

О.С. Полянський¹, О.В. Дьяконов², О.С. Скрипник³, В.І. Д'яконов⁴, І.М. Бузіна⁴

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

²Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна

³Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна

⁴Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, м. Харків, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРЕСУВАННЯ З ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЯКОСТІ

В роботі проведено оптимізацію пресування з енергетичного критерію при виробництві паливних брикетів підвищеної якості. Показано, що це складне завдання в більшості своїй багатокритеріальне, і звести їх до однокритеріального досить тяжко. Довелося вирішувати компромісну задачу враховуючи безліч обмежень і вимог. Побачили, що таке завдання зазвичай ускладнюється розмитим характером діючих факторів і класичні методи оптимізації найчастіше безсилі. Чим складніше система, тим менше ймовірність знайти для неї суворо оптимальне рішення. Був застосований метод прийняття рішень. Слід зазначити, що сучасна теорія прийняття рішень має великий інструментарій у вигляді розвиненого математичного апарату і сучасних обчислювальних алгоритмів. Евристичні прийоми, що включають досвід і інтуїцію, здібності людини до асоціації і багато іншого, що лежить за межами математики, грають в цій теорії велику, а іноді і вирішальну роль.

Показано модель технологічного процесу з ефективною послідовністю технологічних операцій і параметри оптимального компонентного складу. Відображено основні чинники, що роблять істотний вплив на створення структурної композиції твердого багатоконпонентного палива.

Доказано, що пресування є одним з енергоємних і дає можливість зберегти однорідність суміші при перевезеннях, обмежити вплив вологи із повітря на компоненти суміші

Ключові слова: відходи поліетилену, відходи деревини, паливні брикети, біопаливо, тверда багатоконпонентна композиція, пресування.

Постановка проблеми

На сьогодні частка біомаси в загальній поставці первинної енергії в Україні займає лише 1,2%. Використання біомаси для вироблення енергії вже зараз становить близько половини всіх відновлюваних джерел енергії у світі, у Європі сягає до 70%, Швеції – 64%, Данії та Австрії – 33%. Біомаса доступна для отримання енергії в Україні коливаються в межах 100 – 400 млн. т. у. п. рік – майже незадіяний ресурс, що вимагає інтенсифікації технологічних процесів виробництва паливних брикетів. Вирішення завдання отримання високоякісних паливних брикетів на основі місцевої сировини, а також дослідження фізико-механічних властивостей таких матеріалів має велике наукове і практичне значення [1,2, 8-10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Виходячи з теоретичних досліджень виробництва паливних брикетів встановлено що усі стадії виробництва є енергозатратними; особливо великими затратами характеризуються етапи підготовки сировини до брикетування, що впливає на енергоефективність виробництва загалом та собівартість продукції. Представлені технологічні процеси, підтверджуючи свою значимість, схильні до вивчення багатьма вченими [1-6].

Метою даної роботи є формування оптимізаційної задачі процесу пресування по завданням критеріям: мінімальна енергоємність і максимальній щільності гранул для забезпечення низької крихкості.

Виклад основного матеріалу

Розроблена і запатентована нами технологія і склад палива дозволяють брикетувати із

застосуванням різних сільськогосподарських, деревообробних відходів та зв'язуючого(1-5). Зв'язуюче повинно з'єднувати рослинні відходи, ізолювати від вологи навколишнього середовища і бажано мати високу теплотздатність.

Для підвищення продуктивності технологічного процесу термообробки діелектричних матеріалів використовують НВЧ пристрій в режимі біжучої хвилі. Діелектричний матеріал в таких НВЧ пристроях рухається в конвексному режимі в напрямку, перпендикулярному напрямку поширення хвилі, що біжить.

Використання таких НВЧ пристроїв- для сушіння дуже вологих рослинних відходів неприйнятно, тому що проникнення мікрохвиль в товщу матеріалу буде незначним. Для того, щоб зробити процес НВЧ-сушіння ефективним, і гнучким для всіх рослинних відходів необхідно, в першу чергу, усунути цей недолік.

Одним із способів це зробити є комбіноване використання шнекового пресування при тиску 50-60МПа і НВЧ-сушіння, тобто обезвоження матеріалу до необхідної вологості за допомогою стиснення і інтенсифікація процесу шляхом додаткового НВЧ енергопідводу, при досягненні матеріалом певної вологості. Саме такий процес розглядається в даній роботі (1-5)

При оптимізації процесу пресування паливної суміші з урахуванням якості отримуваної продукції можна виділити два критерії оптимальності:

А - питомі витрати енергії на пресування рослинних відходів, кДж / кг;

К - крихкість брикетів, яка визначається шляхом проведення спеціальних випробувань, % [1,6-10].

