



УДК 621.18

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ З НИЗЬКОСОРТНИХ
ВИДІВ ПАЛИВ*Боднар Лілія Анатоліївна к.т.н., доцент**Дахновська Ольга Вікторівна аспірантка**Робак Михайло Григорович студент**Вінницький національний технічний університет**Bodnar L.**Dahnovska O.**Robak M.**Vinnitsia National Technical University*

Анотація: в роботі розглянуто методи оцінки екологічної ефективності низькосортних палив, проаналізовано очікувані викиди парникових газів від різних типів палив, розглянуто способи зменшення викидів вуглекислого газу.

Ключові слова: паливо, парникові гази, шкідливі викиди, солома, екологічна ефективність, вугілля.

Вступ. Постановка задачі

Існує багато різновидів низькосортних енергетичних палив. До низькосортних видів палива належать високозольне або високовологе вугілля, солоне вугілля, горючі сланці, торф, горюча частина міських відходів, відходи виробництв (деревообробної, целюлозно-паперової промисловості), сільськогосподарські відходи (солома, лушпиння, стебла соняшника і т.д.), шлами і проміжні продукти збагачення кам'яного вугілля, призначені для технологічного споживання. Загальною ознакою низькосортних енергетичних палив є низька теплота згорання, яка переважно не перевищує $Q_H^p = 10...15 \text{ МДж/кг}$ [1]. Така низька теплота згорання палив цієї категорії визначається насамперед високим вмістом в них баласту: золи і вологи.

Всі процеси, що пов'язані із спалюванням органічних видів палив в котельних установках різної потужності є джерелами забруднювальних речовин [2].

За даними [3] спалювання біомаси в світі обумовлює викиди 32 % оксиду вуглецю, 20 % твердих частин, 50 % канцерогенних поліароматичних вуглеводнів. Димові гази від спалювання біомаси є надзвичайно небезпечними, оскільки значна частина твердих частинок мають розмір менше 10 мкм і легко проникають в дихальні шляхи, спричиняючи різноманітні захворювання.

З огляду на складну економічну ситуацію в державі і енергетичну кризу, пов'язану з залежністю енергетичного сектору від імпортованих поставальників палива, все більше актуальним є ширше використання для виробництва енергії низькосортних видів палива, зокрема біомаси.

Метою даної роботи є оцінка екологічної ефективності спалювання низькосортних палив.

Методи оцінки екологічної ефективності палива

Спалювання низькосортних палив пов'язано з утворенням значно більшої кількості шкідливих речовин, ніж при використанні традиційних палив. Для оцінки якості палива з точки зору екологічної їх чистоти можна скористатися питомим показником – індексом забруднення навколишнього середовища I_3 , що визначається як відношення шкідливого викиду до теплоти згорання палива за формулою [1]

$$I_3 = m / Q_H^p \cdot 100, \quad (1)$$

де m – масова частка шкідливих речовин, що містяться в одиниці маси палива.

Індекси забруднення по зольності і викиду сірчистих з'єднань визначаються за формулами:

$$I_3^A = A^p / 100 \cdot Q_H^p; \quad (2)$$

$$I_3^{SO_2} = \frac{S^p \cdot M_{SO_2}}{100 \cdot Q_H^p \cdot M_S}, \quad (3)$$

де A^p , S^p – зольність і сірчастість палива; M_s , M_{SO_2} – молекулярні маси відповідно сірки і діоксиду сірки.

Як впливає з формул (1) – (3), I_3 тим, більший, чим нижча калорійність палива і чим більше в ньому шкідливих домішок. При цьому значення I_3^A , $I_3^{SO_2}$ можуть виявитися нижчими у високозольного чи високосірчастого палива, ніж у малозольного чи малосірчастого, оскільки їх калорійність залежить не лише від зольності, але і від інших факторів. Тому ця методика є недосконалою.

Оцінка екологічності палива по генерації оксидів азоту може бути виконана лише наближено з врахуванням як вмісту азоту в паливі, як і частки азоту повітря, що бере участь в процесі горіння і утворює відповідний оксид. Сумарний викид NO_x визначають по емпіричних формулах, що враховують режим горіння палива, конструктивні особливості топкових пристроїв та інші фактори, в тому числі і вміст азоту в паливі. Слід зазначити, що для установок малої потужності методики визначення сумарних викидів NO_x недостатньо пророблені, тому в статті не розглядаються.

