

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 621.18

ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ ПОТУЖНІСТЮ ДО 1 МВт ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ

Боднар Л. А., Дахновська О. В., Робак М. Г., Бойчук Р. Е.

Показано, що спалювання соломи для виробництва енергії є однією з найбільш актуальних задач, оскільки дозволяє зменшити споживання природного газу. Проведено класифікацію водогрійних котлів для спалювання соломи потужністю до 1 МВт. Систематизовано інформацію по масогабаритних характеристиках котлів вітчизняного і закордонного виробництва та проведено сумісний аналіз їх показників. Показано, що на ринку опалювального обладнання України недостатньо представлено вітчизняне обладнання для спалювання соломи, а існуюче обладнання не має широкого типорозмірного ряду. Виділено необхідні заходи для широкого енергетичного використання соломи. Проаналізовано нормативи по гранично-допустимих викидах від котлів, що спалюють солому.

Ключові слова: котли, солома, шкідливі викиди, екологічні показники, нормативи.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МОЩНОСТЬЮ ДО 1 МВт ДЛЯ СЖИГАНИЯ СОЛОМЫ

Л. А. Боднар, О. В. Дахновская, М. Г. Робак, Р. Э. Бойчук

Показано, что сжигание соломы для производства энергии является одной из наиболее актуальных задач, поскольку позволяет уменьшить потребление природного газа. Проведена классификация водогрейных котлов для сжигания соломы мощностью до 1 МВт. Систематизирована информация по массогабаритных характеристиках котлов отечественного и зарубежного производства и проведено совместный анализ их показателей. Показано, что на рынке отопительного оборудования Украины недостаточно представлено отечественное оборудование для сжигания соломы, а существующее оборудование не имеет широкого типоразмерного ряда. Выделены необходимые меры для широкого энергетического использования соломы. Проанализированы нормативы по предельно допустимых выбросах от котлов, сжигающих солому.

Ключевые слова: котлы, солома, вредные выбросы, экологические показатели, нормативы.

TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF STRAW BURNING BOILERS UP TO 1 MW

Bodnar L., O Dahnovska., Robak M., Boychuk R.

It is shown that the burning of straw for energy production is one of the most pressing problems because it reduces the consumption of natural gas. The classification of boilers for combustion of straw up to 1 MW. Systematized information on the weight and size of boilers of domestic and foreign production and carried out a joint analysis of their performance. It is shown that in the market of heating equipment in Ukraine underrepresented domestic equipment for burning straw, and the existing equipment does not have a wide standard series. Select the necessary steps to publicize the energy use of straw. Analyzed standards for maximum allowable emissions from boilers burning straw.

Keywords: boilers, straw, emissions, environmental indicators.

Вступ

За оцінкою експертів Україна володіє потенціалом біомаси на 27 млн тонн умовного палива на рік, що за енергетичною цінністю рівноцінно 17 млрд м³ природного газу, що становить 13 % від загальної потреби держави. Використання цього потенціалу на сьогодні дуже мале, це пов'язано із відсутністю обладнання і техніки для правильного збору соломи з полів. Тут доцільно

спиратися на приклад Данії, яка є світовим лідером із використання соломи в енергетичних цілях – в країні спалюється щорічно до 14% всієї виробленої сільським господарством соломи. Розрахунок кількості паливної соломи по параметрам Данії показує, що мінімум 5 мільйонів тонн цієї сировини, що залишається тільки після збору злакових культур, може бути використано в Україні для виробництва паливних гранул. Повна утилізація цих об'ємів для виробництва пеллет могла б сприяти економії в загальнодержавному масштабі до трьох млрд. куб. природного газу [1].

Наразі в Україні використовують пряме спалення соломи (в тюках або рулонах) для отримання гарячої води для потреб опалення, та з метою отримання гарячого повітря для сушіння сільськогосподарських культур. Загальна кількість теплогенераторів потужністю до 1 МВт в Україні, які використовують для теплогенерації солому налічує 120 – 130 шт. і використовується до 100 тис. тон соломи на рік, що не відповідає ні можливому потенціалу, ні державним інтересам України [2].

Огляд ринку опалювального обладнання показав, що в Україні досить мало виробників котлів для спалювання соломи, а закордонні котли представлені в основному польськими і чеськими виробниками.