Останній показник характеризує властивість пресованої продукції руйнуватися в процесі транспортування і завантаження в котли.

Якщо отримана залежність питомих витрат енергії А від щільності ρ одержаних брикетів, то задачу оптимізації для конкретного обладнання та виду пресованих брикетів можна звести до однокритеріальної: Критерій А перевести в головний, а критерію К надати статус обмеження.

Математично задача оптимізації пресування паливної суміші для цього випадку записується у вигляді:

-функція мети

$$A = f(\rho) \rightarrow \min; \quad (1)$$

- обмеження

$$A = f(\rho) \rightarrow \min; \quad (2)$$

де, [К] - допустиме значення крихкості, %;

[P-], [p +] - мінімально і максимально допустимі значення щільності брикетів, кг/м³.

Математичних труднощів при вирішенні такого завдання оптимізації не виникає, але потрібна велика кількість трудомістких дослідів в умовах реального виробництва паливних брикетів (визначення функцій $A = f(\rho)$ і $K = f(\rho)$. При розрахунках необхідно розглянути питання повернення крихти на повторне пресування (рис.1)

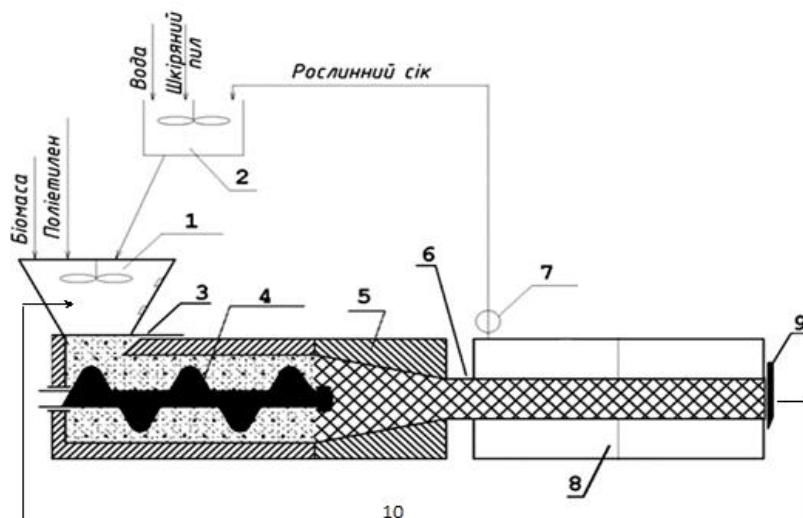


Рис. 1 Спрощена схема виробництва паливних брикетів

- 1 – змішувач брикетної суміші; 2 – змішувач тиксотропної добавки; 3 – засувка;
4 – шнековий транспортер; 5 – формуюча головка; 6 – тефлонова труба з отворами; 7 – насос; 8 – камера термообробки НВЧ типу; 9 – ніж та стіл для охолодження брикетів. 10-шлях повернення крихти до змішувача

Згідно рис. 1. здрібнені рослинні відходи подають у змішувач 1, туди ж подають і в'язуче (відходи подрібненого поліетилену) та тиксотропну добавку (розчин шкіряного пилу) із змішувача 2 при такому співвідношенні компонентів, мас. %: сировина рослинного походження – 80, в'язуче - 20 (подрібнений поліетилен – 18, шкіряний пил – 2). Основна концепція пропонованого використання відходів поліетилену полягає в додаванні до складу палива певної екологічної безпечної пропорції поліетилену при виробництві брикетів на основі деревно-рослинної сировини, внаслідок чого досягається збільшення прийнятних і необхідних енергетичних показників теплоти згорання. Компоненти змішують до рівномірного розподілу в'язучого та тиксотропної добавки по поверхні часток рослинних відходів рис 1.

