

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

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЯКОСТІ

В роботі проведена оцінка економічної ефективності виготовлення паливних брикетів підвищеної якості. Відзначено основні проблеми застосування відходів в якості палива, викладено основні результати досліджень і спосіб ефективного застосування відходів поліетилену в якості енергонасиченого компонента і сполучної речовини при виробництві твердого палива. Представлено технологічну схему дослідної-промислової установки та обладнання, необхідні для реалізації способу отримання брикетів. Наведено 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 багатокомпонентного палива. Показано дефекти нового паливного брикета. Дана перспективна оцінка, відзначені актуальність і практична значущість вирішення проблеми щодо ефективного використання відходів поліетилену у виробництві твердого багатокомпонентного палива. Представлена функціональна схема пристрою технологічно та економічно оптимального НВЧ сушіння брикетної суміші при виготовленні паливних брикетів. Така схема дозволяє повністю автоматизувати процес сушіння брикетної суміші, отримувати брикети вищої якості і мати сумарні затрати і на виробництво паливних брикетів і на сушіння брикетної суміші.

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

Постановка проблеми

В Україні перехід регіональної енергетики на місцеві відновлювані енергоресурси на основі відходів біомаси можна розглядати як створення відсутньої ланки в системі енергопостачання. Тим більше що рослинні відходи в сільському і лісовому господарстві України представляють потужну сировинну базу, яка може служити реальною підставою для планування і розвитку самостійної мережі альтернативної енергетики. Щорічна здатність такої сировинної бази до відновлення визначає стійкість енергетичної системи і є її незаперечною перевагою [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В оцінці доцільності виробництва паливних брикетів із рослинних відходів (РВ) є постановка головної задачі – отримання «прибуткової» енергії, вихід якої перевищує витрати технічної енергії на виробництво енергоносія. Енергетична ефективність

біопалива полягає в тому, що енергія, яка міститься в біопаливі, повинна бути більшою ніж енергія, витрачена на вирощування біомаси і переробку її в біопаливо. Відношення цих енергій можна назвати «енергетичною рентабельністю», або EROEI (Energy return on energy invested). Вперше критерій EROEI був запропонований в кінці 70-х років попереднього століття [1] і він стосується всіх видів енергії

$$EROEI = \frac{\text{вироблена енергія}}{\text{витрачена енергія}}$$

Якщо EROEI < 1, це свідчить, що виробництво енергії є енергетично збитковим, а тому неприйнятним. Якщо EROEI = 1, це свідчить, що виробництво енергії відбулося з нульовим результатом і є по суті безглуздим. Якщо EROEI > 1 – це свідчить, що виробництво приносить додаткову «прибуткову» енергію. Таким чином ми маємо задачу: знайти умови проведення технологічного

режиму, які дозволяють отримувати продукт із мінімальною собівартістю і заданою якістю. Подальше підвищення ефективності виробництва буде можливо лише при впровадженні нових технологічних процесів і комбінуванні відомих, тому що комбінований (гнучкий) процес часто має нову якість.

Метою даної роботи є проаналізувати технологію виготовлення паливних брикетів щоб визначити економічні показники: зниження вартості електроенергії на подрібнення відходів; підвищення вартості електроенергії на змішування часток відходів; зниження вартості електроенергії на пресування.

Виклад основного матеріалу

Основою будь-якої прикладної наукової роботи є впровадження її результатів у виробництво. Організація, яка в своїй діяльності застосувала ці

