

УДК 630*88

Ю. В. ДЗЯДИКЕВИЧ, докт. техн. наук, професор

Р. І. РОЗУМ, канд. техн. наук, доцент

М. В. БУРЯК, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

В работе охарактеризовано особенности сжигания древесной биомассы. Показано, что эффективным способом сжигания отходов древесины является изготовление из них топливных брикетов или гранул (пеллет). Это позволяет решить экологическую проблему переработки отходов предприятий лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности. Это экономически оправданное направление ресурсо- и энергообеспечения предприятий разных отраслей народного хозяйства.

В роботі висвітлено особливості спалювання деревної біомаси. Показано, що ефективним способом спалювання відходів деревини є виготовлення з них паливних брикетів або гранул (пеллет). Це дозволяє вирішити екологічну проблему переробки відходів підприємств лісового господарства і деревообробної промисловості. Це є економічно виправданим напрямом ресурсо- та енергозабезпечення підприємств різних галузей народного господарства.

Вступ

Технологічні властивості деревної біомаси суттєво впливають на конструкцію теплотехнічних пристроїв, у яких здійснюється її спалювання, і це в значній мірі, визначає показники роботи парових і водогрійних котлоагрегатів лісозаготівельних підприємств.

Важливою особливістю деревної біомаси як палива є відсутність у ній сірки та фосфору. Відомо [1], що основною втратою тепла в котлоагрегаті є втрата теплової енергії, що відходить разом із гарячими газами. Величина цієї втрати визначається температурою відхідних газів. При спалюванні палива, що містить сірку, ця температура підтримується в межах 200 – 250 °С. При спалюванні деревних відходів, які не містять сірки, температура відхідних газів може бути знижена до 110 – 120 °С, що дозволить суттєво підвищити ККД котлоагрегатів.

Основна частина

Вологість деревного палива може змінюватися в широких межах. У меблевому та деревообробному виробництвах вологість відходів складає 10 – 12 %, в лісозаготівельних підприємствах вологість основної частини відходів є в межах 45 – 55 %, а вологість кори досягає 80 %. Підвищення вологості деревного палива зменшує продуктивність і ККД котлоагрегатів. З метою економії енергії необхідно в котельнях лісопромислових підприємств передбачити проведення заходів щодо зменшення вологості деревного палива, яке поступає в котлоагрегати.

Вихід летких газів при спалюванні деревного палива дуже високий – він досягає 85 %. Це є також однією з особливостей деревної біомаси як палива. У напівгазових топках можна мати факел із великою довжиною, в якому відбувається згоряння горючих компонентів, і тим самим створюються умови для ефективної роботи радіаційних поверхонь нагріву котлоагрегату.

Продукт коксування деревної біомаси – деревне вугілля характеризується високою радіаційною здатністю порівняно з викопним вугіллям, яка забезпечує можливість роботи теплотехнічних пристроїв при низьких значеннях коефіцієнта надлишку повітря, а це позитивно впливає на ефективність роботи котельних установок при спалюванні в них деревної біомаси.

Проте деревина має властивості, які негативно впливають на роботу котлоагрегатів, зокрема здатність поглинати вологу, тобто збільшення вологості під час перебування у водяному середовищі. При сплаві деревини, сортування її у водних басейнах, зберігання під відкритим небом приводить до підвищення вологості деревної маси. Гранична кількість води, яку може поглинати деревина, складається з максимальної кількості зв'язаної та вільної вологи. Найбільша кількість зв'язаної вологи визначається межею насичення стінок клітин, а кількість вільної вологи залежить від об'єму порожнин між клітинами та усередині в них.

Максимальна кількість вологи наближено може бути визначена за формулою [1]:

$$B_a^{\max} = 30 + \frac{1,54 - \rho_0}{1,54} \cdot 100, \quad (1)$$

де B_a^{\max} – максимально можлива абсолютна вологість деревини, %;

ρ_0 – густина деревини в абсолютно сухому стані, кг/м³.

Необхідно зазначити, що у формулі (1) зроблено припущення, що всі порожнини деревини заповнені вологою, хоча в дійсності в деяку частину деревини вода не поступає. Однак для теплотехнічних розрахунків вона має позитивне значення, оскільки одержані результати є граничними з погляду визначення найгірших умов.

Характерною особливістю деревини як палива є незначний вміст внутрішньої золи (до 1 %). Водночас зовнішні мінеральні включення у відходах лісозаготівель інколи досягають 20 %. Зола, що утворюється при згорянні чистої деревини, тугоплавка і виведення її з зони горіння топки є технічно нескладним процесом. Мінеральні включення в деревній біомасі легкоплавкі. При згорянні деревини, що містить значну кількість мінеральних включень, утворюється шлак, який потім важко очистити з високотемпературної зони топки, і для її ефективної роботи необхідне особливе технічне рішення. Спечений шлак, який утворюється при спалюванні високозольної деревної біомаси, хімічно споріднений із цеглою, і при високих температурах у теплотехнічних пристроях спікається з поверхнею цегляної кладки стінок топки, внаслідок чого ускладнюється очищення топки від шлаку.

