

УДК: 620.92: 504.06: 662.7

ЕНЕРГЕТИЧНА, ЕКОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Олійник Є.М., Зубенко В.І., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.6>

Наведені результати моделювання організації схеми використання необробленої паливної сировини в порівнянні з виробництвом паливних гранул. Визначені питомі показники та основні фактори впливу на енергетичну, екологічну та економічну ефективність використання біопалива.

Приведены результаты моделирования организации схемы использования необработанного топливного сырья по сравнению с производством топливных гранул. Определены удельные показатели и основные факторы влияния на энергетическую, экологическую и экономическую эффективность использования биотоплива.

The results of the simulation of the untreated fuel raw materials use scheme in comparison with the fuel pellets production are presented. Specific indicators and the main factors of influence on energy, ecological and economic efficiency of biofuel use are determined.

Бібл. 15, табл. 1, рис. 1.

Ключові слова: грануляція, брикетування, біопаливо, парникові гази, виробництво, сталий розвиток.

3-Е – енергетичний, екологічний, економічний;

ДП – дизельне пальне;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ЖКГ – житлово-комунальне господарство;

ПДВ – податок на додану вартість;

К – коефіцієнт;

М – маса;

 m – одинична маса вантажу; V – об'єм; R – радіус доставки; L – загальний пробіг автотранспорту; Q – теплота згорання; T – тариф на транспортні послуги; \bar{V} – питома витрата пального;

Ц – ціна;

Індекси верхні:

П – паливо моторне;

Е – електроенергія;

Q – енергетичний;

Р – економічний;

ЕСО – екологічний;

Індекси нижні:

1, 2 – варіант;

nr – нижча робоча;

 CO_{2e} – CO_2 еквівалент;

3-Е – енергетичний, екологічний, економічний.

Актуальність роботи обумовлена стрімким розвитком енергетичного використання твердого біопалива для виробництва теплової та електричної енергії та призводить до зростання попиту і дефіциту палива на ринку, зростання ціни на сировину і товарне біопаливо, що змушує виробників і споживачів застосовувати більш ефективні організаційно-технічні рішення задля збереження економічної ефективності. З іншого боку, виробництво і використання біопалива має здійснюватися з дотриманням принципів сталого розвитку, забезпечувати позитивний баланс енергії і залишатися прибутковим. Одним з основних напрямків досягнення поставлених цілей є оптимізація організаційних процесів. **Метою роботи** є порівняння витрат на виробництво і транспортування біопалива на енергетичну, екологічну і економічну (3-Е) ефективність в залежності від

обраної організаційної схеми використання біопалива – виробництво покращеного гранульованого палива і непідготовленої паливної сировини у вигляді лушпиння соняшника. Межею досліджень є два технологічних ланцюга, один з яких передбачає виробництво покращеного гранульованого біопалива, включаючи витрати транспортування палива до споживача. **Завдання** роботи полягає у визначенні умов за яких витрати енергії, викиди парникових газів та фінансові витрати за розглянутими організаційними схемами є (критичним) рівнозначними, а також порівняти 3-Е ефективність розглянутих організаційних рішень, зробити висновки. **Методи дослідження** включають вивчення статистичних та інших даних, аналіз нормативно-правових актів, проведення розрахунків та моделювання. **Результати** виконання завдання представлені у даній статті.

Обсяги споживання лушпиння соняшника в Україні

Згідно даних Енергетичного балансу України за 2016 рік [1], виробництво біопалив склало 3348 тис. т н.е., в т.ч. експорт біопалив – 553 тис. т н.е. (822 тис. т). у 2016 р. У 2017 р. обсяг виробництва біопалив становив 3618 тис. т н.е., а експорт – 542 тис. т н.е. [2]. Згідно аналізу результатів публічних закупівель через систему публічних закупівель Прозорро обсяги закуплено біопалива з лушпиння зросли в 3,5 рази в 2017 році (11,4 тис. т) в порівнянні з попереднім періодом. Ціна закупівлі паливних гранул з лушпиння зросла до 2419-2900 грн/т з ПДВ та доставкою, що на 27% вище з минулим періодом. Станом на 2018 рік ціна паливних гранул з лушпиння досягала 3500 грн/т з ПДВ. Стрімке зростання внутрішнього споживання біопалива для виробництва енергії спостерігається в сфері ЖКГ, промисловості та побутовому секторі.

