

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШКИ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ІЗ СОЛОМИ

Семірненко Ю.І., к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

Україна належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії, а отже змушена вдаватися до їх імпорту. Енергетична залежність України від поставок органічного палива, з урахуванням умовно-первинної ядерної енергії становить близько 60 %, країн ЄС - 51 %. Подібною або близькою до української є енергозалежність таких розвинутих країн Європи, як Німеччина - 61,4 %, Франція - 50 %, Австрія - 64,7 %. Багато країн світу мають значно нижчі показники забезпечення власними первинними паливно-енергетичними ресурсами, зокрема Японія використовує їх близько 7 %, Італія - близько 18 %. Одним із способів подолання енергозалежності є застосування в енергетичному балансі країни альтернативної енергетики. Відмінною особливістю нашої країни є переважання сільськогосподарських земель - 70,9 % території, що й спонукає до використання для енергетичних цілей сільськогосподарської біомаси.

Ключові слова: *первинна енергія, біоенергетика, відходи, солома, паливні брикети, вологість, сушка, охолодження, температура.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Незважаючи на низький рівень розвитку відновлюваної енергетики сьогодні і недоліки енергетичної стратегії, Україна має гарні передумови для майбутнього розвитку відновлювальних джерел енергії та, зокрема, біоенергетики. Країна володіє великим потенціалом біомаси, доступної для виробництва енергії. Відмінною особливістю України є переважання сільськогосподарських земель - 70,9 % території. Тому, основними складовими потенціалу біомаси є відходи сільського господарства, а в перспективі - енергетичні культури, вирощування яких почало активно розвиватися в останні роки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У рослинництві та переробній галузі продукції рослинництва щорічно утворюється близько 80 млн т відходів. Із них 60 млн т - первинні відходи, що утворюються після збору врожаю, і близько 20 млн т вторинних відходів, що утворюються в результаті переробки продукції рослинництва (рис. 1).

Важливою сировиною для виробництва альтернативного палива для АПК України є біомаса відходів с. г. Найважливішим видом відходів с. г., доступним для енергетичного використання, є солома.

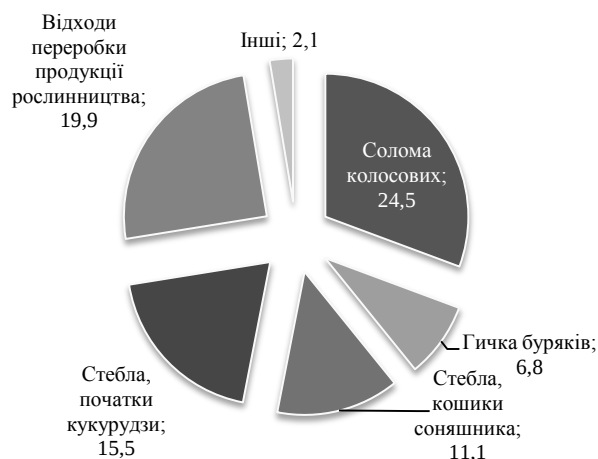


Рис. 1 – Структура утворення рослинних відходів АПК, млн. т

Важливою сировиною для виробництва альтернативного палива для АПК України є біомаса відходів с. г. Найважливішим видом відходів с. г., доступним для енергетичного використання, є солома.

Як видно із рис. 1, найбільшу частку із рослинних відходів АПК складає солома колосових культур. Крім того солома колосових являє собою один з найбільш актуальних видів сировини для вироблення енергії шляхом спалювання в силу високих показників доступності; високої теплотворної здатності при спалюванні.