Після чого вмикають шнековий транспортер 4 і відсувають засувку 3. Попередньо підготовлена суміш з витратного бункера-змішувача надходить в шнековий прес, де ущільнюється та зневоднюється. При переміщенні вологого матеріалу значно падає навантаження на шнек, твердіші частинки втискаються у більш пластичні, пресуються, зменшуються в об'ємі потім переміщуються через конічну формуючу насадку 5 шнекового преса з утворенням внутрішнього наскрізного поздовжнього отвору в брикеті або без нього. Суміш попадає в тефлонову трубу 6 з отворами, яка проходить через НВЧ-піч 8. Відмова від циклічної сушки в камерах і перехід на безперервний конвеєрний спосіб дозволяє істотно підвищити ефективність процесу сушіння [1-5]. Сигароподібний висушений брикет виходить з тефлонової труби 6 та розділяється на рівні частини механізмом 9, які потім охолоджують та упаковують. В процесі розділення появляються крихти, які направляються на переробку. Шлях повернення крихти до змішувача показано на рис 1.

Це істотно підвищує витрати на даний технологічний процес.

$$A = A_1 + A_1 k + A_1 k^2 + \dots = A_1 \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} k^n\right), \quad (3)$$

де, $A_1(\rho)$ - енерговитрати при одноразовому пропуску 1 кг матеріалу через прес;

$k(\rho)$ - коефіцієнт повернення крихти на повторне пресування.

Співмножник в дужках являє собою нескінченну геометричну прогресію. Оскільки

$$1 + \sum_{n=1}^{\infty} k^n = \frac{1}{1-k};$$

$$A(\rho) = \frac{A_1(\rho)}{1-k(\rho)}. \quad (4)$$

Таким чином, щоб знизити витрати енергії, потрібно зменшити повернення маси на повторне пресування, що можна досягти підвищенням щільності брикетів. Але це, в свою чергу, підвищує витрати $A_1(\rho)$, отже, і загальні витрати на пресування. Таким чином, у наявності оптимізаційна задача:

$$A_1(\rho) = \frac{A_1(\rho)}{1-k(\rho)} \rightarrow \min;$$

$$0 \leq k \leq [k];$$

$$[\rho_*] \leq \rho \leq [\rho_*]. \quad (5,6)$$

Досліджуємо функцію мети на оптимум спочатку без урахування конкретних залежностей $A_1(\rho)$ і $k(\rho)$, а також обмежень (5) і (6).

Видозмінимо спочатку аргумент нашої функції мети, а саме замість щільності ρ будемо розглядати відносне збільшення щільності,

$$z = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}, \quad (7)$$

де ρ_0 - початкова щільність матеріалу, що піддається пресуванню.

Це призводить до еквівалентної оптимізаційної задачі

$$A(z) = \frac{A_1(z)}{1-k(z)} \rightarrow \min, \quad (8)$$

але з більш коректним трактуванням аргументу.

Використовуємо класичний метод оптимізації, відповідно до якого відшукаємо похідну виразу (8)

$$\frac{dA}{dz} = \left[\frac{A_1(z)}{1-k(z)} \right]' = 0. \quad (9)$$

Обчислюємо дану похідну як відношення двох функцій $A_1(z)$ і 1

$$\frac{dA}{dz} = \frac{A_1'(1-k) - A_1(1-k)'}{(1-k)^2} = 0. \quad (10)$$

Оскільки в реальності $(1-k) \neq 0$, то залишається припустити, що

$$A_1'(1-k) - A_1(1-k)' = 0. \quad (11)$$

Конкретизуємо вид функцій $A_1(z)$ і $k(z)$. Графік функції $A_1(z)$ представляє монотонно зростаючу функцію, яка може бути апроксимирована ступеневою функцією

$$A_1 = az^\alpha, \quad (12)$$

де a і α - експериментально визначаються коефіцієнти.

Функція яка показує аналіз експериментальних даних і може бути представлена експоненціально залежністю

$$k(z) = e^{-\beta z}, \quad (13)$$

де β коефіцієнт, який визначається експериментально.

Похідні функцій (12) і (13) мають вид

$$A_1' = \alpha z^{\alpha-1}; \quad (e^{-\beta z})' = -\beta e^{-\beta z}. \quad (14)$$

Отже, рівняння (11) прийме форму

$$\alpha \alpha z^{\alpha-1} (1 - e^{-\beta z}) - \alpha z^{\alpha} \cdot \beta e^{-\beta z} = 0. \quad (15)$$

Спрощуючи даний вираз, отримаємо формулу

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{e^{\beta z} - 1}{z}. \quad (16)$$

З даного рівняння і має бути знайдено оптимальне значення z . Для вирішення трансцендентних рівнянь застосовують графічні або ітераційні методи. Розглянемо графічний метод, що володіє великою наочністю.

