

УДК 674:621.928.93

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА З БІОСИРОВИНИ

Войтов В.А., д.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

Вороновський І.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. / факс: 8-(057)-700-38-98, 8-(0619)-44-02-74

Анотація – викладені шляхи зниження енерговитрат при виробництві твердого палива із застосуванням тонкого помолу.

Ключові слова – тверде паливо, біосировина, біомаса, брикети, пелети, енерговитрати.

Постановка проблеми. В 2008 році Інститутом технічної теплофізики НАН України був досліджений і проаналізований потенціал нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та виконана оцінка сільськогосподарських відходів, відходів деревообробки, енергетичних культур, біодизеля, біоетанолу, біогазу з відходів тваринництва, торфу [1]. Як показали розрахунки економічний потенціал біосировини в Україні, доступної для отримання енергії, становить 27 млн. тонн умовного палива на рік [2].

Альтернативою відходам деревообробки для пресування паливних гранул (пелет) є сільськогосподарські відходи (солома, лузга зернових культур, рису, кукурудзи, соняшника). Сільськогосподарські відходи можуть бути значним джерелом твердого палива для сільських регіонів.

Найбільш економічно вигідним є використання твердого палива з біомаси у вигляді брикетів або пелет, тому що це не вимагає заміни котлів і економить кошти на транспортних витратах.

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарська біомаса, яка може використовуватися як паливо, має ряд особливостей, які відрізняються від традиційних енергоресурсів. Деякі характеристики біопалива, в першу чергу такі, як щільність, розмір часток, специфіка поверхні, за допомогою подрібнення і ущільнення можуть бути змінені, при цьому основні паливно-енергетичні характеристики прийнято розглядати як постійні.

Найбільш важливою паливно-енергетичною характеристикою біомаси є її теплотворна здатність, яка залежить від безлічі факторів:

генетичних особливостей енергетичних рослин; впливу навколишнього середовища; умов зберігання; вологості. У табл. 1 приведена середня теплотворна здатність біомаси при вологості на рівні 20% [1].

Таблиця 1– Середня теплотворна здатність біомаси

Назва біомаси	Теплотворна здатність, Дж/кг
Солома зернових культур	10,5
Стебла кукурудзи	12,5
Гілки плодкових дерев	10,5
Стебла соняшнику	12,5
Виноградна лоза	14,5

В табл. 2 наведена порівняльна характеристика різних видів палива та вплив вологості на теплотворну здатність, а також вміст сірки і золи [1].

Таблиця 2– Порівняльна характеристика різних видів палива

Вид палива	Вологість, %	Теплотворна здатність, Дж/кг	Вміст сірки, %	Вміст золи, %
Природний газ	-	35-38 МДж/м ³	0	0
Кам'яне вугілля	-	15-25	1-3	10-35
Дизельне паливо	-	42,5	0,2	1,0
Мазут	-	42	1,2	1,5
Відходи дерева, тріски	40-45	10,5-12,0	0	2,0
Брикети з дерева	7-8	14,8-16,5	0,1	1,0
Брикети з соломи	8-10	12,5-14,8	0,2	4,0

Як випливає з представлених таблиць 1 і 2 брикети з відходів біомаси за теплотворною здатністю, а також вмісту сірки та золи можуть виступати альтернативою традиційним викопним видам палива.

При виробництві брикетів або пелет велике значення на вартість кінцевої продукції надає початкова вологість сировини. Аналіз технічної літератури дозволяє виконати ранжування витрат при виробництві твердого палива [1, 2, 5]:

- вартість сировини – 42,8%;
- попередня сушка сировини – 34,2%;
- пресування – 13%;
- персонал – 2,8%;
- подрібнення біомаси – 2,6%;
- загальні витрати – 2%;
- зберігання – 1,6%;
- охолодження – 1,0%.

Аналіз витрат показує, що сушка сировини перед подрібненням і пресуванням займає 34,2% загальних витрат. Крім того, сушка ефективна для подрібненої біомаси.

Аналіз технологічного процесу дозволяє зробити висновок, що зниження енергозатрат на виробництво одиниці продукції можна досягти, виключивши сушку при одночасному перерозподілі енергії на подрібнення і пресування.

Формулювання мети статті. Метою статті стало обґрунтування зниження енерговитрат при виробництві твердого палива з біомаси за рахунок застосування тонкого помолу.

Основна частина. Після попереднього подрібнення біомаси з вологістю 20-30%, без застосування сушки, виконується тонке подрібнення. Такий шлях дозволяє отримати зменшення помелу до значень 100-50 мкм при одночасній активації біомаси перед пресуванням.