Доцільність використання у якості альтернативного палива соломи обумовлена наступними чинниками:

- створенням екологічно чистого, безвідходного виробництва;
- зниженням собівартості продукції;
- економічною ефективністю використання рослинних відходів;
- зменшенням затрат коштів на закупівлю палива для муніципальних котелень;
- створенням нових робочих місць в селах;

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для ефективного використання біомаси в якості палива необхідна відповідна його підготовка – сушка, подрібнення, брикетування або гранулювання, що підвищить його нижчу теплоту згоряння, збільшить ККД котельної установки, знизить витрату умовного палива і викиди забруднюючих речовин. Основним недоліком відповідної підготовки палива є серйозне підвищення вартості палива, і, відповідно, собівартість виробленої енергії, що пов'язано з досить складною і енергоємною технологією процесів сушки, подрібнення, пресування.

Найбільша проблема при спалюванні соломи – її низька щільність (непресованої соломи 30 - 40 кг/м³), що ускладнює транспортування і зберігання. Способом збору соломи є пресування в малі або великі тюки або рулони, щільність яких в залежності від методу пресування досягає 110 - 165 кг/м³ [1].

Солому економічно вигідно використовувати при незначних відстанях перевезень від місць виробництва до місць використання в зв'язку з тим, що витрати на транспортування і зберігання соломи складають 70 % вартості отриманої з неї теплової енергії. Економічно виправданими радіусом перевезень неущільненої соломи є 50 км, подрібненої – 100 км. На більшу відстань доцільно перевозити лише ущільнену соломку (гранули, брикети, тюки). Економічно допустима відстань перевезення соломи в рулонах може бути у 2 - 2,5 рази більшою ніж неущільненої соломи, а якщо перевозити соломку в брикетах – то в 5 - 6 разів. Така різниця зумовлена різною собівартістю перевезення. Тому доцільно застосовувати соломку поблизу місць її накопичення, прораховувати питання паливної логістики всього ланцюжка процесу – від збору та попередньої обробки біомаси до її постачання кінцевому споживачу. Такими споживачами є комунальники, тваринницькі комплекси, тепличні господарства, підприємства переробки сільськогосподарської продукції [3].

Зберігання і спалювання соломи в розсипному вигляді не є економічно доцільним [5].

Спалювання пакованої соломи в спеціальних топках має істотні недоліки: високу вартість установок, невисокий ККД, незручність застосування, проблеми з доставкою і зберіганням сировини. Неущільнену соломку доцільно спалювати у подрібненому вигляді у спеціальних вихрових топках. Енергетична ефективність збільшується при спалюванні соломи в ущільненому вигляді (брикети, гранули) [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. У країнах з розвиненим сільським господарством активно впроваджуються технології спалювання біомаси у вигляді облагородженого твердого біопалива, яке може бути умовно розділене на дві групи [2].

1. Пелети – спресовані циліндри з максимальним діаметром до 25 мм, виготовлені з подрібненої біомаси без додавання хімічних закріплювачів шляхом пресування з використанням високого тиску.

2. Брикети – спресовані вироби циліндричної, шестигранної, прямокутної та іншої форми діаметром більше 25 мм (зазвичай 50 - 80 мм). Їх довжина не повинна перевищувати у п'ять разів їх діаметр і складає від 100 до 300 мм.

Широке розповсюдження у всьому світі паливні гранули і брикети отримали завдяки особливостям процесу згорання, який стає більш повільним і контрольованим щодо викиду легких сполук і димових газів в атмосферу. Їх теплотворна здатність співрозмірна з традиційними видами палива, тоді як кількість шкідливих речовин, яка виділяється, залишається незначною [4].

Переваги пелет і брикетів перед неспресованими відходами: значно менший об'єм, екологічна чистота; характеризуються довгим горінням без іскроутворення; можна точніше регулювати процес горіння в топці, що забезпечить вищий ККД. Недоліком пресованого палива є більш висока вартість.

Отримання палива із соломи шляхом брикетування знімає ряд проблем (зберігання сировини незалежно від пори року, складування, перевезення, автоматизації завантаження в топку) і робить таке паливо універсальним як з погляду методів спалювання, так і з погляду кола споживачів.