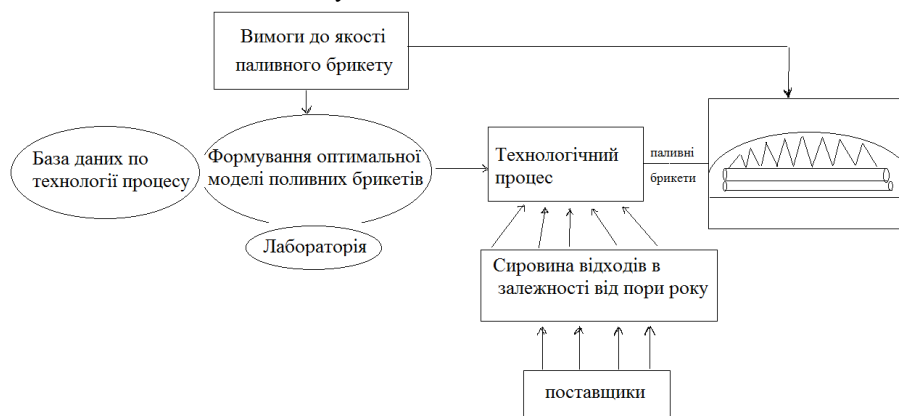


Рис. 1. Технологічний ланцюг: виробник-споживач

Економічний ефект від використання результатів дослідження виготовлення паливних брикетів може бути досягнутий при використанні розробленої гнучкої технології та обґрунтованої технологічної лінії виготовлення якісних паливних брикетів на сільськогосподарських підприємствах. Головним чином ефект можна отримати за рахунок збільшення прибутку від підвищення якості продукції, скорочення витрат праці і зниження собівартості виробництва продукції [1].

Для реалізації ряду техніко-економічних параметрів виробництва паливних брикетів, на нашу думку, необхідно змінити базові фізичні процеси. Мова йде про впровадження конверсійних НВЧ технологій в невійськові галузі промисловості, які в нашій країні здійснюються повільно, по суті, цей потенціал залишається незатребуваним. Управління потужністю НВЧ випромінювання заховане у аномально високому поглинанні НВЧ – енергії водою. НВЧ-випромінювання буде одночасно

результати, отримає економічний, соціальний або інший ефект. Брикетне виробництво в порівнянні з іншими галузями переробної та харчової промисловості має ряд істотних відмінностей. Тому технологічний процес приготування паливних брикетів повинен відповідати певним правилам [1].

Ці відмінності зводяться, по-перше, до різноманіття показників, які регламентують якість готової продукції.

Друга відмінність полягає в різноманітті компонентного складу брикетів. Третя відмінна риса технології брикетного виробництва - наявність спеціальної процедури оптимізації рецептур брикетів [6-9], мета якої - створення з наявних ресурсів сировини такої моделі палива, в якій міститься найбільша теплотворна здатність і при цьому забезпечується мінімальна вартість [1] (рис. 1).

однаково впливати і на гідроксили макромолекул целюлози і на молекули води. При цьому поглинання енергії випромінювання поділяється на обидва компоненти, що призводить до збільшення власної теплової енергії в залежності від ступеня їх рухливості [1-5]. Тому НВЧ-випромінювання буде впливати на фізично пов'язані молекули води, що знаходяться в квазівільному стані, також, як на вільні. Нами прийнято допущення, що молекули води утворюють водно-водневого зв'язку з усіма компонентами деревини так само, як з целюлозою.

Відповідно максимальний кількісний вміст фізично зв'язаної вологи в деревині визначається хімічним складом деревини при утворенні граничного числа водно-водневих зв'язків компонентів деревини з молекулами води.

Розроблений нами прес-автомат виробництва паливних брикетів на основі НВЧ [1-5], працює таким чином (рис.2).