Уникнути небажаних процесів, які виникають при спалюванні деревної маси, можна шляхом виготовлення з деревних відходів паливних брикетів або гранул (пеллет).

Деревні паливні брикети – це екологічно чистий продукт, який виготовляється з натуральних, необроблених хімічними препаратами деревних відходів [2]. Процес відбувається при високому тиску і температурі. Зв'язуючою речовиною є лігнін, який міститься в деревині. Температура, що виникає під час пресування, сприяє ущільненню поверхні брикетів, внаслідок чого вона стає водонепроникною. При згорянні брикетів утворюється до 1 % золи, що в 20 раз менше, ніж від вугілля. Крім того, золу можна використовувати як мінеральне добриво. Під час горіння паливних брикетів вуглекислого газу утворюється в 10 разів менше, ніж від природного газу і в 50 разів менше, ніж від вугілля, а сірки виділяється менше 0,08 %. Брикети мають щільність в 2 рази більшу, ніж дрова, а отже займають менше місця. Зазначені кількісні характеристики свідчать про те, що це зручний, чистий продукт для складування та транспортування і в процесі спалювання не має негативного впливу на довкілля.

Пеллети – це паливні гранули, які мають форму циліндра діаметром від 6 до 14 мм і довжиною до 20 мм [3].

Сировиною для виробництва пеллет є деревні відходи (тирса, стружка, кора, тріски). Сировина спочатку подається в дробарку, в якій подрібнюється до стану муки, а потім отримана маса поступає в сушарку, де висушується до вмісту вологи 8 – 12 %. Висушена мука надходить у прес-гранулятор, в якому відбувається формування пеллет. Під час пресування тиск підвищує температуру матеріалу, а лігнін, який міститься у деревині, розм'якшується і склеює частинки в щільні циліндри. Готові гранули охолоджують, пакують у стандартну тару 12 – 40 кг або доставляють споживачу насипом. На виробництво 1 т пеллет витрачається 4 – 5 м³ деревних відходів [3].

Деревні гранули майже не містять сірки, порівняно з кам'яним вугіллям і мазутом (табл. 1). Це запобігає утворенню диоксиду сірки, який в атмосфері взаємодіє з водяною парою, внаслідок чого утворюється сірчана кислота [4]. При згорянні пеллет утворюється в 10 разів менше золи, ніж від кам'яного вугілля. Крім цього зола використовується як добриво.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика різних видів палива

Вид палива	Теплота згоряння, МДж/кг	Сірка, %	Зола, %	Вуглекислий газ, кг/ГДж
Природний газ	35 – 38 МДж/м ³	0	0	57
Кам'яне вугілля	15 – 25	1 – 3	10 – 35	60
Дизельне паливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Тирса	10	0	2	0
Деревні гранули (пеллети, брикети)	17,5	0,1	3,5	0
Гранули торф'яні (пеллети, брикети)	10	0	20	70

Паливні гранули (пеллети) мають низку суттєвих переваг перед такими видами палива як вугілля, газ, а саме:

- найбільш безпечний, екологічно чистий і сучасний спосіб одержання тепла та створення для житла теплої, комфортної обстановки;
- велика теплотворна здатність у порівнянні з дровами;
- екологічна чистота (вміст золи не більше 3 %);
- докільця не забруднюється викидами вуглекислого газу, оскільки в атмосферу викидається стільки CO₂, скільки дерево поглинуло під час свого росту;
- низька вологість (8 – 12 %), водночас як у дровах вона досягає 50 %;
- висока енергоконцентрація при незначному об'ємі (при спалюванні 1000 кг гранул виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні 1600 кг деревини, 478,5 м³ газу, 500 л дизпалива та 685 л мазуту);
- висока щільність (у 1,5 рази більша, ніж у дров);
- неохильність до самозаймання, оскільки не містять пилу та спор і тим самим не викликають алергічну реакцію у людей;
- висока насипна щільність, внаслідок чого не потрібно великих площ для складування;
- низька вартість;
- можливість повної автоматизації подачі палива в зону горіння;
- зручність при транспортуванні та зберіганні;
- відсутність неприємного запаху;
- простота очищення пальників, технічного обслуговування котлів і камінів;
- можливість використання золи як міңдобриво.

Популярність гранул як «домашнього» палива зумовлена і тим, що тепло з деревини сприймається набагато приємніше, ніж тепло, одержане з мазуту або природного газу.