Однією із основних властивостей, що характеризують паливні брикети із солом'яної біомаси, є їх кінцева вологість, яка забезпечується, як правило, сушкою соломи. Нами пропонується використання сушки не соломи, а самих брикетів за рахунок утвореного тепла при їх виробництві.

Швидкість сушки паливних брикетів прямо пропорційна волозі, що видаляється з брикету, і коефіцієнту сушки. Тобто, для підвищення швидкості сушки необхідно понизити відносну вологість охолоджуючого повітря, що приведе до пониження рівновагового вологовмісту брикетів.

Збільшення швидкості сушки можливе також за рахунок збільшення коефіцієнта сушки, який зі збільшенням температури повітря збільшується.

На першому етапі сушка паливних брикетів проводиться атмосферним повітрям. Нагріте і на першому етапі процесу сушки повітря, потрапляє на другий етап сушки.

На другому етапі для інтенсифікації процесу сушки брикетів повітря підігрівається за рахунок електрокалорифера. При цьому його вологість знижується, а ентальпія підвищується, за рахунок чого забезпечується досушування брикетів до необхідної вологості. Використання підігрітого повітря збільшить коефіцієнт сушки брикетів і знизить їх кінцеву вологомісткість.

При сушці брикетів максимальної вологість ($W_{бв} = 20\%$) до вологості ефективного зберігання та спалювання (не більше $W_{сб} = 15\%$) необхідно видалити надлишкову вологу. Маса цієї води визначається по формулі.

$$m_{сб} = m_{бв} \frac{W_c - W_{сб}}{100 - W_{сб}}, \quad (1)$$

де, $m_{сб}$ – маса сухих брикетів, кг,

$m_{бв}$ – маса вологих брикетів, кг,

W_c – вологість соломи, %,

$W_{сб}$ – вологість сухих брикетів, %

Якщо брикети, після виготовлення на брикетувальному пресі мають температуру 90°C .

Відомо, що на пароутворення при атмосферному тиску і температурі повітря 90°C витрачається енергія $Q = 559,3$ ккал/кг води, або $Q = 0,63$ кВт год/кг води. Тоді на випарювання води з брикетів ($m_{вип}$, кг) необхідно затратити енергію в кількості:

$$Q_{вип} = q m_{вб} \frac{W_{бв} - W_{сб}}{100 - W_{сб}}, \text{ кВт год}, \quad (2)$$

Мінімальний період часу сушки визначається:

$$T_{суш} = Q_{вип} P_k, \text{ год}, \quad (3)$$

де, P_k – потужність калорифера, кВт

Ці розрахунки вірні за умови випаровуванні води з відкритої поверхні і при атмосферному тиску, тобто, коли коефіцієнт волого провідності матеріалу, що висушується дорівнює $k_e = 1$. У реальному процесі сушіння брикетів випаровування вологи сповільнюється зі збільшенням товщини висушеного матеріалу, яка визначається з виразу:

$$h_{ни} = 1 - e^{-th_{ни}},$$

де, $h_{ни}$ – відносна швидкість наростання сухого шару брикетів, м,

t – час процесу сушки брикетів до необхідної вологості, год

Коефіцієнт волого провідності k_e зменшується з наростанням висушеного зовнішнього шару брикетів.

$$k_e = e^{-th_{ни}}$$

Швидкість сушки:

$$u(t) = \frac{m_{вип}}{S_{вип} t}, \text{ кг/м}^2 \text{ год}$$

Питома потужність, яка необхідна для сушки:

$$N_{нум} = 0,63 u(t), \text{ кВт/м}^2 \text{ год}$$

Потужність електрокалорифера для сушки брикетів:

$$N = N_{нум} F, \text{ кВт/год}$$

Продуктивність сушарки:

$$П = \frac{m_{вб}}{t}, \text{ кг/год}$$

У залежності від вище згаданих факторів час при проведенні натурних випробовувань не перевищував 0,42 год.

Отримані по запропонованій технології паливні брикети за більшістю показників відповідають характеристикам міжнародної класифікації (GEN/TS).