Економічна ефективність використання біопалива більшою мірою залежить від ціни традиційних енергоносіїв і ціни біопалива з врахуванням доставки, а тому перед споживачами твердого біопалива постають нові завдання, що пов'язані з необхідністю оптимізації організаційно-технічних рішень по використанню біопалива.

В 2017 році в Україні виробництво соняшнику склало понад 12,2 млн. тонн. [3]. Лідерами по виробництву соняшника є Дніпропетровська, Харківська, Кіровоградська, Одеська області де врожай соняшника перевищує 1 млн. т. Встановлена потужність переробних підприємств складає близько 18,2 млн. т, що розміщені нерівномірно на усій території України [4]. Одночасно обсяги переробки соняшника в окремих регіонах значно перевищують врожай в даному регіоні (Вінницька, Запорізька, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська, Чернівецька), що пов'язано з наявністю розвиненої логістичної інфраструктури для переробки, зберігання і експорту готової олії. Близько 30% усього насіння соняшника вивозиться за межі регіонів вирощування для подальшої переробки.

На самих переробних підприємствах утворюється близько 2 млн. т лушпиння соняшнику з яких частина використовується в якості палива для виробництва технологічної пари, а залишок 1,37 млн. т (0,79 млн. т у.п.) використовується для виробництва паливних гранул і брикетів. Паливні гранули відносяться до покращених видів біопалива в порівнянні з необробленою і непідготовленою паливною сировиною. В результаті технологічних операцій гранулювання відбувається зміна фізико-механічних показників та покращення па-

ливо-енергетичних характеристик вхідної сировини. Основною метою гранулювання біопалива є енергетичне ущільнення завдяки зменшенню вмісту вологи в паливі та збільшенню щільності сировини – пресування. Варто зауважити, що значне покращення паливно-енергетичних показників при гранулюванні стосується саме використання вологої сировини, і незначне покращення може спостерігатися при використанні сухої сировини, такої як солома чи лушпиння. Таким чином виникає питання доцільності енергетичного ущільнення сухої сировини з 3-Е точки зору.

Моделювання організації схеми використання деяких видів біопалива

Насипна щільність гранул лушпиння має складати не менше 500 кг/м³ у відповідності до ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшника гранульоване. Технічні умови» при допустимій вологості 12% та зольності 4%. Як правило, щільність самих гранул складає 800-1300 кг/м³, а насипна щільність – не менше 650 кг/м³. В той же час насипна щільність лушпиння соняшника складає 80-150 кг/м³ у відповідності до «ДСТУ 7123:2009 Лушпиння соняшнику. Технічні умови». За умови мінімальної допустимої нижчої теплоти згорання лушпиння та гранул з лушпиння, що складає 15 МДж/кг, насипна (об'ємна) енергетична щільність лушпиння складає 1,2-2,25 ГДж/м³, що в 4-6 разів нижче в порівнянні з енергетичною щільністю гранул (7,5-9,75 ГДж/м³).

Таким чином, значною перевагою гранульованого сухого лушпиння може бути зменшення витрат на транспортування і потребу в складських приміщеннях для зберігання, що в значній мірі є вимушеним організаційно-технічним заходом самих переробних чи логістичних підприємств. З точки зору споживачів, вибір організаційної схеми використання біопалива з лушпиння може мати значний вплив на вибір технологічного обладнання для використання біопалива, витрат на транспортування і фінансових витрат на закупівлю самого біопалива, ціна якого в результаті технологічних операцій з грануляції зростає.

Лушпиння соняшника є відходами переробної промисловості і усі витрати на його отримання відносяться до основної продукції. Для оцінки, умовно приймається, що ціна сировини у вигляді лушпиння соняшника має нульову вартість на підприємстві, що займається переробкою соняшника. Капітальні витрати на організацію виробництва гранул і транспортування лушпиння/гранул не передбачені і їх повернення здійснюється через амортизацію обладнання, що є складовою повної собівартості виробництва і ціни послуг.

