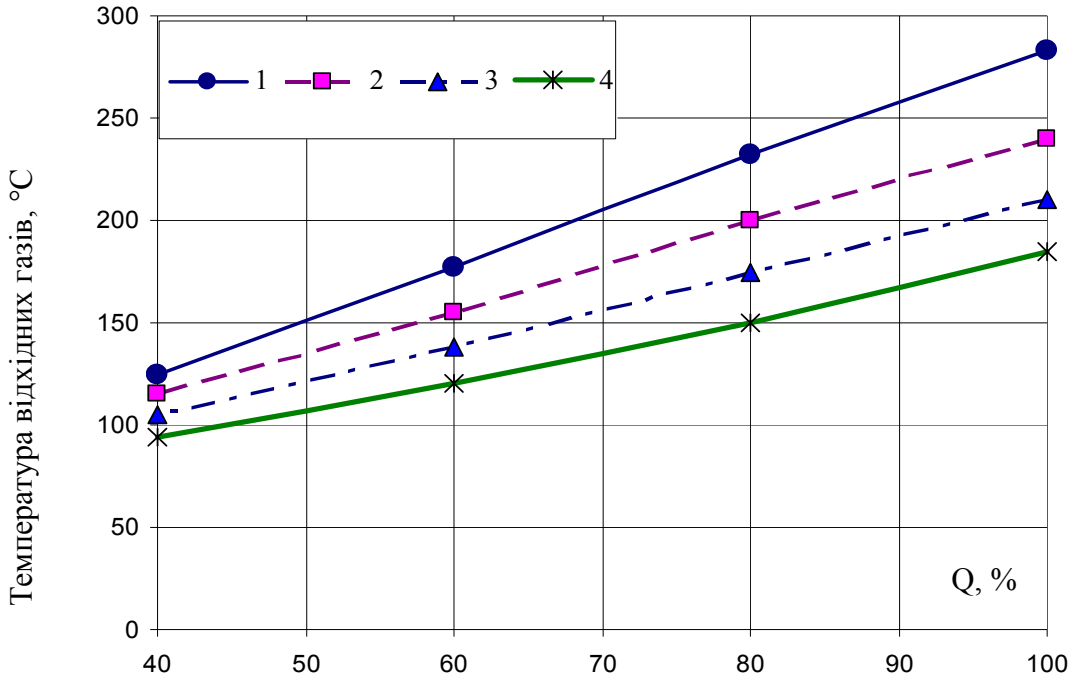

Рис. 5. Зміна температури відхідних газів залежно від навантаження котла: 1 – одноходова конструкція теплообмінника; 2 – двоходова конструкція теплообмінника; 3 – триходова конструкція теплообмінника; 4 – двоходова конструкція теплообмінника з інтенсифікаторами теплообміну у вигляді скрученої стрічки

Як видно з рисунку 5, зниження температури димових газів для двоходової конструкції, порівняно з одноходовою становить 8…15%, для триходової 16…25%, для двоходової з інтенсифікаторами теплообміну 25…34%. Зменшення температури відхідних газів призводить окрім зростання коефіцієнта корисної дії котла, до зростання втрат тиску в теплообміннику.

На сьогоднішній день розроблено багато ефективних способів покращення енергетичних та екологічних показників теплогенераторів на природному газі, вугіллі, деревині. Використання цих методів під час проектування теплогенератоів 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 проаналізовано тенденції підвищення коефіцієнта корисної дії теплогенераторів та зменшення викидів СО. 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 СО 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%. Проведено числові дослідження зміни температури димових газів за змінного навантаження котла і при різній організації руху димових газів. Зниження температури димових газів для двоходової конструкції, порівняно з одноходовою становить 8…15%, для триходової 16…25%, для двоходової з інтенсифікаторами теплообміну 25…34%. На основі огляду літературної інформації та власних досліджень сформовано напрямки підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки теплогенераторів на соломі.

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/ halmpjeceuk_ 2011_web.pdf.
3. Сайт ПАТ «Південтеплоенергомонтаж» («ЮТЕМ»). Режим доступу до сайту: http://www.utem-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. Головко, 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 Вінницького національного технічного університету.

Головко Ганна Олександрівна – студент Вінницького національного технічного університету.

L. Bodnar
A. Golovko

ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SAFETY GENERATOR FOR STRAW BURNING

Vinnytsia National Technical University

The paper analyzes the trends in increasing the efficiency of heat generators for burning straw and reduce CO emissions. A numerical study of flue gas temperature changes for the alternating load boiler and at different traffic management flue gases. It is shown that lowering the temperature of the flue gases to two-way design, compared to one-way of 8 ... 15% for three-way 16 ... 25% for two-way intensifiers of heat 25 ... 34%. Based on literature review information and its own research areas formed energy efficiency and environmental safety straw.

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

Bodnar Lilia – Ph.D, associate professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University.
Golovko Ganna – student of the Vinnytsia National Technical University.

Л. А. Боднар
А. А. Головко

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ СОЛОМЫ

В работе проанализированы тенденции повышения коэффициента полезного действия теплогенераторов для сжигания соломы и уменьшения выбросов CO. Проведены численные исследования изменения температуры дымовых газов переменной нагрузки котла и при разной организации движения дымовых газов. Показано, что снижение температуры дымовых газов для двухходовой конструкции по сравнению с одноходовой составляет 8 ... 15%, для трехходовой 16 ... 25%, для двухходовой с интенсификаторами теплообмена 25 ... 34%. На основе обзора литературной информации и собственных исследований сформированы направления повышения энергетической эффективности и экологической безопасности теплогенераторов на соломе.

Ключевые слова: *водогрейный котел, солома, сжигание, интенсификация теплообмена, газогенерации, ступенчатая подача воздуха.*

Боднар Лилия Анатольевна – к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики Винницкого национального технического университета.
Головко Анна Александровна – студент Винницкого национального технического университета.