Мілко подрібнена і одночасно активована біомаса з вологістю 10-14% вимагає в 25 разів менш енергії при пресуванні в шнекових пресах, де реалізується ефект зниження динамічної в'язкості біомаси за рахунок наявності великих швидкостей зсуву.

В якості пристрою для подрібнення біомаси може виступати дезінтегратор [3, 4]. Наукові основи застосування дезінтегратора для подрібнення будівельних матеріалів розроблені Й.О. Хинтом, однак для подрібнення біомаси, що має вологість до 20%, наприклад соломи, використовуваний принцип удару – малоефективний.

Тому була розроблена конструкція дезінтегратора, де використовуються два принципи подрібнення: удар і стирання одночасно. На початку подрібнення більшою мірою використовується удар, на кінцевій стадії подрібнення – більшою мірою використовується стирання. Така конструкція дозволяє знизити енерговитрати на подрібнення при одночасному підвищенні якості помолу.

Вид загальний дезінтегратора представлений на рис. 1, з якого видно, що пристрій складається з двох, що обертаються назустріч один одному, роторів 3. Завантаження біомаси відбувається через порожнистий вал ротора за допомогою шнека 7 всередину помольної камери 1.

На підставі гіпотез Ріттінгера і В.М. Кирпичева [5] про механізми подрібнення твердих тіл теоретичним шляхом нами була отримана розрахункова формула для визначення потужності на подрібнення за рахунок удару

$$N_{\text{уд}} = \frac{\pi^2 \sigma^2 D_{\text{cp}} n h \left(\frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{к}}} - 1 \right)}{60 E}, \quad (1)$$

де δ – тимчасова межа міцності матеріалу, що подрібнюється, Па;
 D_{cp} – середній діаметр помольної камери (робочого колеса), м;
 n – обороти ротора, об/хв;

l – ширина помольної камери (робочого колеса), м;
 h – глибина помольної камери (відстань між робочими колесами), м;
 d_n, d_k – початковий і кінцевий діаметр частинок, м;
 E – модуль пружності матеріалу, що подрібнюється.

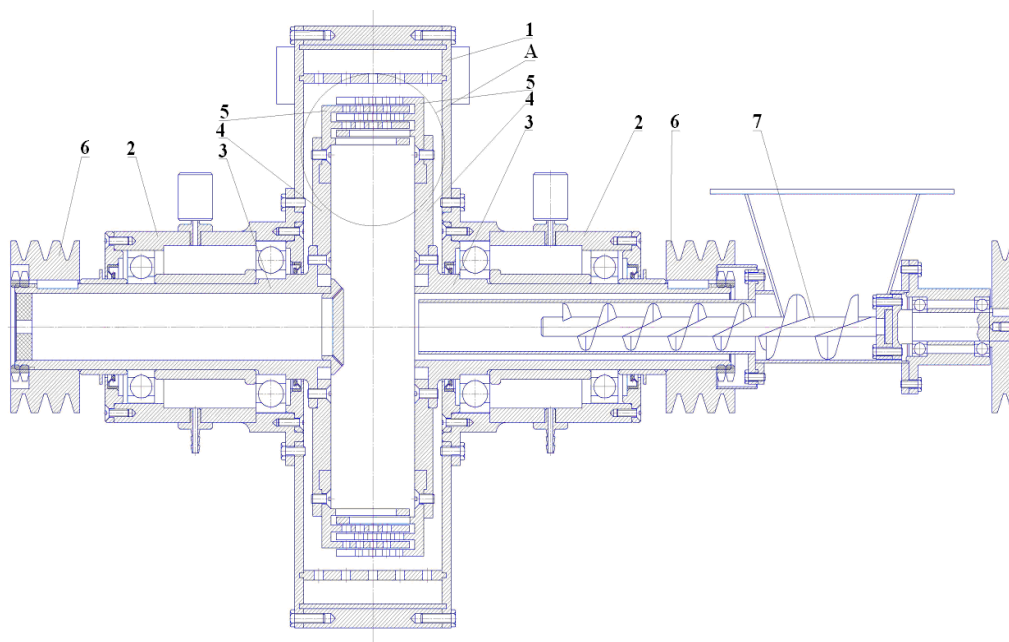


Рис. 1. Вид загальний дезінтегратора: 1 – помольна камера, 2 – корпус шпинделя; 3 – опора, 4 – диск ротора; 5 – робочі кільця; 6 – шків; 7 – завантажувальний шнек.

Мінімальна швидкість для подрібнення матеріалу за рахунок удару $U_{уд}$, визначається виразом

$$U_{уд} = \sigma \sqrt{\frac{\left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{\rho E}}, \quad (2)$$

де ρ – щільність матеріалу, що подрібнюється.