Виробництво гранульованого біопалива пов'язане з додатковими енергетичними та фінансовими витратами. Середні витрати електроенергії на виготовлення 1 т брикетів з біомаси складають 60-80 кВт·год, (140-190 грн/т) а на 1 т гранул – 90-110 кВт·год (216-264 грн/т) [5]. В залежності від продуктивності лінії гранулювання, її вартості та завантаження повна собівартість виробництва гранул з сухої сировини може складати 450-650 грн/т (без вартості сировини), з яких частка витрат на електроенергію може складати близько 30-50%.

Автомобільний транспорт залишається основним видом перевезень, в т.ч. під час експорту біопалива за межі території України. Значною перевагою використання автомобільного транспорту є висока мобільність, швидка доставка, висока ефективність в перевезенні на короткі відстані та можливість доставки безпосередньо до споживача. Використання річкового, морського чи залізничного транспорту може бути особливо ефективним при перевезенні великих обсягів і на великі відстані – міждержавні перевезення. В той же час, основним недоліком автомобільного транспорту є висока вартість перевезень. Середня ціна послуг з вантажно-го перевезення тентовим автомобілем вантажу масою 20 т складає близько 25 грн/км з ПДВ з яких понад 40% становлять витрати на паливо. В залежності від схеми організації та великої кількості зовнішніх факторів, витрата пального на перевезення вантажів може складати 18-50 л/(100 км) [6].

Виробництво і транспортування біопалива вимагає значних паливно-енергетичних ресурсів і в т.ч. призводить до удорожчання продукції для кінцевого споживача. Виконаємо порівняльний аналіз 3-Е витрат за двома можливими схемами організації використання лушпиння соняшника: **варіант 1** – виробництво паливних гранул і їх транспортування; **варіант 2** – відсутність гранулювання з подальшим використанням лушпиння соняшника і його транспортування.

Обсяг споживання енергії, викидів парникових газів і фінансових витрат в залежності від обсягу виробництва і відстані транспортування можна описати у вигляді спрощених залежностей (1- 5) та загального і відносних показників ефективності організаційної схеми (6).

$$Q(M,R)=3,6 \cdot K^E \cdot M + V^{\Pi}(M,R) \cdot Q_{\text{нр}}^{\Pi} \quad (1)$$

$$V_{\text{CO}_2\text{e}}(M,R)=K_{\text{CO}_2\text{e}}^E \cdot (K^E \cdot M)/1000 + K_{\text{CO}_2\text{e}}^{\Pi} \cdot (V^{\Pi}(M,R) \cdot Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot 10^{-6}) \quad (2)$$

$$P(M,R)=C \cdot M + T \cdot L \quad (3)$$

для оцінки витрат на закупівлю паливно-енергетичних ресурсів формула (4) буде мати наступний вигляд:

$$P(M,R)=\text{Ц}^E \cdot (K^E \cdot M) + \text{Ц}^{\Pi} \cdot V^{\Pi}(M,R) \quad (4)$$

$$K_{3-E}(M,R)=Q(M,R) \cdot V_{\text{CO}_2\text{e}}(M,R) \cdot P(M,R) \quad (5)$$

$Q(M,R)$ – кількість спожитої енергії, МДж;

$V_{\text{CO}_2\text{e}}(M,R)$ – об'єм викидів парникових газів, т CO_2e ;

$P(M,R)$ – витрати грошових коштів на енергоресурси, грн;

C – вартість виробництва гранул з ПДВ, грн/т;

T – тариф на транспортні послуги;

$K_{3-E}(M,R)$ – загальний показник 3-Е ефективності схеми, МДж·грн·т CO_2e ;

K^E – питомі витрати електроенергії на виробництво гранул, кВт·год/т;

$K_{\text{CO}_2\text{e}}^E$ – коефіцієнт емісії енергоменрежі, кг CO_2e /кВт·год (по вугіллю 1,227 кг CO_2e /кВт·год);

$K_{\text{CO}_2\text{e}}^{\Pi}$ – коефіцієнт емісії на автотранспорті (дизель, Євро 5), т CO_2e /ТДж (дизель - 74,1 т CO_2e /ТДж);

M – маса, т;

$V_{\text{нр}}(M,R)$ – об'єм спожитого моторного палива на перевезення вантажу, л;

R – радіус доставки вантажу, км;

L – загальний пробіг автотранспорту;

$Q_{\text{нр}}^{\Pi}$ – нижча теплота згорання моторного палива, МДж/л (дизель - 36,3 МДж/л);

Ц^E – ціна електроенергії, грн/кВт·год з ПДВ;

Ц^{Π} – ціна моторного пального, грн/л з ПДВ.