Під час спалювання будь-яких видів палива утворюються парникові гази. Всі триатомні гази є парниковими. Очікувані викиди вуглекислого газу, водяної пари, оксидів сірки можна визначити за методикою [4]

Очікуваний валовий викид вуглекислоти водяної пари відповідно [4], кг/с

$$M_{CO_2} = 0,04 \cdot C^p \cdot B, \quad (4)$$

$$M_{H_2O} = 0,09 \cdot H^p \cdot B, \quad (5)$$

$$M_{SO_2} = 0,09 \cdot S^p \cdot B \quad (6)$$

де C^p , H^p , S^p – вміст вуглецю, водню, сірки в паливі відповідно, B – витрата палива.

Оцінка валових викидів парникових газів для природного газу проводиться за методикою [5].

Очікувані викиди золи розраховано за формулою [4]

$$M_z = 0,01 \cdot B_p \cdot a_{вн} \cdot A^p, \quad (7)$$

де B_p – витрата палива, кг/с; A^p – зольність палива; $a_{вн}$ – частка винесення золи з котельної установки.

Нами проведено порівняльну оцінку викидів шкідливих речовин в разі спалювання таких палив як торф, солома, щепи, стебла соняшника, стебла кукурудзи, вугілля в установці потужністю 1 МВт. В розрахунках прийнято, що установка працює протягом опалювального періоду 189 діб. Розрахунки проведено з врахуванням ККД характерного для установки в разі спалювання того чи іншого палива. На рис. 1 показано очікувані викиди вуглекислого газу в разі спалювання в котельній установці низькосортних видів палив: торфу, соломи, щепи, стебел соняшнику, стебел кукурудзи, а також вугілля з теплою згорання $Q_H^p = 22$ МДж/кг. Робочий склад палив взято з [6] та [7].

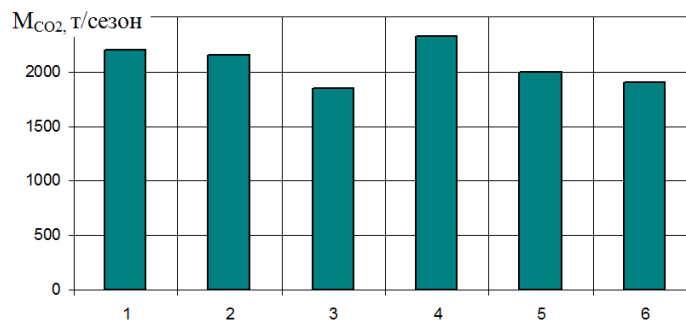


Рис. 1. Викиди вуглекислого газу для різних видів палив: 1 – торф; 2 – солома; 3 – щепи; 4 – стебла соняшника; 5 – стебла кукурудзи; 6 – вугілля

Результати розрахунків показали, що в разі спалювання стебел соняшнику, викиди вуглекислого газу на 38 % більші, ніж для вугілля. Це пов'язано з тим, що для виробництва однакової кількості енергії, стебел соняшнику потрібно спалити майже вдвічі більше.

Викиди золи (рис. 2) для вугілля в 1,67 разів більші, ніж під час спалювання стебел соняшнику, і в 4 рази перевищують аналогічний показник для соломи. Хоча зольність біопалив доволі низька, плавкісні характеристики золи напряму впливають на роботу котла. Плавлення золи

може викликати шлакування топки і виникнення щільних відкладень на конвективних поверхнях нагріву. Летка зола забруднює повітряний басейн.

Слід зазначити, що в разі спалювання вугілля в навколишнє середовище викидаються також оксиди сірки (рис.3). Наприклад, викиди оксидів сірки для вугілля перевищують викиди для соломи в 14 разів.

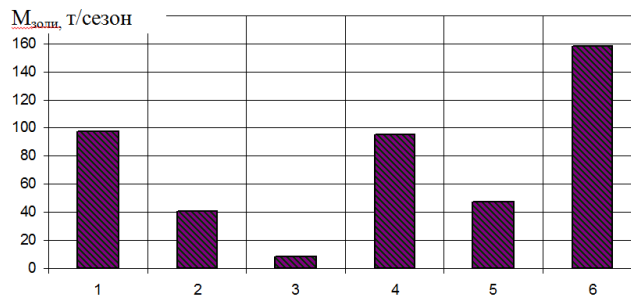


Рис. 2. Викиди золи для різних видів палив: 1 – торф; 2 – солома; 3 – щеп; 4 – стебла соняшника; 5 – стебла кукурудзи; 6 – вугілля

Ефективним способом зниження викидів золи в атмосферу є встановлення золовловлюючих пристроїв за котлами. У зв'язку з високою вартістю даного обладнання, на котлах невеликої потужності таке обладнання не встановлюють.

