

**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ І БРИКЕТІВ З
ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
ТА ДЕРЕВИНИ**

В.В. Сарана, кандидат технічних наук

М.М. Гудзенко, інженер

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України*

С.М. Кухарець, кандидат технічних наук

Житомирський національний агроекологічний університет

Проведено багатокритеріальний аналіз сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини за питомими показниками їх роботи. Наведено методику визначення даних показників.

Прес-брикетувальники, прес-гранулятори, питомі показники, паливні гранули, паливні брикети.

Постановка проблеми. Огляд науково-практичного досвіду свідчить, що рослинна біомаса виявляється одним з найбільш перспективних джерел одержання твердого біопалива в Україні [1, 2]. Ціна біопалива не залежать від стрибків цін на викопні види палива і на екологічні податки, що збільшуються. Крім цього при спалюванні твердого біопалива не спричиняється негативного впливу на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень. В даний час як тверде біопаливо використовуються різні матеріали: відходи деревопереробки, кора, сіно, солома, стебла кукурудзи та соняшнику, відходи від переробки сільськогосподарських культур (костриця льону, соняшникове та гречане лушпиння), а також спеціально вирощувані для цієї мети рослини (енергетичні ліси, енергогаї).

Для досягнення економічної віддачі, підвищення теплотворної здатності (теплоти згорання) твердих біопалив та забезпечення простоти транспортування його до теплових установок і легкості управління процесом горіння, біопаливо має перероблятися в гранули (пелети) або брикети.

Гранули і брикети мають величезні переваги в порівнянні з традиційними видами палива. Для виробництва гранул чи брикетів

витрачається біля 3% енергії. При цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати складають 10%, а при виробництві електроенергії – 60%. Їх теплотворна здатність складає 4,5 – 5,0 кВт/кг, що в 1,5 рази більше, ніж у звичайної деревини і співставима з вугіллям. При спалюванні 2000 кг гранул або брикет виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні: 3200 кг деревини, 957 м³ газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту [2].

Високі вимоги в галузі охорони навколишнього середовища, що до якості виготовлення паливних гранул і брикетів, привели до значного технічного прогресу в розробці обладнання для їх виготовлення. Поряд з цим, переважна більшість існуючої інформації по цьому обладнанню має рекламний характер, а наведені характеристики не дають можливості об'єктивно оцінити ефективність його роботи.

Мета досліджень. Провести багатокритеріальну оцінку сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів на основі аналізу питомих показників його роботи.

Результати досліджень. Аналізуючи існуюче обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів (переважно за інформацією Інтернет сайтів та проспектів фірм-виробників [3]), ми склали класифікацію машин для пресування біомаси (рис. 1).

Характеристики відомих пресів для виробництва паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини згідно даних офіційних сайтів і проспектів фірм-виробників [3] зведено для аналізу в таблицю 1. Для об'єктивної оцінки ефективності використання даного обладнання на основі існуючих характеристик, було проведено багатокритеріальний аналіз з використанням методу відстані до цілі. Його суть – в обґрунтуванні ідеального варіанту, який має найкращі значення критеріїв, та оцінці міри наближення до нього кожного з варіантів [4].

Формування множини прийнятих критеріїв здійснено при однаковому напрямку покращення (зменшення) всіх критеріїв. Завдання їх порівняльної оцінки вирішувалось методом розстановлення пріоритетів за допомогою використання коефіцієнтів значимості критеріїв λ_i , значення яких розраховано при забезпеченні умови $\sum \lambda_i = 1$. Оцінку ефективності роботи пресів було визначено чотирма питомими показниками:

$$K_1 - \text{питомі енерговитрати } E = \frac{N}{Q}, \text{ кДж/кг,} \quad (1)$$

$$K_2 - \text{питома маса } m = \frac{M}{Q}, \text{ кг/(кг/год),} \quad (2)$$

$$K_3 - \text{питома вартість } u = \frac{C}{Q}, \text{ грн/(кг/год),} \quad (3)$$