На основі рівнянь (1-5) визначимо умови за яких витрати енергії за розглянутими організаційними схемами є рівнозначними, за умови, що маса перевезеного вантажу є однаковою для обох варіантів. Точкою рівнозначності буде критичний радіус доставки. В такому випадку баланс витраченої енергії буде мати наступний вигляд:

$$3,6 \cdot K^E \cdot M + Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot V_1^{\Pi}(M,R) = Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot V_2^{\Pi}(M,R) \quad (6)$$

$$3,6 \cdot K^E \cdot M = Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot (V_2^{\Pi}(M,R) - V_1^{\Pi}(M,R)) \quad (7)$$

Якщо прийняти

$$V_i^{\Pi}(M, R) = (\bar{V}_i \cdot L_i(M, R))/100; L_i(M, R) = 2R \cdot \frac{M}{m_i},$$

то формула (7) буде мати наступний вигляд:

$$3,6 \cdot K^E \cdot M = Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot 2R \cdot M \cdot \left(\frac{\bar{V}_2}{m_2} - \frac{\bar{V}_1}{m_1} \right) / 100 \quad (8)$$

$$R^Q = \frac{180 \cdot K^E \cdot m_1 \cdot m_2}{Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot (\bar{V}_2 \cdot m_1 - \bar{V}_1 \cdot m_2)} \quad (9)$$

де:

m_1, m_2 – одинична маса перевезеного вантажу відповідного варіанту, т;

$L_1(M, R), L_2(M, R)$, – загальний пробіг автотранспорту для відповідного варіанту, км;

\bar{V} – середня питома витрата пального для відповідного варіанту, л/(100 км).

Виконавши аналогічні спрощення визначимо критичні радіуси доставки за яких викиди парникових газів та фінансові витрати за розглянутими організаційними схемами є рівнозначними. В такому випадку баланси будуть мати наступний вигляд:

$$R^{ECO} = \frac{10^5 \cdot K^E \cdot K_{CO_2e}^E \cdot m_1 \cdot m_2}{2 \cdot K_{CO_2e}^{\Pi} \cdot Q_{\text{нр}}^{\Pi} \cdot (\bar{V}_2 \cdot m_1 - \bar{V}_1 \cdot m_2)} \quad (10)$$

$$R^P = \frac{C \cdot m_1 \cdot m_2}{2 \cdot (T_2 \cdot m_1 - T_1 \cdot m_2)} \quad (11)$$

Результати досліджень

В якості прикладу наведено порівняльний розрахунок для розглянутих варіантів схем організації використання біопалива. В розрахунках умовно приймається, що втрати сировини на гранулювання і при перевезенні відсутні, паливні характеристики лушпиння і гранул з

лушпиння ідентичні. Для розрахунку прийнято умовне плече доставки, що складає 300 км, хоча в умовах України перевезення паливних гранул виконується і на більшій відстані. Оцінку порівняльних витрат виконаємо для усього об'єму гранул виходячи з наявності відходів лушпиння на переробних підприємствах України – 1,37 млн. т (табл. 1, рис. 1).

Як видно з наведених розрахунків (табл. 1), для виробництва 1,37 млн. т гранул додатково потрібна електростанція потужністю 14 МВт, яка протягом цілого року буде працювати зі 100% навантаженням. Загальний пробіг автотранспорту в 2 рази більший за умови перевезення лушпиння в порівнянні з гранулами, проте витрата пального вища лише на 61% враховуючи насипну щільність лушпиння і низький рівень завантаженості автотранспорту. Одночасно сумарні викиди парникових газів за розглянутими сценаріями значно нижчі при перевезенні негранульованого палива (-68%), оскільки викиди парникових газів при використанні електроенергії на виробництво гранул в 2,5 рази вищі від викидів CO_{2e} при перевезенні гранул і в більш ніж в 2 рази вищі від викидів при перевезенні лушпиння. Загальні витрати енергії з виробництва і перевезення гранул є вищими на 14% в порівнянні з перевезенням лушпиння.