Метою даної роботи є систематизація наявної інформації по водогрійних котлах вітчизняного і закордонного виробництва для спалювання соломи потужністю до 1 МВт і сумісний аналіз їх показників.

Систематизація інформації та аналіз результатів

Систематизація інформації виконана на основі рекламних проспектів виробників, а також на основі інформації розміщеної на їхніх Internet сайтах [2 – 12]. Котли для спалювання соломи класифіковані за такими ознаками:

1. За функціональним призначенням (для опалення, для гарячого водопостачання).
2. За матеріалом, з якого виготовлена топка котла (чавун, сталь, кераміка, вогнетривка цегла).
3. За залежністю від електроенергії (енергозалежні, енергонезалежні).
4. За способом видалення відхідних газів (зі штучною чи примусовою тягою).
5. За способом спалювання (пряме спалювання, з газогенерацією).
6. За способом завантаження тюків соломи (механізоване, ручне).
7. За періодичністю спалювання (періодичної дії, безперервної дії).

Крім того котли періодичної дії можна класифікувати так:

1. Котли для спалювання цілих малих тюків потужністю 20 – 100 кВт.
2. Теплогенератори для великих круглих і прямокутних тюків потужністю 100 кВт – 1 МВт

Котли безперервної дії класифіковані так:

1. Автоматичні котли для спалювання подрібненої соломи потужністю 70 кВт – 2 МВт і більше;
2. Котли для "цигаркового" (рис. 1) спалювання цілих тюків соломи 2 – 10 МВт.

За способом спалювання соломи котли можна також розділити на такі групи:

1. котли для спалювання різаної соломи;
2. котли для спалювання соломи, подрібненої скарифікатором;
3. котли для спалювання брикетів соломи методом "цигаркового" спалювання;
4. котли періодичної дії для спалювання цілих брикетів соломи;
5. котли для спалювання розділених на частини брикетів соломи;
6. котли для спалювання пелет соломи.

В Україні зараз випускаються котли для спалювання соломи різних конструкцій та потужностей [11]. Їх виробляють ПАТ «Південтеплоенергомонтаж» («ЮТЕМ»), ВАТ "Бриг", Котлозавод "Крігер" (модель КВМ-1), ВАТ "Макагротех" (м. Макарів Київської області). НТЦ "Біомаса" є розробником серії котлів для спалювання соломи від 100 до 500 кВт [6]. ВАТ "ЮТЕМ" виготовляє котли RAU за ліцензією датської компанії Rassam Energi AIS [2]. Котли закордонного виробництва на українському ринку опалювального обладнання на соломі представлені в основному польськими (Heiztechnik [12], AG-Projekt, BioPalag), чеськими (EEG s.r.o, Vesko-s, TENZA), данськими (LIN-KA) виробниками.

Слід зазначити, що на сайтах виробників котлів не завжди надаються всі технічні характеристики котлів, а також їх екологічні показники. Крім того виробники не завжди вказують матеріали з яких виготовлені топкові камери та теплообмінники котлів. Це ускладнює систематизацію інформації по котлах на соломі. В зв'язку з нестабільною економічною ситуацією практично відсутня інформація по вартості котлів на соломі як українського так і закордонного

виробництва.