Викиди золи залежать не лише від вмісту золи в паливі, а й від частки винесення золи. Так, для двокамерних топко $a_{\text{вн}}=0,6$. Тому зменшення викидів можливе завдяки конфігурації топкового простору.

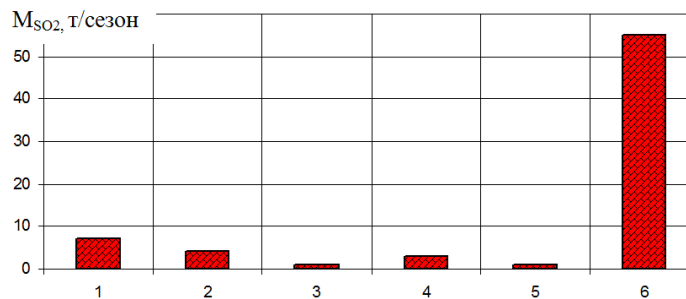


Рис. 3. Викиди оксидів сірки: 1 – торф; 2 – солома; 3 – щеп; 4 – стебла соняшника; 5 – стебла кукурудзи; 6 – вугілля

Вміст сірки в біомасі, розглянутій в даній роботі, не перевищує 0,2 % [7], а в деяких видах біомаси її взагалі немає, тому викиди оксидів сірки незначні.

Рослинні відходи як паливо мають ряд негативних властивостей [7]. Солома може містити хлор і лужні метали, завдяки чому в процесі її спалювання утворюються такі хімічні сполуки як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання, особливо за високих температур. Іншою особливістю соломи як палива є низька температура плавлення золи – 800-950°C (для порівняння – у деревини ~1200°C), що може спричинити шлакування елементів енергетичного обладнання. Але сьогодні в світі знайдено конструктивні та інші технологічні рішення, які мінімізують ці негативні впливи і дозволяють успішно використовувати солому в якості палива. Прикладами таких рішень є сумісне спалювання з вугіллям, деревиною та іншими паливами.

Для зменшення шкідливих викидів від енергетичних установок великої потужності розроблено досить багато ефективних заходів. В роботі [8] зазначається, що зменшення викидів CO₂ може бути реалізоване за такими напрямками: зміна типу палива, підвищення ефективності використання палива, уловлювання CO₂. Останній метод оснований на виморожуванні CO₂ з потоку газів або абсорбції моноетаноамінним поглиначем. На процес сорбції CO₂ витрачається більше 30 % загального виробітку електричної енергії енергетичною установкою. Тому цей метод економічно недоцільний для установок малої потужності.

Єдиним способом зменшення викидів вуглекислого газу від установок малої потужності є

підвищення ефективності спалювання палива. Нами досліджено вплив підвищення ККД установки на зменшення викидів вуглекислого газу в разі спалювання щепи деревини (рис. 4).

Як видно з рис. 4 підвищення ККД установки на 1 % дозволяє зменшити викиди CO₂ на 20 тонн за опалювальний сезон.

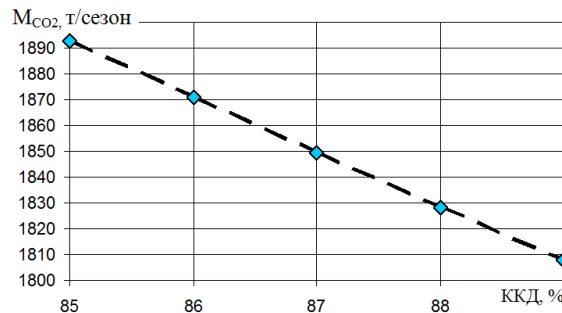


Рис. 4. Залежність зменшення викидів CO₂ в разі підвищення ККД установки

На основі проведеної систематизації та з використанням матеріалів [9] виділено такі заходи по підвищенню надійності роботи, енергетичної та екологічної ефективності водогрійних котлів малої потужності при спалюванні низькосортних видів палив: використання двокамерних котлів із ступеневою подачею повітря; підвищення рівня автоматизації котла в цілому; утеплення топок котлів, що працюють на високовологих паливах; збільшення ступеню екранування топок; використання нержавіючих сталей та сплавів для утилізації теплоти конденсації пари з відхідних газів; використання насосів для циркуляції води; попередній підігрів повітря; якісна організація воднохімічного режиму; запобігання відкладання смол на поверхнях котла; інтенсифікація теплообміну в елементах котла.