Загальний показник 3-Е ефективності розглянутих схем організації використання біопалива показує, що схема використання непідготовленого біопалива у вигляді лушпиння соняшника при транспортуванні на відстань 300 км є більш ефективною (на 72%) з енергетичної, екологічної і економічної точки зору. Найбільш критичним є радіус доставки палива за фінансовими витратами, що складає 288 км виходячи з прийнятих вихідних умов. Близькими є критичні радіуси доставки палива за витратами енергії та фінансовими витратами на закупівлю ПЕР, що складають 428 і 431 км, і залежать від прийнятих цін і тарифів. Доцільність виробництва і перевезення гранул з екологічної точки зору виникає лише при організації перевезень на відстань понад 1967 км.

Табл. 1. Результати моделювання організаційних схем використання біопалива

№ п/п	Найменування	Розмірність	Варіант 1	Варіант 2
1	Обсяг виробництва гранул/лушпиння	млн. т	1,37	
2	Нижча теплота згорання лушпиння	МДж/кг	16,5	
3	Обсяг енергії в паливі	ТДж	22600	
	Гранулювання			
4	Загальні питомі витрати на виробництво гранул (без сировини)	грн/т	450	-

Продовження табл. 1. Результати моделювання організаційних схем використання біопалива

5	Питоме споживання електроенергії на виробництво гранул	кВт•год/т	90	-
6	Коефіцієнт емісії мережі (вугілля)	кгCO _{2e} /кВт-год	1,227	-
7	Обсяг споживання електроенергії	млн. кВт-год	123,3	-
8		ТДж	443,9	-
9	Викиди парникових газів	тис т CO _{2e}	151,3	-
10	Витрати на електроенергію	млн. грн	321	-
11	Витрати на виробництво	млн. грн	616	-
	Перевезення			
12	Коефіцієнт емісії на автотранспорті (ДП, Євро 5)	тCO _{2e} /ТДж	74,1	
13	Калорійність дизельного пального	МДж/л	36,3	
14	Вартість комерційного перевезення (за вантаж)	грн/км	25	20
15	Насипна щільність	т/м ³	0,65	0,12
16	Маса вантажу (82 м3)	т	20	9,8
17	Умовне плече перевезення	км	300	
18	Загальна відстань перевезень	млн. км	41	83,5
19	Виконана робота з перевезення	млн. т•км	820	
20	Витрата пального автотранспортом	л/(100км)	34	27
21	Обсяг споживання пального	млн. л	13,9	22,5
22		ТДж	507	818,5
23	Викиди парникових газів	тис т CO _{2e}	37,5	60,6
24	Витрати на моторне паливо	млн. грн	363	586
25	Витрати на перевезення	млн. грн	1027	1 670
	Разом			
26	Витрати енергії	ТДж	951	818,5
27		МДж/т	1303	1121
28	Викиди парникових газів	тис т CO _{2e}	188,8	60,6
29		кг CO _{2e} /т	137,9	44,2
30	Витрат не енергетичні ресурси	млн. грн	684	586
31		грн/т	499	428
32	Загальних витрат	млн. грн	1643	1670
33		грн/т	1199	1219
34	Загальні показники 3-Е ефективності	ПДж• т CO _{2e} • млн. грн	295	83
35	Критичний радіус доставки за витратами енергії	км	428	
36	Критичний радіус доставки за викидами парникових газів	км	1967	
37	Критичний радіус доставки за фінансовими витратами	км	288	
38	Критичний радіус доставки за фінансовими витратами на ПЕР	км	431	