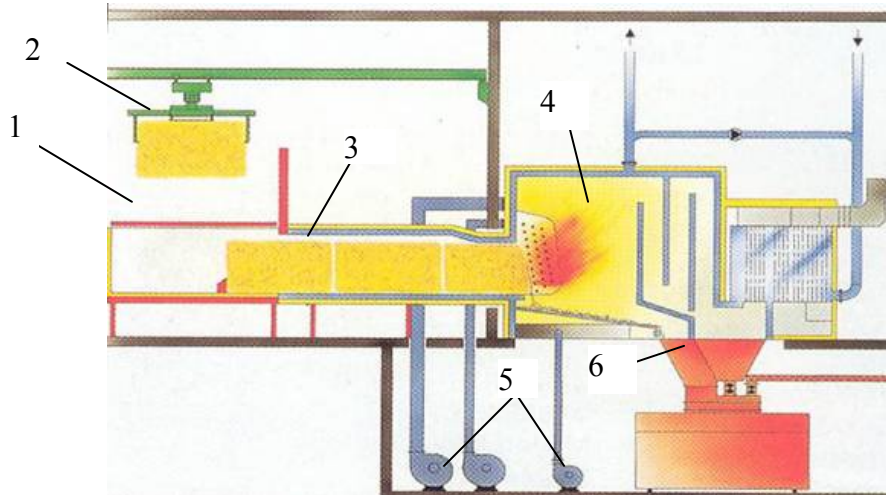


Рисунок 1 – Котел Lin-ka (2, 4, 10 МВт) для "цигаркового" спалювання тюків соломи [10]
1 – склад для зберігання соломи; 2 – під'ємний кран; 3 – система подачі сировини; 4 – котел; 5 – система вентиляторів; 6 – система видалення золи і шлаку

Існуюче обладнання малої потужності, що використовується у фермерських котельнях та комунальній енергетиці, відрізняються різноманітністю конструкцій та реалізованих технологій спалювання. Тому масогабаритні показники котлів суттєво відрізняються рис. 2, рис. 3.

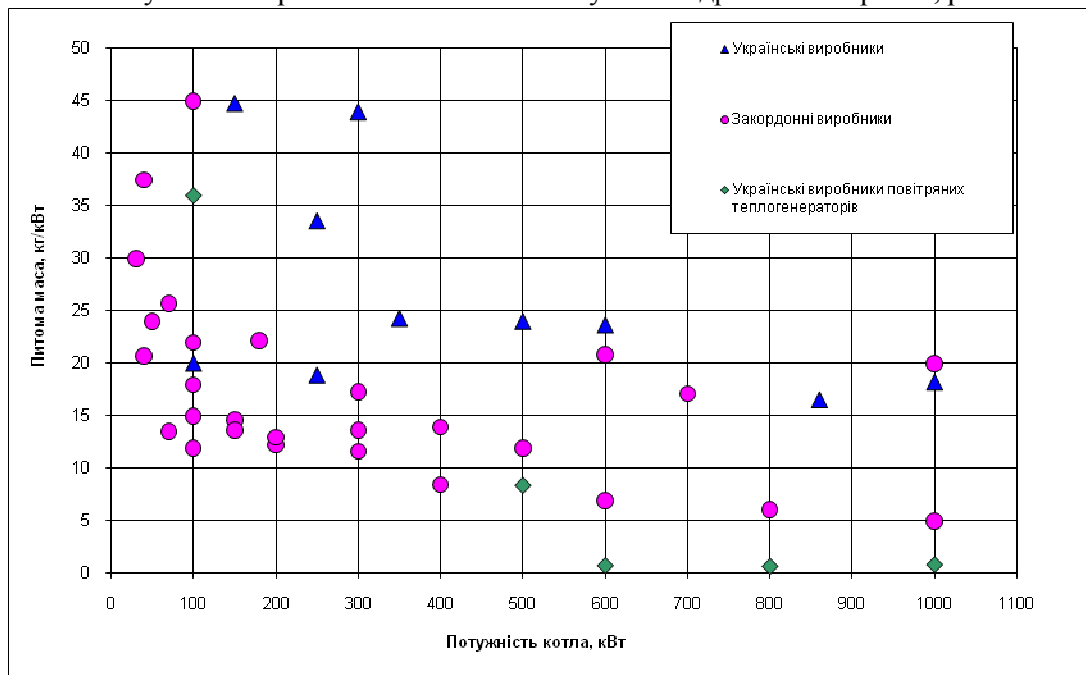


Рисунок 2 – Залежність питомої маси водогрійних котлів та повітряних теплогенераторів M/Q залежно від їх потужності Q

Як видно з рис. 2, 3 теплогенераторів на соломі вітчизняного виробництва на ринку опалювального обладнання досить мало. Крім того, обладнання, що випускається, не охоплює широкий діапазон потужностей. Питомі масогабаритні показники котлів найбільші в діапазоні потужностей до 150 кВт. Це пов'язано з тим, що діапазону потужностей від 20 до 150 кВт відповідають котли періодичної дії. Вони мають велику топкову камеру і спалюють цілі тюки соломи. ККД таких котлів не перевищує 80 %. Питома маса та габарити котлів вітчизняного виробництва дещо вища, ніж закордонних виробників, але це пов'язано з тим, що котли даної марки призначені для встановлення на відкритому просторі, тому забезпечені додатковими огорожувальними конструкціями. Котли поставляються з системою автоматичного управління, необхідною арматурою, насосами та вентиляторями, обладнання поставляється транспортабельними блоками та збирається в єдину конструкцію на місці монтажу. Коефіцієнт корисної дії вітчизняних котлів [2] знаходиться в межах 82 – 87 %, а температура димових газів на

виході з котла 160 – 250 °С.