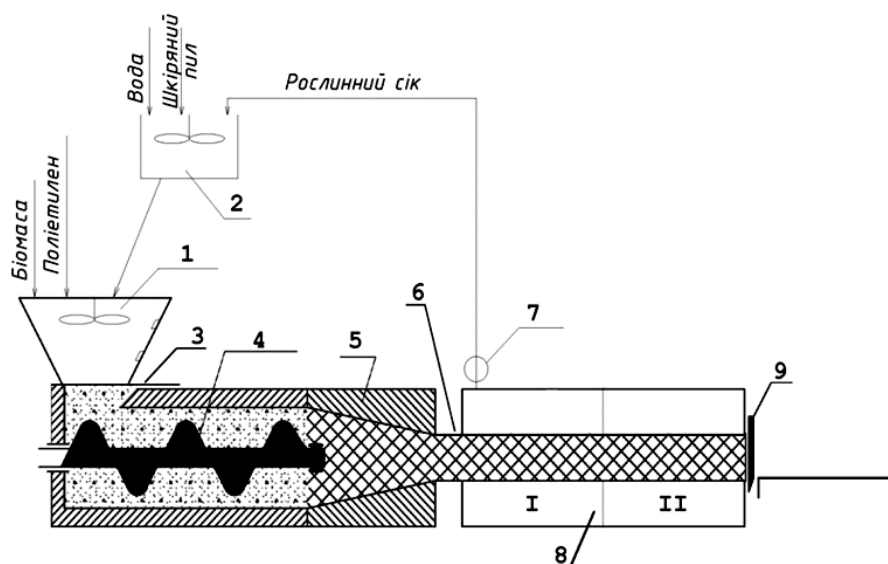


Рис. 2. Прес-автомат гнучкої технології виробництва паливних брикетів

I – перша секція мікрохвильового пристрою на основі системи хвилевідного типу має довжину l_1 , II – друга секція мікрохвильового пристрою (адаптер) на основі уповільнюючої системи довжиною l_2 .

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.

Відходи рослинного походження (гілки, опале листя, деревна стружка, деревна тирса, солома, обрізки деревини і кори дерев, лузга, отримана при обрушенні насіння соняшника, качани і стовбури кукурудзи, очерет тощо або їх суміш) попередньо здрібнюють до фракції 10-12 мм.

Розроблена і запатентована технологія і складу палива дозволяють брикетувати із застосуванням різних сільськогосподарських, деревообробних відходів та зв'язуючого [1, 4].

Зв'язуюче повинно з'єднувати рослинні відходи, ізолювати від вологи навколишнього середовища і бажано мати високу теплотздатність.

Згідно рис. 2. здрібнені рослинні відходи подають у змішувач 1, туди ж подають і в'язуюче (відходи подрібненого поліетилену) та тиксотропну добавку (розчин шкіряного пилу) із змішувача 2 при такому співвідношенні компонентів, мас. %: сировина рослинного походження – 80, в'язуюче – 20 (подрібнений поліетилен – 18, шкіряний пил – 2). Компоненти змішують до рівномірного розподілу в'язуючого та тиксотропної добавки по поверхні часток рослинних відходів рис 2.

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 при тиску 20МПа 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].

НВЧ-піч 8 обладнана послідовно включеною секцією I хвилевідного типу яка проводить сушіння сформованих брикетів вологістю до 12%. При використанні більш вологої біомаси в лінію додатково введений адаптер температури II виконаний у вигляді уповільнюючої системи, який автоматично підключається до секції хвилевідного типу при вологості більше 12%. Таким чином термоізолювана НВЧ-піч 8 забезпечує рівномірну сушку паливних брикетів по їх товщині при використанні біомаси великої вологості. Через тефлонову трубу 6 електромагнітне поле надвисокої частоти проникає в глибокі шари брикетної маси, і волога, яка міститься в достатній кількості всередині брикету і має високу реактивну складову діелектричної константи, поглинає електромагнітну енергію і перетворює її в теплову. Рослинні відходи тріскаються та розпушуються і тому площа взаємодії біомаси та поліетилену збільшується

Волога (рослинний сік) яка випарюється через повздовжні розрізи тefлонової труби 6, видаляється з робочої камери 8 за допомогою насоса 7, який створює також вакуум в камері 8. Різноманіття фізико-хімічних і структурно-реологічних процесів, що протікають в період формування структурного каркаса брикету, зумовлена великою кількістю чинників, що діють на процес. Вплив кожного з них впливає на інтенсивність адгезійних взаємодій як під час підготовки брикетної суміші, так і при її пресуванні. Серед основних факторів, які справляють істотну структуроутворюючу дію, перш за все слід враховувати гранулометричний склад, активність поверхні, вологість пресованих компонентів. Гранулометричний склад визначається сумарною поверхнею зіткнення пресованих частинок, числом і величиною пустот в структурному каркасі палива, змістом гострокутних частинок, рельєфом їх поверхні і наявністю пилових частинок.

В змішувач тиксотропної добавки 2 подається рідина (вода та рослинний сік) та шкіряний пил та шляхом змішування йде на підготовку розчину для змішувача 1.

Сигароподібний висушений брикет виходить з тefлонової труби 6 та розділяється на рівні частини механізмом 9, які потім охолоджують та упаковують.