Необхідно також зазначити, що використання пеллет як палива дає можливість не залежати від компаній монополістів (газ, електроенергія) і зовнішніх умов (пошкодження ліній електропередач, трубопроводів тощо).

Деревні гранули є стандартизованим видом палива і для них існують нормативи. У різних країнах уведено різні стандарти на виробництво паливних гранул (пеллет) [3].

Стандарти обумовлюють щільність, розміри гранул, вологість, вміст пилу та інших речовин. Наприклад, у США діє Standard Regulations & Standards for Pellets in the US: The PFI (pellet), які дозволяють виробництво гранул двох сортів: «Преміум» і «Стандарт». Відповідно до цих стандартів паливні гранули не можуть бути більше 1¹/₂ дюйма довжиною, а діаметр їх

повинен бути в межах від $1/4$ до $5 1/16$ дюйма. Гранули «Преміум» повинні містити не більше 1 % золи, а «Стандарт» – не більше 3 %. У США випускається 95 % гранул сорту «Преміум», який можна застосовувати для опалювання будь-яких будівель. Стосовно гранул сорту «Стандарт», то вони містять великий об'єм кори або сільськогосподарських відходів, що зумовлює обмежену кількість їх випуску.

У Німеччині на паливні гранули прийнято стандарт DIN 51731. Довжина гранул не більше 50 мм, діаметр від 4 до 10 мм. Вологість пеллет не повинна перевищувати 12 %, а вміст пилю не більше 0,5 % тощо.

У зв'язку з поступленням на ринок низькосортних деревних гранул, які переважно виготовлені за кордоном, із весни 2002 року гранули в Німеччині одержали новий стандарт DIN plus. Цей сертифікат об'єднав німецький і австрійський стандарти.

В Україні та Росії стандартів на пеллети немає. Саме тому виробники гранул орієнтуються на європейські стандарти.

На сьогоднішній день пеллети використовуються для опалення житлових і виробничих приміщень, а також у котлах великої потужності (сучасні ТЕЦ) [2]. Схема котельного устаткування для спалювання пеллет представлена на рис. 1. Пеллети спочатку завантажують у бункер 1, а потім з допомогою гнучкого шнека 2 і електродвигуна 3 подають їх до пальника 4, в якому відбувається згоряння. Тепло від згоряння деревних пеллет поступає в котел 5.

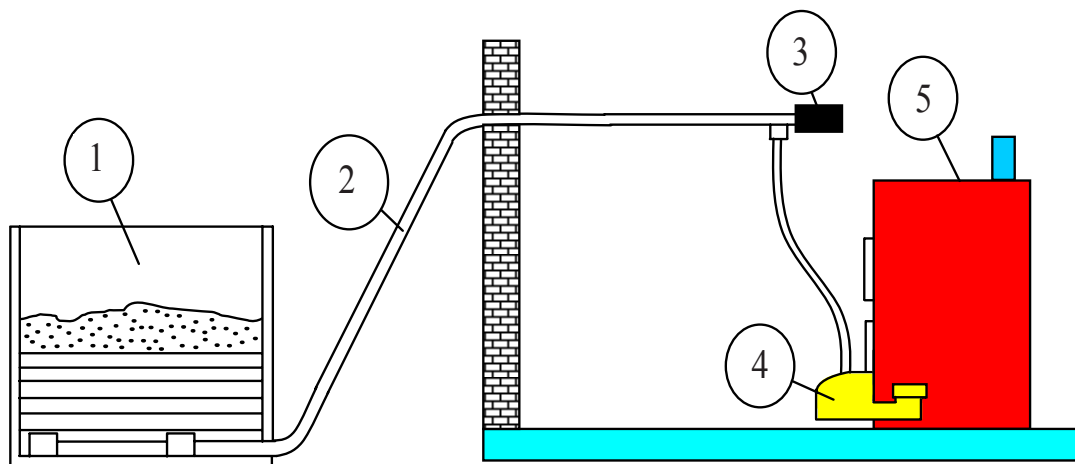


Рис. 1. Схема котельного устаткування для спалювання пеллет:

1 – бункер із пеллетами, 2 – гнучка шнекова подача, 3 – електродвигун, 4 – пальник, 5 – котел.

Котли, що працюють на пеллетах, порівняно новий і дуже популярний в Європі вид опалювальних систем [2]. Вони бувають різних типів, але всі мають високий рівень автоматизації. Загальними принципами роботи котлів є: автоматична подача палива з бункера (за необхідності) та підтримування заданої температури. Затрати на придбання та встановлення устаткування окуповуються за 1 – 2 роки. Котельна на пеллетах може тривалий час (від одного до декількох місяців) працювати без втручання людини. Потужність побутових котлів є в межах від 15 до 100 кВт, промислових – до 1200 кВт. Пеллетні котли мають високий ККД (до 95 %). Деякі моделі котлів можуть мати додатковий контур гарячого водопостачання. Котли не потребують спеціального обслуговування. Очищення від золи проводиться один раз в місяць.