Умовно позначимо ліву частину виразу (15) як функцію $f_1(z)$, праву - $f_2(z)$. Перетин графіків цих функцій і дає шукане рішення (рис. 2).

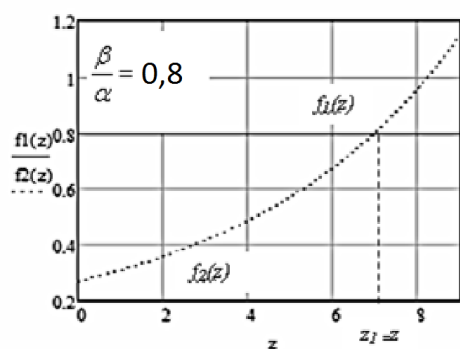


Рис.2. Графічне визначення приросту щільності паливного брикету.

Отриманий результат оптимізації нас задовольняє.

Більш точні результати можуть бути отримані чисельним методом оптимізації.

Висновки

Оптимізація процесу пресування повинна виконуватися по критеріям: мінімальна енергоємність і максимальна щільність гранул для забезпечення низької крихкості. При вирішенні даної оптимізаційної задачі використані технологічні особливості даного процесу. Рішення вдалося знайти, звівши двукритеріальну задачу до однокритеріальної по критерію енергетичних витрат.

Література

1. *Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його*

виготовлення [Текст] : монографія / Полянський О.С., Дьяконов О.В., Скрипник О.С., Фесенко Г.В., Дьяконов В.І., Харченко Ю.В., Торосов А.С., Волощенко В.В – Х.: Харківський нац. ун-т міського господарства імені О.М. Бекетова, 2017.- 136С.

2. Пат. 117937 Україна, МПК C10L 5/40. Гнучка технологічна лінія для виготовлення паливних брикетів [Текст] / Дьяконов О. В., Дьяконов В. І., Полянський О.С., Горобець В.М. Коваленко О. І.; Заявник і патентовласник Харківський нац. ун-т міського господарства імені О.М. Бекетова, — №201701568; заявл. 20.02.2017; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. с. 6.

3. Дьяконов, В.І. Утилізація рослинних і деревних відходів паркової зони міста [Текст] / В.І. Дьяконов, О.С. Скрипник, О.В. Дьяконов // Комунальное хозяйство міст: Наук.-техн. зб. - ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. Харків, – 2015. – Вип. 124. – С. 49-52.

4. Дьяконов, В.І. Особливості функціонування гнучких технологій переробки рослинних та деревинних відходів [Текст] / В.І. Дьяконов, О.С. Скрипник, О.В. Дьяконов // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Днепропетровск : ПГАСА, 2015. – Вип. 83. – С.113-117.

5. Дьяконов, В.І. Вплив вологості деревних відходів на фізико-механічні властивості біокомпозитів [Текст] / В.І. Дьяконов, О.С. Скрипник, О.В. Дьяконов, О.Ю. Нікітченко // Комунальное хозяйство міст: Наук.-техн. зб. / ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. Харків, – 2016. – Вип. 128. – С. 53-57

6. Садов, В.В. Экспертная оценка комбикормовых агрегатов на основе нечетких множеств [Текст] / В.В. Садов. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. №9(155). – С.179-185.

7. Садов, В.В. Энергосберегающие технологии при производстве комбикормов [Текст] / В.В. Садов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей IV Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – Кн. 1. С. 291-294.

8. Садов, В.В. Обоснование структуры и состава технологических линий для производства комбикормов в сельскохозяйственных предприятиях [Текст] : Автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.20.01 / Садов Виктор Викторович; [Место защиты: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова]. - Барнаул, 2018. - 39 с.

9. Семенов, С.С. Методы принятия решений в задачах оценки качества технического уровня сложных технических систем [Текст] / С.С. Семенов и др. – М.: ООО «ЛЕНАНД», 2015. – 520 с.

10. Семенов, С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: практика применения метода экспертных оценок [Текст] / С.С. Семенов. – М.: Ленанд, 2015. – 52 с.

References

1. Polianskyi, O.S., & Diakonov, O.V., & Skrypnyk, O.S. (2017) Areas for the development of alternative energy sources: emphasis on solid biofuels and flexible technologies for its production. Kharkiv, O.M. Beketov NUUE.