Висновки: Застосування соломи, як палива можливе у вигляді брикетів. При отриманні брикетів із соломи підвищеної вологості доцільно їх досушувати в два етапи. На першому етапі – сушка паливних брикетів проводиться атмосферним повітрям, на другому – повітря після першого етапу підігрівається калорифером, що забезпечує більш ефективну сушку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакарджієв Р.О. Технічне забезпечення використання соломи на енергетичні цілі / Р.О. Бакарджієв, О.О. Троїцька // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя: НВК Інтер-М, 2013. – Вип. 1. – С 157-162.

2. Биотопливо: с уверенностью в будущее / [авт. отдел экологии и биотехнологии НП «Центр энергосбережения и инновационных технологий» Ростовской области]. – Ростов-на-Дону, 2010. – 31 с.
3. Гелетуха Г. Г. Комплексний аналіз технологій виробництва енергії з твердої біомаси в Україні. Частина 1. Солома / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, О. І. Дроздова // Промышленная теплотехника. – 2013. – № 3. – С.56-63.
4. Голуб Г.А. Інженерні проблеми виробництва і використання біопалив в АПК / Г.А. Голуб, В.О. Дубровін // Вісник аграрної науки. – 2010. – Спеціальний випуск, травень. – С. 82–87.
5. Энергия без зайвих витрат / Р.О. Бакарджиєв, В.Б. Юдовинський, О.В. Пенъов, Ю.П. Мирненко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2008. – Вип. 8, Т.9. – С. 98–102.

Семирненко Ю.И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ СОЛОМЫ

Применение соломы, как топлива возможно в виде брикетов. При получении брикетов из соломы повышенной влажности целесообразно их досушивать в два этапа. На первом этапе - сушка топливных брикетов проводится атмосферным воздухом, на втором - воздух после первого этапа подогревается калорифером, что обеспечивает более эффективную сушку.

Ключевые слова: биотопливо, солома, брикеты, влажность, сушка, температура, масса, воздух, подогрев, сушилка.

Semirnenko Y.I. IMPROVING THE PROCESS OF DRYING FUEL BRIQUETTES FROM STRAW

Widespread worldwide pellets and briquettes received due to the peculiarities of the process of combustion, which is a slow and controlled emission of volatile compounds and flue gas emissions. Their calorific value commensurate with conventional fuels, while the amount of harmful substances that stands out, is negligible.

Advantages of, pellets and briquettes before unpressed waste: much smaller volume, environmentally friendly; characterized by long without sparking burning; You can precisely regulate the combustion process in the furnace, which will provide higher efficiency. The downside is pressed higher fuel costs.

Obtaining fuel from straw by briquetting eliminates a number of problems (storage of raw

materials regardless of the season, warehousing, transportation, automation download in furnaces) and makes a universal fuel both in terms of methods of burning, and with the view of consumers.

One of the main features that characterize briquettes from straw biomass is their ultimate humidity, which is provided usually by drying straw. We have proposed the use of straw is not drying as the most , briquettes formed by the heat in their production. The rate of drying of fuel pellets is directly proportional to the moisture, remove from the cake, and drying factor.

That is, to speed drying should reduce the relative humidity of cooling air, leading to a decrease equilibrium moisture briquettes. Increasing the speed of drying is also possible due to increase of the drying that with increasing temperature increases.

In the first stage drying of fuel briquettes held atmospheric air. The heated and the first stage of the process air drying, enters the second stage of drying.

In the second phase to intensify the process of drying briquettes air heated by electroheaters. At the same time it humbles himself humidity and enthalpy increases, due to what is provided bricks to the required final drying humidity. Using heated air will increase the rate of drying bricks and reduce the humidity of the final.

Keywords: *biofuels, straw, briquettes, humidity, drying, temperature, mass, air, heated dryers.*

Стаття надійшла в редакцію: 5.05.2015р.

Рецензент: д.т.н., професор Павлюченко А.М.