Висновки

Ефективне використання низькосортних видів палив в енергетиці є актуальною задачею сьогодення. В роботі показано екологічні аспекти спалювання таких палив в котельній установці потужністю 1 МВт. Запропоновано заходи по підвищенню надійності роботи, енергетичної та екологічної ефективності водогрійних котлів малої потужності при спалюванні низькосортних видів палив.

Список літератури

1. Белосельский Б.С. Низкосортные энергетические топлива. Особенности подготовки и сжигания / Б.С. Белосельский, В. И. Барышев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 134 с.
2. Накоряков В.Е. Оценка экологической эффективности теплоисточников малой мощности / В.Е. Накоряков, С.Л. Елистратов // Промышленная энергетика. – 2009. – №2. – С. 44-51.
3. Жовнир Н.М. Анализ нормативных требований к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы / Н.М.Жовнир // Промышленная теплотехника. – 2012. – №1. – С.77-86.
4. Варламов Г.Б. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Варламов Г.Б. – К.: ІВЦ “Видавництво Політехніка”, 2003. – 232 с.
5. ГКД 34.02.305 – 2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – 44 с.
6. Мисак Й.С. Паливні пристрої для спалювання низькосортних палив: навч.посіб / Й.С.Мисак, Я.М. Гнатишин, Я.Ф. Івасик.–Л.: Львівська політехніка, 2002. - 135 с.
7. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Перспективы использования отходов сельского хозяйства для производства энергии в Украине. [Электронный ресурс]: Режим доступу: <http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics/1549-uabio-position-paper-7>.
8. Высоцкий С.П. Проблемы эмиссии углекислого газа / С.П. Высоцкий // Экотехнологии и ресурсосбережение.–2007. – №2. – С. 47–50.
9. Боднар Л.А. Систематизация конструктивных особенностей водогрійних котлів малої потужності / Л.А. Боднар, Д.В. Степанов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012 – № 3. – С. 95 – 99.

References

1. Beloselsky B.S. Low-grade energy fuel. Features of preparation and combustion / B.S. Beloselsky. - M.: Energoatomizdat, 1989 – 134 p.
2. Nakoryakov V.E. Assessment of environmental efficiency of heat low-power / V.E. Nakoryakov, S. L. Yelistratov // Industrial Energetics. – 2009. – №2. – P. 44 – 51.
3. Zhovnir N.M. Analysis of regulatory requirements for the emission of pollutants from the combustion of biomass / N.M. Zhovnir // Industrial Heat Engineering. – 2012. – №1. – P.77 – 86.



4. Varlamov G.B. Heat energy installation and ecological aspects production energy / Varlamov G.B - K.: IVTS "Publisher Politehnika ", 2003. – 232 p.
5. GCD 34.02.305 " 2002. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination. – 44 p.
6. Misak J.S. Fuel combustion devices for low fuel , training book / Y.S.Misak, Y.M Gnatishin, J.F. Ivasik. - L.: Politehnika Lviv, 2002. – 135 p.
7. Geletukha G.G, Zeleznaya T.A. Prospects for the use of agricultural residues for energy production in Ukraine. [Electron resource]: Access: <http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics/1549-uabio-position-paper-7>
8. Vysotsky S.P. Problems of carbon dioxide emissions / S.P. Vysotsky // Ecotechnologies and resursosberezhenie. 2007. – №2. – P. 47 – 50.
9. Bodnar L.A. Systematization constructive especially vodogriynih kotliv maloï potuzhnosti / L.A. Bodnar, D.V. Stepanov // News Vinnitskiy politehchnical institution. – 2012 – № 3. – P. 95 – 99.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ ИЗ НИЗКОСОРТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Аннотация: в работе рассмотрены методы оценки экологической эффективности низкосортных топлив, проанализированы ожидаемые выбросы парниковых газов от различных типов топлив, рассмотрены способы уменьшения выбросов углекислого газа.

Ключевые слова: топливо, парниковые газы, вредные выбросы, солома, экологическая эффективность, уголь.

ENVIRONMENTAL ASPECTS ENERGY PRODUCTION FROM LOW-GRADE FUELS

Summary: this paper discusses methods of evaluating the environmental performance of low grade fuels, analyzed the expected emissions of greenhouse gases from different fuels, deals with how to reduce carbon emissions.

Keywords: fuel, greenhouse gases emissions, straw, environmental efficiency and coal.