На рис. 3 представлена функціональна схема пристрою технологічно та економічно оптимального НВЧ сушіння брикетної суміші при виготовленні паливних брикетів, як доповнення до (рис.2). Така схема дозволяє повністю автоматизувати процес сушіння брикетної суміші, отримувати брикети вищої якості і мати сумарні затрати і на виробництво паливних брикетів і на сушіння брикетної суміші.

В процесі виробництва паливних брикетів при НВЧ випромінюванні проходить очищення сировини від мікрофлори. Нами доведено, що мікрофлора в РВ гине в результаті денатурації білка уже при питомій потужності 0,09...0,3 кВт/кг та при темпі нагрівання 0,5...0,8 °С/с, а при збільшенні темпу нагрівання до 1,2...1,6 °С/с – за рахунок діелектричного руйнування клітин живої тканини. Одним з обов'язкових питань при розробці мікрохвильової техніки пов'язаний з визначенням витоків електромагнітної енергії. [2-5].

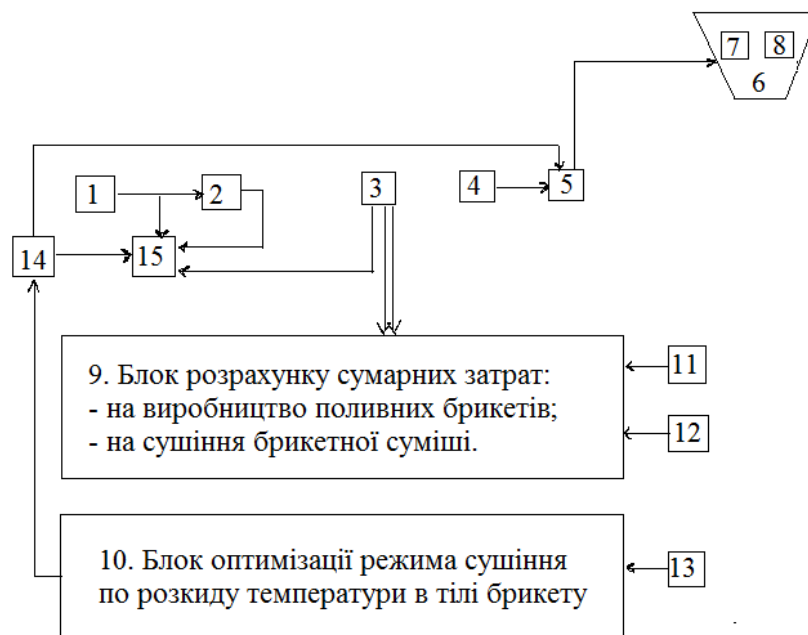


Рис. 3. Функціональна схема пристрою технологічно та економічно оптимального НВЧ сушіння брикетної суміші при виготовленні паливних брикетів.

1-датчик швидкості брикетної суміші; 2- вимірювач брикетної суміші (вага), яка сушиться; 3-блок за датчиків значень штучних сигналів випромінювання в діапазоні зміни дози випромінювання від 0 до максимуму значення: сигналів часу, відстані від осі симетрії, питомих регіональних цін на продукцію, констант і коефіцієнтів математичних моделей управління режимами потужності; 4-вимірювач потужності опромінення; 5-регулятор потужності опромінення; 6- опромінювач брикетної суміші; 7-НВЧ магнітрон; 8- НВЧ хвилевід в камері сушіння; 9-блок розрахунку двох цільових функцій; 10-блок оптимізації режиму сушіння по дозі випромінювання; 11-датчик температури брикетної суміші, яка поступає на сушіння; 12- датчик відносної вологості брикетної суміші, яка поступає на сушіння; 13-орган вибору критерія оптимізації режиму сушіння; 14- елемент перемноження; 15-блок управління тимчасовою затримкою.

У нашому випадку доцільно застосовувати порівняльну економічну оцінку пропонованих розробок з існуючими (базовими) варіантами, в якості яких виступають серійні машини подібного призначення. Показниками порівняльної економічної ефективності є річний економічний ефект і економічний ефект від використання нової техніки за весь термін її експлуатації. Оцінку ефективності застосування НВЧ технологій виробляють за такими основними критеріями [2-5]: порівняння з енергетичною ефективністю інших технологій; скорочення енергетичних витрат в НВЧ технологіях; оцінка капітальних витрат на обладнання для реалізації НВЧ процесів; оцінка ефективності використання виробничих площ.