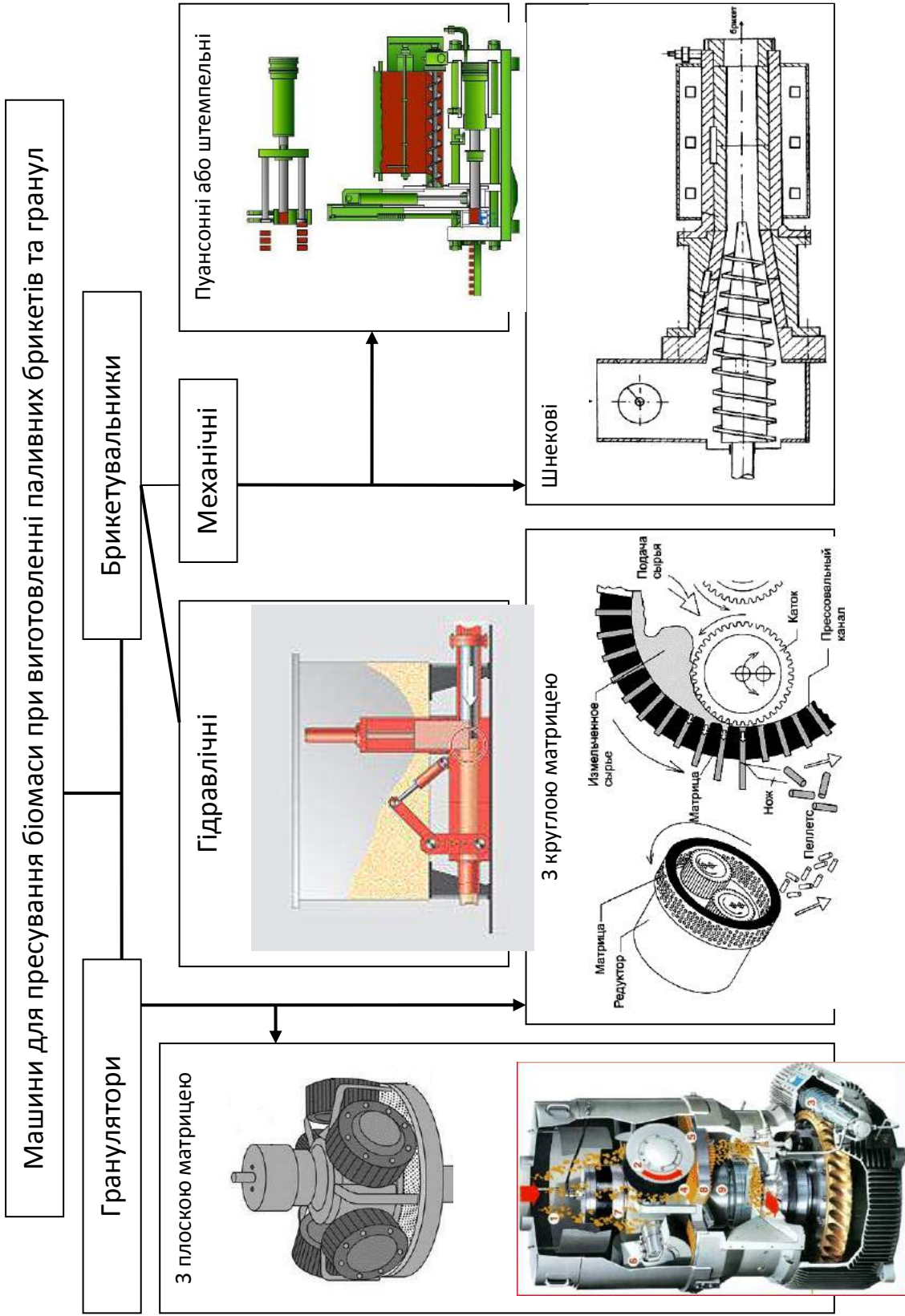


Рис. 1. Класифікація машин для пресування біомаси.

$$K_4 - \text{коефіцієнт вологості } K_w = \frac{100}{W}, \quad (4)$$

де N – встановлена потужність електродвигунів на пресові, кВт; Q – продуктивність машини, кг/год (кг/с – при визначенні E); C – вартість машини, грн.; W – максимальна вологість перероблюваного матеріалу, %.

Було прийнято, що критерії K_1 та K_4 які враховують енергоємність процесу та можливість переробки більш вологих матеріалів, рівнозначні і мають перевагу над K_2 і K_3 , які також рівнозначні між собою (тобто $K_1 = K_4 \succ K_2 = K_3$).

З використанням матриці визначення пріоритетів визначені коефіцієнти значимості λ_i : для K_1 та K_2 - $\lambda_i = 0,317$, а для K_2 та K_3 - $\lambda_i = 0,183$.

Визначені значення критеріїв за різними типами пресів, що мають найбільш змістовні характеристики, зведено в таблицю 2.

Кожен із вибраних критеріїв по всім пресам приведемо до нормативного вигляду з нормуючим дільником, що відповідає кращому значенню критерію [4]:

$$E_i^n = \frac{E_i}{E_0}, \quad m_i^n = \frac{m_i}{m_0}, \quad u_i^n = \frac{u_i}{u_0}, \quad K_{wi}^n = \frac{K_{wi}}{K_{w0}},$$

де індекс “н” означає нормування, а індекс “0” – краще (в нашому випадку мінімальне) значення критерію.