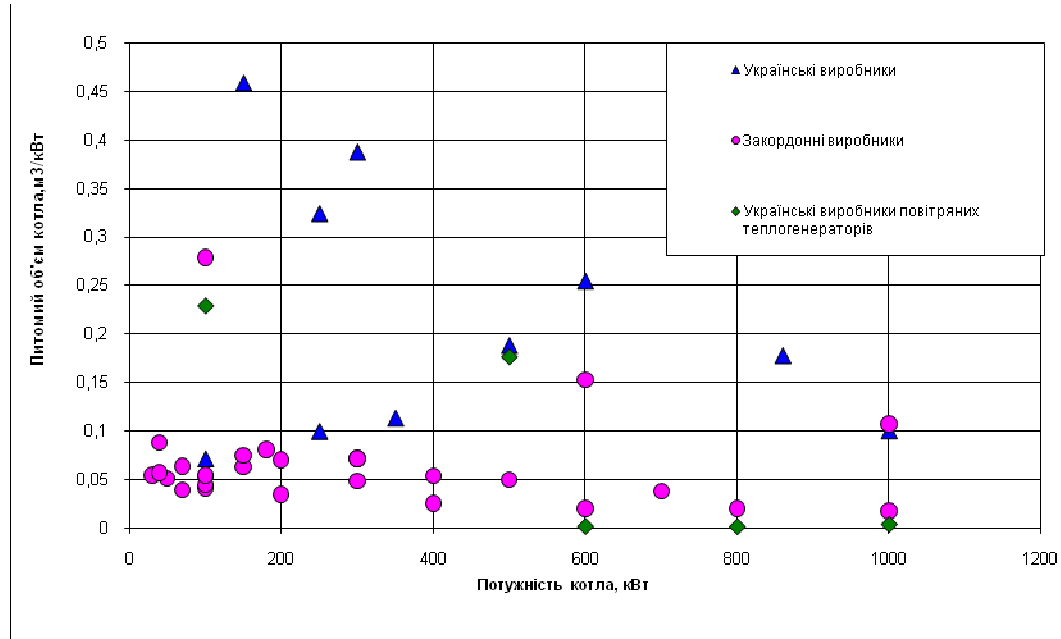


Рисунок 3 – Залежність питомого об'єму водогрійних котлів та повітряних теплогенераторів V/Q , $\text{кВт}/\text{м}^3$ залежно від їх потужності Q

Питома маса котлів періодичної дії знаходиться в межах від 12 до 45 $\text{кг}/\text{кВт}$.

Котли потужністю від 150 кВт обладнують системою автоматичної подачі цілих або подрібнених тюків соломи і видалення золи. Завдяки більш досконалій конструкції, організованій технології спалювання і системі управління, яка забезпечує ефективну роботу котла, теплогенератори мають ККД від 80 до 88 %, а їх питома маса в 2 – 4 рази менша, ніж у англійського обладнання періодичної дії.

Повітряні теплогенератори мають значно меншу масу, ніж водогрійні котли, що пов'язано з особливостями організації горіння і теплообміну в котлі.

Внутрішню поверхню топку теплогенераторів на соломі виготовляють в основному з вогнетривких матеріалів: цегли, кераміки. Теплообмінники котлів виготовляють в основному зі сталі та чавуну. Системи опалення з котлами на соломі оснащуються водяними баками-акумуляторами (за потреби з додатковим теплообмінником для системи гарячого водопостачання), що створюють запас гарячої води. Об'єм баків-акумуляторів котлів потужністю від 150 кВт до 1 МВт може становити від 10 до 40 м^3 .