Економічний критерій управління є загально визнаним. За своєю суттю він є всеосяжним показником ефективності виробництва продукції. При цьому його правильне застосування вимагає досить точного обліку хоча б основних загально відомих його складових, які найбільш сильно впливають на результативність конкретного технологічного процесу. Однак в практиці управління процесом НВЧ сушки до сих пір необґрунтовано не застосовується [10].

Висновки

1. В результаті вдосконалення технології виготовлення паливних брикетів ми маємо наступні економічні показники

- зниження вартості електроенергії на подрібнення відходів на 6-8%, так як для НВЧ формування паливних брикетів використовується тріска на рівні 10мм;

- підвищення вартості електроенергії на змішування часток відходів на 1,1-1,5% (раніше ця операція не використовувалася);

- зниження вартості електроенергії на пресування на 10-12%;

- зниження вартості електроенергії на сушіння на 28-35%;

- зниження вартості електроенергії на герметичне пакування на 0,6%;

2. Техніко-економічні розрахунки показують, що розроблена технологія дозволяє:

- зменшити час технічних циклів в 6 разів;
- зменшити технологічні площі в 2 рази.

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. 117937Україна, МПК С10L 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 // Комунальне господарство 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.В. Дьяконов, О.С. Скрипник, О.Ю. Нікітченко // Комунальне господарство 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. Семенов, С.С. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем [Текст] / С.С. Семенов и др. – М.: ООО «ЛЕНАНД», 2015. – 520 с.

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

10. Дубровин, А. В. Технологически или экономически оптимальная сверхвысокочастотная сушка сыпучих кормов [Текст] / А.В. Дубровин // Энергетика і автоматика, №4, 2015р. С 23-31.

References

1. Polianskyi, O.S., & Diakonov, O.V., & Skrypnyk, O.S. (2017) Napriamy rozvytku alternatyvnykh dzherel enerhii: aktsent na tverdomu biopalyvi ta hnuchkykh tekhnolohiiakh yoho vyhotovlennia. Kharkiv, Kharkivskiy nats. un-t miskoho hospodarstva imeni O.M. Beketova.

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 «Municipal 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 «Municipal 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. Semenov, S. (2015). Decision-making methods for assessing the quality and technical level of complex technical systems, 520. LLC LENAND.
9. Semenov, S. (2015). Assessment of the quality and technical level of complex systems: the practice of applying the expert assessment method, 52. LLC LENAND.
10. Dubrovin, A. (2015). Technologically or economically optimal microwave drying of bulk feed. *Energy and automation*, 4, 23-31.

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>

EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MANUFACTURING FUEL BRIQUETTES OF HIGH QUALITY

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

1 Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

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

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

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

The paper evaluates the economic efficiency of the production of fuel briquettes of high quality. The main problems of the use of waste as fuel are noted. The main research results and a method for the efficient use of polyethylene waste as an energy-saturated component and a binder in the production of solid fuels are described. The technological scheme of a pilot plant and equipment necessary for the implementation of a method for producing briquettes are presented.

As a result of improving the technology of manufacturing fuel briquettes, economic indicators were obtained for reducing the cost of electricity for grinding waste, increasing the cost of electric energy for mixing waste particles, reducing the cost of electricity, reducing the cost of electricity for drying, reducing the cost of electricity for sealed packaging. Technical and economic calculations show that the developed technology allows to reduce the time of technical cycles and reduce the technological area.

A model of a technological process with an effective sequence of technological operations and the parameters of the optimal component composition are presented. The main factors that have a significant impact on the creation of the structural composition of solid multicomponent fuel are reflected. Defects of a new fuel briquette are shown. This perspective assessment, the relevance and practical importance of solving the problem of the efficient use of polyethylene waste in the production of solid multicomponent fuel is noted. A functional diagram of a device for technologically and economically optimal microwave drying of a briquette mixture in the manufacture of fuel briquettes is presented. This scheme allows you to fully automate the drying process of the briquette mixture, to obtain high quality briquettes and have total costs for the production of fuel briquettes and for drying the briquette mixture.

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