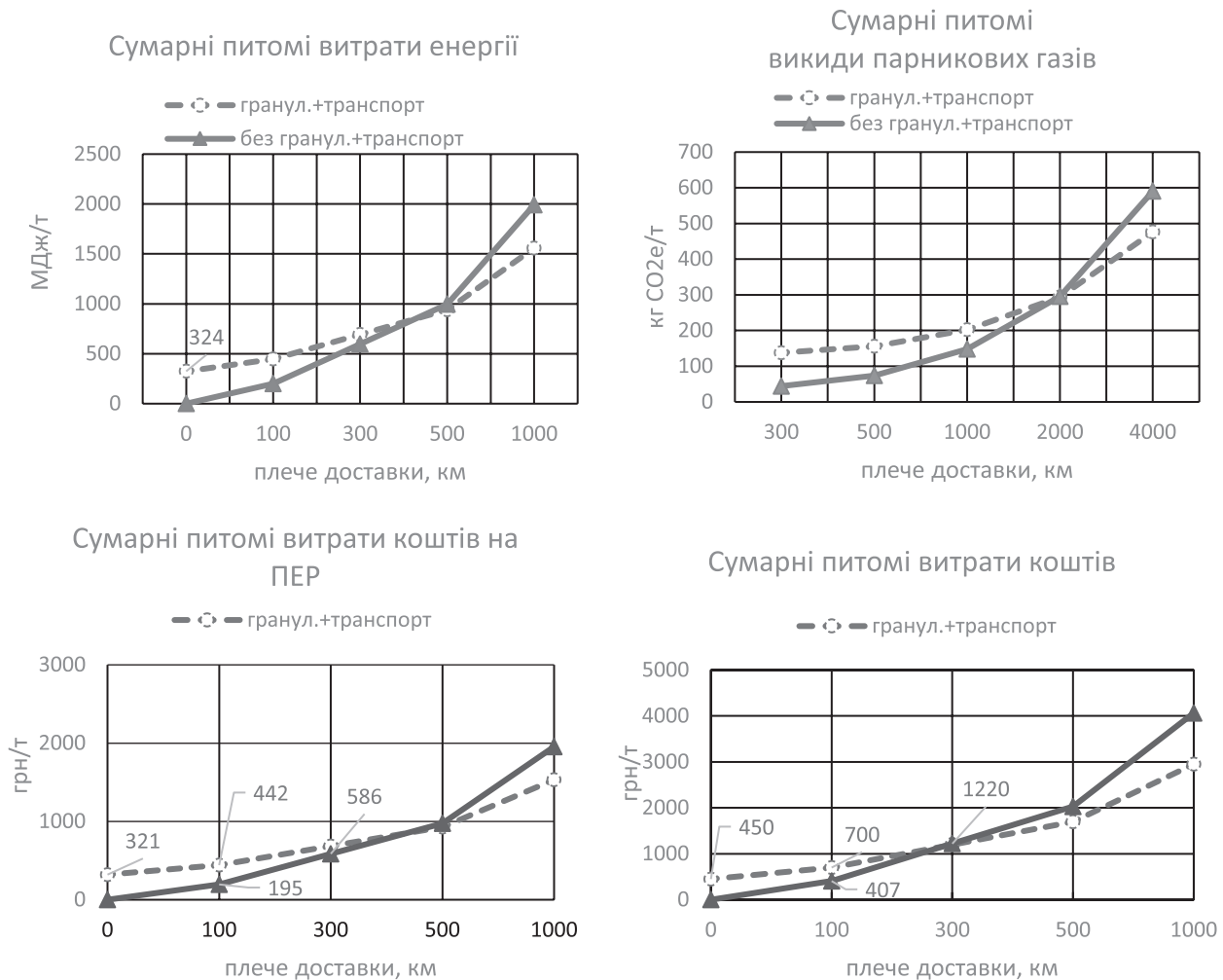


Рис. 1. Графіки залежності питомих витрат в залежності від відстані транспортування біопалива.

Висновки

Організаційна схема використання гранулювання лушпиння соняшника і його транспортування є більш енерговитратним рішенням при перевезенні біопалива до 400 км. В такому випадку основні енергетичні витрати будуть пов'язані саме з виробництвом гранул, а тому основним напрямком зниження енергетичних витрат має бути підвищення енергоефективності на виробництві – зменшення споживання електроенергії. В іншому випадку, при транспортуванні палива понад 400 км основну увагу варто приділяти зменшенню споживання моторного палива і оптимізації завантаження транспорту. Виробництво і транспортування гранул призводить до збільшених сумарних викидів парникових газів в порівнянні з транспортуванням лушпиння на відстань до 2000 км, а тому з екологічної точки зору виробництва гранул з лушпиння для внутрішньодержавних перевезень не є ефективним рішенням. Транспорту-

вання лушпиння є економічно більш ефективним в порівнянні з організаційною схемою виробництва і транспортування гранул на відстань до 300 км. Основним обмежуючим фактором в прийнятті рішення про вибір організаційної схеми використання є фінансово економічна ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баитовий А.І. Аналіз можливостей виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси сільськогосподарського походження в Україні. Частина 1. // Промислова теплотехніка. – 2018, т. 40, №4, с. 62-68. <https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.9>
2. Енергетичний баланс України за 2017 рік. Експрес-випуск Державної служби статистики України від 20.12.2018.
3. Державна служба статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

4. *Болдирєва Л.М.* Управління енергетичною ефективністю логістики соняшника в контексті розвитку олійнопродуктового підкомплексу // Вісник ОНУ імені І.І. Мечникова. – 2017, т. 22. №4 (57), с. 37-41.