Питомі масогабаритні показники котлів на соломі значно вищі, ніж котлів на твердому паливі (вугіллі, деревині) [13], що пов'язано з особливостями топкового простору. Для спалювання цілих тюків соломи необхідний великий об'єм топки. Для спалювання подрібненої соломи – значно менший. Як видно з рис. 2, за однакової теплової потужності питома маса котлів може відрізнятись в 1,5...3 рази, що пов'язано з технологією спалювання соломи і матеріалів, що використані для виготовлення топкової камери.

Для широкого енергетичного використання соломи необхідно: створювати інфраструктуру і обладнання для брикетування, перевезення, зберігання і подрібнення соломи; проектування і створення вітчизняних котлів для спалювання соломи; створення економічних стимулів виробникам і споживачам обладнання для спалювання соломи [15].

Уведення державної субсидії на придбання котлів на соломі суттєво сприятиме подальшому впровадженню цих котлів в Україні, що, в свою чергу, призведе до значного скорочення споживання природного газу.

Екологічні характеристики котлів для спалювання соломи

В Україні діють такі нормативи технологічних норм допустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від теплогенеруючого обладнання, що використовується для теплоснабження: «Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт » (Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 22.10.2008 р №541) та

«Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшника» (Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 1310.2009 р №540). Будь-які інші технологічні нормативи для джерел теплової енергії, затверджені Міністерством охорони навколишнього природного середовища в Україні відсутні. В цих нормативах не нормуються викиди для установок, що спалюють солому. В таких стандартах як ГОСТ 10617-83 «Котлы отопительные теплопроизводительностью от 0,1 до 3,15 МВт», ГОСТ 30735-2001 «Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт»; ДСТУ 2326-93 «Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт» нормування викидів для котлів, що спалюють солому також відсутні. Крім того згадані нормативи не відповідають сучасним вимогам Європейських країн. Разом з тим в Європі стандарти, що нормують викиди для котлів на соломі існують. Зокрема в Німеччині нормування викидів забруднювальних речовин від котлів, що спалюють солому проводиться залежно від потужності котлів та вмісту в димових газах кисню. Для установок від 0,1 до 1 МВт для вмісту в газах $O_2=11\%$ норми викидів такі: $CO - 250 \text{ мг/м}^3$, $NO_x - 500 \text{ мг/м}^3$, $SO_2 - 350 \text{ мг/м}^3$. Для установок потужністю менше 100 кВт і вмісті в газах $O_2=13\%$ норми такі: $CO - 4000 \text{ мг/м}^3$, $SO_2 - 350 \text{ мг/м}^3$ [16]. В Данії нормування викидів проводиться залежно від навантаження котла і окремо для котлів з автоматичним завантаженням палива та з періодичним. Для номінальної потужності гранично допустимі емісії забруднювальних речовин для котлів з періодичним завантаженням палива складають: $CO=0,8\%$, вміст твердих частинок – 600 мг/м^3 . Для котлів з автоматичним завантаженням соломи: $CO=0,3\%$, вміст твердих частинок в димових газах – 600 мг/м^3 . Інші викиди не нормуються.

На сайті українського виробника котлів RAU [2] вказано, що викиди CO в димових газах не перевищують $0,5\%$, що близько до європейських норм. На сайтах інших українських виробників котлів на соломі екологічні характеристики не наводяться.

Під час експлуатації котлів зі спалюванням соломи відбувається значна емісія через дверцята топки при завантаженні палива і видаленні залишків. Тому в Данії існують вимоги до розміщення установок для спалювання соломи не ближче 200 м від жилих будівель [16].

Для широкого впровадження котлів на соломі в Україні необхідна розробка нормативів до допустимих викидів забруднювальних речовин. Для цього варто звернути увагу на європейський досвід в цьому питанні.

Висновки

- В зв'язку із значним здорожанням природного газу, виникла потреба у широкому впровадженні котлів на біомасі, зокрема соломі. Існуючі технології та обладнання дозволяють ефективно використовувати солому для енергетичних цілей поряд з деревними відходами та вугіллям.
- В роботі систематизовано наявну інформацію про технічні та екологічні показники котлів для спалювання соломи і виконано класифікацію теплогенерувального обладнання. Огляд ринку опалювального обладнання на соломі показав, що в Україні найбільше представлено теплогенераторів потужністю до 500 кВт, а для впровадження таких технологій в комунальній теплоенергетиці необхідні котли більшої потужності. Питомі маса та габарити котлів вітчизняного виробництва дещо вища, ніж закордонних виробників. За однакової теплової потужності питомі маса котлів може відрізнятись в 1,5...3 рази, що пов'язано з технологією спалювання соломи. Питомі маса котлів періодичної дії знаходиться в межах від 12 до 45 кг/кВт, а котлів з автоматизованою подачею палива в 2 – 4 рази менша.
- Оскільки ККД котлів на соломі знаходиться в межах 80 – 87 %, то необхідно розробляти технології підвищення ефективності роботи таких котлів.
- Для широкого впровадження котлів на соломі в комунальному господарстві України необхідні нормативи по допустимих викидах забруднювальних речовин.