Відповідні нормативні значення критеріїв ідеалізованого варіанту будуть рівні 1.

Отже, цільову функцію можна записати у вигляді [4]:

$$\mu = \left(E_i^n \lambda_i + m_i^n \lambda_i + u_i^n \lambda_i + K_{wi}^n \lambda_i \right) - 1 \rightarrow 0.$$

Найкращим можна вважати варіант машини у якої найменше значення відстані до цілі (у ідеального варіанту відстань = 0).

На основі аналізу таблиці 2 можна зробити висновок, що за всіма наведеними показникам перевагу мають шнекові прес-брикетувальники, а найближчим до ідеального варіанту є механічний прес шнекового типу польської фірми Біомассер (відстань до цілі – 0,635).

З інформації фірми-виробника „BIOMASSER” [3] його технічні можливості забезпечують якісне брикетування соломи з розміром частинок 30...50 мм та вологості матеріалу до 30%.

Що стосується прес-грануляторів, то за наведеними питомими показниками перевагу мають гранулятори з круглою матрицею, а найближчим до ідеального варіанту є прес-гранулятор російського виробництва УГП-0,5 (відстань до цілі – 0,110).

1. Порівняльна характеристика пресів для виробництва паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини.

1	Показники								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Марка преса (країна виробник, фірма)	Продуктив- ність Q, кг/год	Встановлена потужність N, кВт	Маса M, кг	Максимальна вологість матеріалу, що переробляється W, %	Питоми енерговитрати N/Q, кДж/кг	Питома маса M/Q, кг/(кг/год)	Вартість Ц, грн	Питома вартість ц, грн/(кг/год)	
Преси для виробництва брикетів									
RUF RB110	110	8	1900	15	261,8	17,3			
RUF RB220	220	13,5	2000	15	220,9	9,0			
BRIO 155	60	5,5	660	20	330	11	81000	1350	
BRIO 175	200	12	1400	20	216	7	117000	1064	
BP500 (Global Edge)	80	5,5	710	20	247,5	8,9			
BP 1000 (Global Edge)	120	7,3	730	20	219	6,1			
OSCAR (Італія)	150	9,2	1250	20	220,8	8,3	151700	1011	
TH200 (WEIMA)	50	6	820	18	432	16,4			
TH300 (WEIMA)	80	8	870	18	360	10,9			
MODEL 110	110	5,5	1900	15	180	17,3			
BP 60/200	600	57	7800	12	342	13			
УБО 1 (Росія, ЖАСКО)	1500	55	2750	12	132	1,8			
УБО 2 (Росія, ЖАСКО)	750	53,2	1150	12	255,4	1,5			
Біомассер (Польща)	85	4,2	240	15...30	177,9	2,8	63000	741,2	

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В-80 (Україна)	600	40,2	3900	12	241,2	6,5	197000	328,3
УБ-01 (Україна)	480	39,2	980	12	2,0	87000	181,3	
ЕВ 350 (Україна)	350	40	1200	13	3,4	94000	268,8	
ПТБ-1 (Росія)	400	48,7	2500	12	6,3			
УГП-0,5 (Росія)	600	30,6	850	14	1,4	78524	130,9	
ОГБ-1,5 (Росія)	1400	75	2500		1,8			
ОГМ-0,8 (Росія)	750	55	2000		2,7			
ГМ-0,5М (Росія)	100	7,5	600	16	6			
КОМРАСТ РР300 (Швеція)	350	30		15				
Mini-pell (Швеція)	50	7,5	350	15	7			
ПГ-500 (Росія)	2000	90	3370	14,5	1,7	520000	260	
ПГ-310М (Росія)	1000	37	850	14,5	0,9			
ТL 700 (Полька)	1200	75	4400	12...17	3,7	187500	145,8	
ГТ-500 (Україна, ООО СП Грантех)	1500	110	4600	12	3	360000	240	
ГТ-520 (Україна, ООО СП Грантех)	2500	150	5000	12	2	400000	160	
Тwin 700 (Швеція)	700	60		15				
ОГМ-1,5 (Росія)	1000	77,2	4000	12	4	340000	340	
ОГМ-1,5А (Литва)	1200	98	4900	12	4,1	399000	332,5	
33-390 (Kahl, Германія)	500	30	1150	10...12	2,3			

2. Значення критеріїв та показника відстані до цілі для пресів.