Якщо в будинку вже є твердопаливний котел, то його можна перевести на пеллети. Для цього необхідно придбати пальник для пеллет, систему подачі пеллет, а також виготовити бункер (рис. 2, а, б). Можна також перевести пеллетне опалення на газове, в цьому випадку пеллетний пальник замінюється на газовий (рис. 2, в). Система опалення деревними гранулами гарантує повну вибухобезпечність.

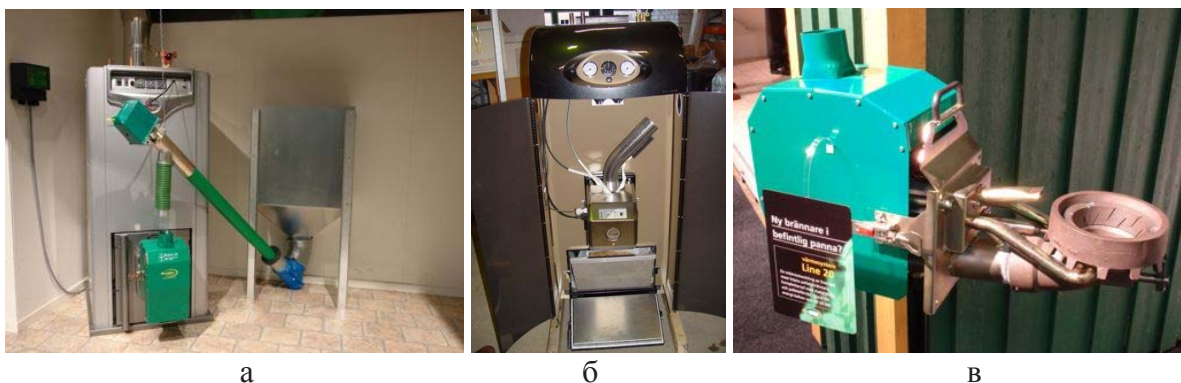


Рис. 2. Види котельного устаткування:
 а – універсальний котел із пелетним пальником і бункером для пеллет,
 б – автоматичний котел із пелетним пальником,
 в – пелетний пальник.

Висновки

Використання паливних гранул або брикетів як альтернативного, екологічно чистого та ефективного виду палива є дуже перспективним. Аналітики вважають, що споживання біопалива для отримання енергії в Європі виросте у 2010 році з 3 до 12 млн.т, а в 2020-му досягне 21 млн т [5]. Найбільшими країнами виробниками та споживачами пеллет (тис. тонн у рік) є: США – 2000, Швеція – 650, Росія – 600, Данія – 500, Австрія і Канада – по 110, Німеччина і Фінляндія – по 100, Англія – 10, Японія – 3.

В Україні ринок пеллет ще дуже молодий. Виробництво гранул появилось в 2005 році і сьогодні їх виробляють 15 підприємств. Річний обсяг виробництва пеллет становить 200 тис. тонн, із них 95 – 97 % експортується в Європу [4].

Отже, покращити процес спалювання деревної біомаси можна шляхом виготовлення з деревних відходів паливних брикетів або гранул (пеллет). Це дозволяє вирішити екологічну проблему – переробка відходів підприємств лісового господарства та деревообробної промисловості і водночас є економічно виправданим напрямом енергозабезпечення підприємств різних галузей народного господарства.

Список літератури

1. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденов В. И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесная промышленность. 1987. – 220 с.
2. <http://juschin.com.ua/c/plyusy-i-minusy>
3. <http://www.zorg.ua/print.php?id=68>
4. <http://www.korrdon.info>
5. <http://www.evrobriket.ru/>

FEATURES OF PROCESS OF INCINERATION OF ARBOREAL BIOMASS BUT WAYS OF HIS IMPROVEMENT

YU. V. DZYADYKEYVYCH, Dr. Sci. Tech., Pf.
 R. I. ROZOOM, Cand. Tech. Sci., associate professor
 M. V. BURIAK, Cand. Tech. Sci., associate professor

The features of incineration of arboreal biomass are in-process reflected. It is rotined that the effective method of incineration of wastes of wood is making from them of fuel preforms or granules (pellet). It allows to decide the ecological problem of processing of wastes of enterprises of forestry and woodworking industry. It is the economic justified direction of resource- and energy-savings of enterprises of different industries of national economy.

Поступила в редакцию 05.08 2010 г.