Список літератури

1. Сайт компанії poettinger. Режим доступу до сайту: http://www.poettinger.at/uk_ua/, http://www.poettinger.at/uk_ua/Newsroom/Artikel/6673.
2. Сайт ПАТ «Південтеплоенергомонтаж» («ЮТЕМ»). Режим доступу до сайту: <http://www.utem-bioenergy.com/>.
3. Сайт ЗАО "Макагротех". Режим доступу до сайту: <http://www.macagrotech.com/index.php>

- option=com_content&task=view&id=18&Itemid=86
4. Сайт ОДО "Бриг" . Режим доступу до сайту: <http://www.brig-zerno.com.ua>
 5. Сайт компанії ОМІ-НБЕ Україна. Режим доступу до сайту: <http://sdk-kotel.com.ua/kotly/bytovyie/>
 6. Пояснювальна записка до Закону України про зменшення споживання природного газу стосовно котлів на біомасі та інших видах місцевого палива/ Режим доступу: http://www.journal.esco.co.ua/2006_2/art123.htm
 7. Олійник Є. М. Водогрійні котли з періодичним спалюванням цілих тюків соломи /Є. М. Олійник, С. М. Чаплигін// Режим доступу до статті: <http://elibrary.nubip.edu.ua/8174/1/10oem.pdf>
 8. <http://www.tecom.com.ua/development.html?room=6&action=one&num=91>
 9. http://www.kotel-prom.com/catalogue/ku_cts/stepks40.pdf
 10. Сайт заводу Армез. Режим доступу: <http://www.arme.z.ru>
 11. Жовмир Н. М. Технологии сжигания соломы и древесины в котлах малой и средней мощности. Режим доступу: greenexpo.kiev.ua/doc/conference/Jovmir_tehnologii_sjyganinya.ppt
 12. Представництво компанії Heiztechnik в Україні. Режим доступу до сайту: <http://heiztechnik.lv/ru/kotli-na-solome.html>
 13. Степанов Д. В. Тенденції розвитку теплогенерувального обладнання на твердому паливі / Степанов Д. В., Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008 – №3. – С. –46 – 49.
 14. Ришард Титко. Солома як джерело енергії. Режим доступу до статті: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_104/10.pdf.
 15. Гелетуха Г. Г. Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии/ Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная //Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – №6. – с. 3-12.
 16. Жовмир Н. М. Анализ нормативных требований к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы / Н.М.Жовмир // Промышленная теплотехника. – 2012. – № 1. – С. 77 - 86.

Боднар Лілія Анатоліївна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету, тел. 598339.

Дахновська Ольга Вікторівна – аспірантка Факультету будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання.

Робак Михайло Григорович – студент Факультету будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання.

Бойчук Роман Едуардович – магістрант Факультету будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання.

Боднар Лилия Анатольевна – к. т. н., доцент кафедры теплоэнергетики Винницкого национального технического университета, тел. 598339.

Дахновская Ольга Викторовна – аспирантка факультета строительства, теплоэнергетики и теплогазоснабжения.

Робак Михаил Григорьевич – студент факультета строительства, теплоэнергетики и теплогазоснабжения.

Бойчук Роман Эдуардович – магистрант факультета строительства, теплоэнергетики и теплогазоснабжения.

Bodnar Liliya – Ph.D, associate professor of thermal power, Vinnytsia National Technical University.

Dakhnovska Olga – post-graduate student of the Faculty of construction, thermal power and heat and gas supply.

Robak Michael – a student of the Faculty of construction, thermal power and heat and gas supply.

Boychuk Roman – a student of the Faculty of construction, thermal power and heat and gas supply.