Марка преса (країна виробник, фірма)	Тип преса, матриці	Показники					Відстань до цілі μ
		Питомі енерговитрати Е, кДж/кг	Питома маса т, кг/(кг/год)	Питома вартість ц, грн/(кг/год)	Коефіцієнт вологості, K _w		
Прес-брикетувальники							
BRIO 155	Гідравлічний	330	11	1350	5	2,413426	
BRIO 175	Гідравлічний	216	7	1064	5	2,128672	
OSCAR (Італія)	Гідравлічний	220,8	8,3	1011	5	1,778911	
Біомасер (Польща)	Шнековий	177,9	2,8	741,2	3,3	0,635699	
B-80 (Україна)	Пуансонний	241,2	6,5	328,3	8,3	1,137588	
УБ-01 (Україна)	Шнековий	294	2,0	181,3	8,3	0,683271	
ЕВ 350 (Україна)	Шнековий	411,4	3,4	268,8	7,7	1,044048	
Прес-гранулятори							
УГП -0,5 (Росія)	Кругла	183,6	1,4	130,9	7,1	0,109882	
ПГ-500 (Росія)	Кругла	162	1,7	260	6,9	0,269439	
TL 700 (Польща)	Плоска	225	3,7	145,8	5,9	0,448379	
ГТ-500 (Україна, ООО СП Грантех)	Кругла	264	3	240	8,3	0,69659	
ГТ-520 (Україна, ООО СП Грантех)	Кругла	216	2	160	8,3	0,353358	
ОГМ-1,5 (Росія)	Кругла	277,9	4	340	8,3	0,983912	
ОГМ-1,5А (Литва)	Кругла	294	4,1	332,5	8,3	1,015631	

Висновки

1. Визначені питомі показники дають можливість об'єктивно оцінити ефективність використання пресів певного типу.

2. На підставі багатокритеріального аналізу визначено, що раціональнішим в лініях брикетування сухої біомаси є використання механічних пресів шнекового типу, а в лініях гранулювання – прес-грануляторів з круглою матрицею.

Список літератури

1. *Біопалива* (технології, машини і обладнання) // Дубровін В.О., Корчемний М.О., Масло І.П. та інші. – К.: ЦТІ „Енергетика і електрифікація”, 2004. – 256 с.
2. *Енергоефективні та відновлювальні джерела енергії* / Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Укр. енциклопедія знань, 2007. – 560 с.
3. *Перспективи* фірм: „Грантех” (www.crystal.kiev.ua), Концерн ПромСнабКомплект (www.pskk.ru), ТК Инес (www.tk-ines.ru), Компанія ЕЛО (www.elo.ru), (www.presmash.if.ua), „Invest-Mot”, I.V. I&E GmbH (www.ivtech.de), (www.briquetmal.kiev.ua), ЗАО «Эко Энергия» (www.eco-en.ru), Жаско (www.jasko.ru), Курганский машиностроительный завод мельничного оборудования (<http://kmzmo.ru/product/index.html>), НПК АТЭК (<http://npk-atek.ru>), WEIMA Maschinenbau GmbH (www.weima.com.ua), ООО "Ками-Станкоагрегат" (www.stankoagregat.ru), Alligno Maschinenexport GmbH (www.alligno.ru), ЗАО "АЛЪТ-А" (www.generator-tepla.ru), Экодревпром (www.ecodrevprom.ru), www.pellets.narod.ru, Компанія RUF (www.briquet-ruf.ru/briquet.html), ООО Полимер+, (<http://www.testmer.com.pl>), (<http://www.lesintech.ru>), ОАО "УкрПКТИлеспром", ООО «Экко» (www.ekko.com.ua), „Biomasser”, (<http://www.gama-pardubice.cz>), (www.ecology-energy.ru), Форвуд Технолджи (www.forwood.spb.ru), ООО «ТехноГелион» (www.technogelion.ru).
4. *Нагірний Ю.П.* Обґрунтування інженерних рішень / Ю.П. Нагірний. – К.: Урожай, 1994. – 216 с.

Проведен многокритериальный анализ современного оборудования для изготовления топливных гранул и брикетов из отходов переработки сельскохозяйственных культур и древесины по удельным показателям их работы. Приведена методика определения данных показателей.

Пресс-брикетировщики, прессовые грануляторы, удельные показатели, топливные гранулы, топливные брикеты.

It is spent multiobjective the analysis of the modern equipment for manufacturing of fuel granules and briquettes from a waste of processing of agricultural crops and wood on specific indicators of their work. The technique of definition of the given indicators is resulted.

Briquetter presses, pelleting presses, specific indicators, fuel granules, fuel briquettes.