5. *Кіндзера Д.П., Атаманюк В.М., Госовський Р.Р., Мотіль І.М.* Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 2013, вип. 23.17, с. 138-146. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltnu_2013_23.17_25

6. *НАКАЗ Міністерство транспорту України №43* від 10.02.1998 «Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті».

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98>

ENERGY, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ORGANIZATIONAL EFFECTIVENESS OF THE SOLID BIOFUEL USE

Oliynyk E.M., Zubenko V.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. M.Kapnist, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.6>

The article contains consolidated results of the simulation of the untreated fuel raw materials use scheme in comparison with the fuel pellets production. Specific indicators and the main factors of influence on energy, ecological and economic efficiency of biofuel use are determined. It was found that the organizational scheme of sunflower husk pelleting and pellets transportation on up to 400 km distance is a more energy-efficient solution. In this case, the main energy costs will be related specifically to the pellets production, and therefore the main direction of energy costs reduction should be the production energy efficiency increasing – electricity consumption lowering. Otherwise, in case of fuel transportation on more than 400 km distance, the main attention should be paid to the motor fuels consumption lowering and the transport load optimization. The pellets production and transportation leads to an increase in total greenhouse gas emissions compared with husk transportation on up to 2000 km distance. Therefore, husk pellets production for domestic transportation is not an effective solution from an environmental point of view. The husk transportation is economically more efficient compared to the organizational scheme of pellets production and transportation on up to 300 km distances. Financially economic efficiency is the main limiting factor at decision-making on the organizational scheme of sunflower husk use. References 6, table 1, fig. 1.

Key words: granulation, briquetting, biofuels, greenhouse gases, production, sustainable development..

1. Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahniev S.V., Bashtovyi A.I. Analiz mozhyvostei vyrobnytstva i spozhyvannia palyvnykh bryketiv z biomasy silskohospodarskoho pokhodzhennia v Ukraini. Chastyna 1. [Analysis of barriers to the production of energy from agribiomass in Ukraine. Part 1], *Promyslova teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 2018, V. 40, №4, P. 62–68. <https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.9> (in Ukr)

2. *Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2017 rik. Ekspres-vypusk Derzhavnoi sluzhby statystryky Ukrainy vid 20.12.2018* [Energy balance of Ukraine for 2017]. [Express-issue by State Statistics Service of Ukraine of 20.12.2018] (in Ukr.)

3. *Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy. Silske hospodarstvo. Roslynnnytstvo*. [State Statistics Service of Ukraine. Agriculture. Plant growing.] <http://www.ukrstat.gov.ua/> (in Ukr.)

4. Boldyrieva L. N. Upravlinnia enerhetychnoiu efektyvnistiu lohistyky soniashnyka v konteksti rozvytku oliinoproduktovoho pidkompleksu [Sunflower logistics energy efficiency management in the context of the development of oil-product subcomplex], [Bulletin of Odesa I. I. Mechnikov National University], 2017, V. 22. №4 (57), P. 37–41. (in Ukr.)

5. Kindzera D.P., Atamanyuk V.M., Gosovsky R.R., Motyl I.M. Doslidzhennia protsesu formuvannia palyvnykh bryketiv iz roslynnoi syrovyny ta vyznachennia yikh kharakterystyk [The study of the formation of fuel briquettes from plant materials and determination of their characteristics], [National bulletin of National Forestry University of Ukraine], 2013, V. 23.17, P. 138–146. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlts_2013_23.17_25 (in Ukr.)

6. *NAKAZ Ministerstvo transportu Ukrainy №43 vid 10.02.1998 «Pro zatverdzhennia Norm vytrat palyva i mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti»*. [ORDER of Transport Ministry of Ukraine] No. 43 of February 10, 1998 [On Approval of Norms for Fuel and Lubricants Expenditures on Road Transport]. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98> (in Ukr.)

Отримано 18.10.2019

Received 18.10.2019