2. Diakonov, O., Diakonov, V., & Polianskyi, O. (2017). Ukraine Patent No. 117937. Kiev, SE: Ukraine Ukrainian Institute of Intellectual Property. Fuel briquettes

3. Diakonov, V. & Diakonov, O. & Skrypnyk, O., (2015). Disposal plant and wood residues parkland city. *Scientific and technical collection is the Communal economy of cities* (124), 49-52.
4. Diakonov, V. & Skrypnyk, O. & Diakonov, O. (2015) Features functioning flexible technology of processing plant and wood waste. *Construction, Materials Science, Mechanical Engineering*, 85, 113-117.
5. Diakonov, V. & Diakonov, O. & Skrypnyk, O. & Nikitchenko, O. (2016). Influence of humidity of wood wastes on the physical and mechanical properties of the biocomposition. *Scientific and technical collection is the Communal economy of cities* (128), 53-57
6. Sadov, V. (2017) Expert Evaluation of Feed Mills Based on Fuzzy Sets. *Bulletin of Altai State Agrarian University*, 9, 155, 179–185.
7. Sadov, V. (2009). Energy-saving technologies in the production of animal feed. *Agrarian Science - to Agriculture: Collection of Articles of the IV Intern. Scientific-Practical Conf*, 291–294.
8. Justification of the structure and composition of production lines for the production of animal feed in agricultural enterprises (p. 39). (2018). [PhD Tesis].
9. Semenov, S. (2015). Decision-making methods for assessing the quality and technical level of complex technical systems (p. 520). LLC LENAND.
10. Semenov, S. (2015). Assessment of the quality and technical level of complex systems: the practice of applying the expert assessment method (p. 52). LLC LENAND.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: ПОЛЯНСЬКИЙ Олександр Сергійович
доктор технічних наук, професор, професор
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – khadi.pas@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0407-6435>

Автор: ДЬЯКОНОВ Олексій Васильович
асистент
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,
E-mail – hfinpomt@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6880-6671>

Автор: СКРИПНИК Олена Сергіївна
кандидат технічних наук, старший викладач.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – elenases2015@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5926-755X>

Автор: Д'ЯКОНОВ Василь Іванович
кандидат технічних наук, доцент, доцент
Харківський національний аграрний університет ім. В.В.Докучаєва
E-mail – v.i.diakonov@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5149-685X>

Автор: БУЗІНА Ірина Миколаївна
кандидат с.-г. наук, доцент
Харківський національний аграрний університет ім. В.В.Докучаєва
E-mail – nezabudka120187@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0885-0558>

PRESS OPTIMIZATION BY ENERGY CRITERION OF PRODUCTION OF FUEL QUALITY BRIQUETTES

O. Polyansky¹, O. Dyakonov², O. Skrypnyk³, V. Dyakonov⁴, I. Buzina⁴

1 Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine

2 Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkov, Ukraine

3 O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, Ukraine

4 Kharkiv National Agrarian university named after V.V. Dokuchaiev, Kharkov, Ukraine

The work optimized pressing according to the energy criterion in the production of fuel briquettes of high quality. It is shown that this is a complex task for the most part multi-criteria, which is difficult to reduce to single-criteria. A compromise problem has been solved taking into account many restrictions and requirements. The optimization of the pressing process should be carried out according to the criteria: minimum energy intensity and maximum density of granules to ensure low brittleness. In solving this optimization problem, the technological features of this process were used. A solution was found by reducing the two-criteria problem to a single-criterion according to the criterion of energy costs. It was found that such a task is usually complicated by the fuzzy nature of the acting factors, and classical optimization methods are often powerless. The more complex the system, the less likely it is to find a strictly optimal solution for it. The decision-making method was applied. It should be noted that the modern theory of decision making has a large toolkit in the form of a developed mathematical apparatus and modern computational algorithms. Heuristic techniques, including experience and intuition, human abilities for associations and much more that lie beyond mathematics, play a large, and sometimes decisive, role in this theory.

A model of the technological process with an effective sequence of technological operations and the parameters of the optimal component composition are shown. The main factors that have a significant impact on the creation of the structural composition of solid multicomponent fuel are reflected.

It is proved that pressing is one of the energy-intensive and makes it possible to preserve the homogeneity of the mixture during transportation, to limit the effect of moisture from the air on the components of the mixture.

Keywords: polyethylene waste, wood waste, fuel briquettes, biofuel, solid multicomponent composition, pressing.