Розрахунки за формулами (1) і (2) показують, що для тонкого подрібнення (до 50 мкм) біомаси (наприклад, деревних відходів), швидкість удару повинна бути не менше 62 м/с, а потужність, що витрачається становить більше 6,4 кВт.

Потужність витрачається на подрібнення за рахунок стирання

$$N_{ис} = \frac{24\mu\pi^3 D_{cp}^2 n^2 l \left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{3600}, \quad (3)$$

де μ – динамічна в'язкість помольної середовища (біомаса+повітря), Па·с.

Мінімальна швидкість для подрібнення матеріалу за рахунок стирання (внутрішнього тертя частинок між собою)

$$U_{ис} = \frac{12\mu\left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{h\rho} \cdot \quad (4)$$

Розрахунки за формулами (3) і (4) показують, що для подрібнення по механізму стирання швидкість руху робочих коліс повинна бути не менше 10 м/с, а потужність, що витрачається не більше 7 кВт.

Втрати на тертя помольного середовища об внутрішні робочі поверхні коліс визначаються виразом

$$N_{тр} = \frac{f\rho\pi^4 D_{cp}^3 n^3 lh}{54000} \cdot \quad (5)$$

Втрати становлять величину порівнянну з величиною, що витрачається на подрібнення за механізмом стирання.

Удар і стирання відбувається між робочими колесами 2, конструкція яких представлена на рис. 2.

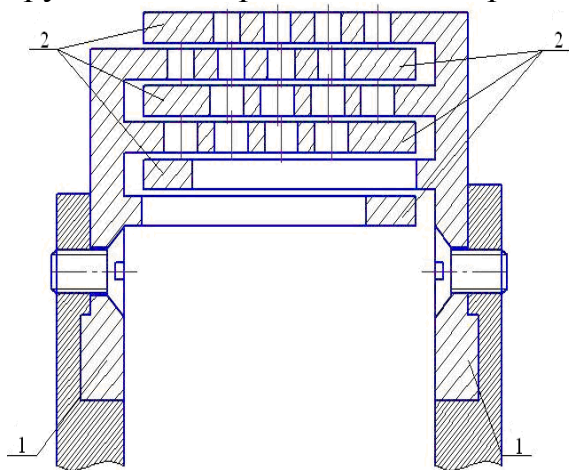


Рис. 2 – Робочі колеса дезінтегратора: 1 – робочі диски; 2 – робочі кільця.
Рис.3 – Робоче кільце.

При зіткненні біомаси з отворами відбувається подрібнення за рахунок удару, а в зазорі між обертовими назустріч один одному колесами, відбувається подрібнення стиранням. Зовнішній вигляд робочого колеса представлений на рис. 3.

При застосуванні для подрібнення різних видів біомаси такого принципу помолу середній розмір тоніни становить 70 мкм при продуктивності 3,6 т/г. При цьому дезінтегратор споживає потужність 18 кВт.

Висновки. Новий технологічний процес виключає з ланцюга подрібнення молоткову дробарку, замість якої застосовується дезінтегратор. Дезінтегратор може забезпечувати подрібнення до рівня 5...10 мкм. Крім цього, дезінтегратор може виконувати подрібнення біомаси з рівнем вологості до 40%, що виключає з технологічного процесу сушіння.

Тонкий помол біомаси сприятиме активному зрушенню шарів матеріалу, що пресується всередині шнекового преса, їх саморозігрів до пластичного стану, а, отже, і зниження енерговитрат на пресування з причини зниження динамічної в'язкості зволоженої та розігрітої біомаси. Кінцеві продукт – пелета або брикет, має фізико-механічні характеристики на рівні деревного вугілля, що відповідає міжнародним стандартам.

Література

1. Біопалива: Технології, машини, обладнання / [В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та ін.]. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: монографія / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюкта ін.]. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
3. Пат. 2353431 Российская Федерация, МПК В02С13/22. Деинтегратор / Заявитель и патентообладатель ГОУВПО Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; заявл. 01.10.2007; опубл. 27.04.2009.
4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / Під ред. В.І.Кравчука, В.О. Дубровіна// УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2010.– 184 с.
5. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 2/ Под ред. В.Г. Айништейна. – М.: Химия, 2000. – 162 с.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОСЫРЬЯ

Войтов В.А., Вороновский И.Б.

Аннотация

Изложены пути снижения энергозатрат при производстве твердого топлива путем применения тонкого помола.

REDUCTION OF ENERGY THE PRODUCTION OF SOLID FUEL BIOSYRYAV

V. Vojtov, I. Voronovskiy

Summary

The paper ways to reduce energy consumption in the manufacture of solid fuels from biomass in the form of briquettes or pellets by applying a fine grind was described.