

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ІЗ КОРИ ДУБА

Дьяконов О.В., асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Обґрунтовано і реалізовано на практиці можливість і доцільність введення подрібнених поліетиленових відходів до паливних брикетів з кори дуба з метою покращення їх фізико-механічних властивостей. Встановлено вплив розмірів частинок кори дуба на теплотворну здатність брикетів.*

*Ключові слова: утилізація, полімери, переробка, екологія, відходи, брикети, теплотворна здатність, кора дуба.*

**Вступ.** Рішення задачі комплексного використання лісових ресурсів передбачає широке залучення в переробку численних видів відходів лісозаготівельного виробництва, в тому числі деревної кори. При сучасному стані обкорування деревини в лісовій та переробній промисловості нашої країни ресурси кори, придатної для використання, становлять понад 1 млн. м<sup>3</sup> [12]. Однак частка її використання на даний момент для виготовлення брикетів складає 10 тис. м<sup>3</sup> [9-10].

**Виділення невирішеної раніше частини проблеми.** Мала теплотворна здатність, значний вміст пилу і дрібних частинок у брикетах із кори дуба це ознака поганої якості, малої механічної міцності і швидкого стирання. Цей показник важливий під час транспортування, зберігання і подачі брикетів в котел для спалювання, оскільки може бути причиною втрат під час завантажувально-розвантажувальних робіт, зменшення їх маси. Крім того, під час спалювання в малих котлах дрібна фракція засмічує подавальні шнеки, перешкоджає подачі кисню і таким чином може призвести до зниження ККД котла під час спалювання і навіть пошкодження цінного обладнання.

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Дослідження та аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду формування паливних брикетів показав [2-7], що для ефективного спалювання кори дуба потрібно мати паливні вироби майже однакові за розмірами і формою. Авторами [1-9] встановлено що оптимальна вологість біосировини перед пресуванням у брикети має бути 8...12 %, фракційний склад – 1..3 мм. Щоб забезпечити відповідну міцність брикетів процес пресування ведуть за тиском 100–200 МПа. Пресування подрібнених відходів деревини - кори в брикети можливе завдяки розм'якшенню під впливом підвищених температур аморфної складової основної деревної речовини – лігніну [2-7]. При пресуванні кори розм'якшений лігнін не здатний утримувати деревні частинки разом, тобто отримані брикети незадовільно ведуть себе при експлуатації і руйнуються. Оплавлення поверхні брикетів надає їм додаткової поверхневої міцності, однак не створюють міцну матрицю всередині матеріалу.

Це доводить, що відсутня дієва методика виготовлення брикетів з кори дуба задовільної міцності.

Для надання міцності брикетів використовують сторонні зв'язуючі, які знижують тиск пресування до 10-50 МПа, що значно знижує енергоресурси на виготовлення брикета. Проте відсутній спосіб створення брикетів з кори дуба задовільної міцності із енергетичними зв'язуючими.

В роботах [2-8] розглядається технологія виробництва брикетів без урахування використання обладнання і повноти згорання зв'язуючих добавок, які спроможні підвищувати теплотворну здатність.

Існує два способи визначення теплотворної властивості палива:

- теоретичний (орієнтовний) із застосуванням формул згорання палив.
- більш точний і надійніший – із застосуванням згорання палива в калориметричній бомбі [10-14].

**Мета дослідження.** Підвищення теплотворної здатності паливних брикетів з кори дуба за рахунок обґрунтування раціональних розмірів подрібнення і визначення складу зв'язуючих добавок.

Для вирішення поставленої мети потрібно вирішити наступні прикладні наукові задачі:

- встановити взаємозв'язок компонентів зв'язуючої суміші.
- встановити вплив розмірів частинок кори дуба в паливному брикеті на його теплотворну здатність.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження базується на матеріалах наукових праць вітчизняних і зарубіжних авторів, світовому досвіду практиці виготовлення твердого біопалива у різних країнах світу. Методи досліджень, що використані при написанні статті, ґрунтуються на діалектиці та комплексному підході до вивчення економіко-екологічних проблем.

Методика формування складу паливного брикету та обґрунтування розміру подрібнення кори дуба.

Наша головна задача встановити взаємозв'язок компонентів зв'язуючої суміші на фізико-механічні властивості паливного брикету.

Вибір виду полімерного зв'язуючого прямо пов'язаний з режимами його плавлення. Найпридатнішою сполукою виявився поліетилен, температура плавлення якого 130 °С .

Експерименти продовжувались із поступовим збільшенням кількості наповнювача із сталим об'ємом зв'язуючого, а також, із збільшенням зв'язуючого та сталим об'ємом наповнювача. Критерій, який характеризує оптимальні співвідношення наповнювача та зв'язуючого є теплотворна здатність брикету та руйнівна напруга.

Зразки завантажували у металевий корпус (рис. 1а), а потім поміщали у електрообігрівач. Один з вкладишів матриці мав отвір для термопари, поміщеної у центр завантаження. Термопара виготовлялася з хромель-капеля і працювала у парі з мілівольтметром типу М-198 і коробкою холодних спаїв. Точність заміру температури 1-2°С. Після підігріву, котрий здійснюється зі швидкістю 6 градусів за хвилину до заданої температури 150°С корпус поміщали під масляний прес, де і проводилось пресування. Підчас формування відбувалось стискання частинок

кори розміром (3×3мм) з вологістю 12% [2, 4, 5, 7], які наближались на мінімальну відстань одна відносно одної. А зв'язуюча речовина обволочувала їх та склеювала ці частинки. Після досягнення тиску 50 МПа давалася витримка 0,3хв. Потім сталевий корпус поміщали в охолоджувач (рис. 1б).

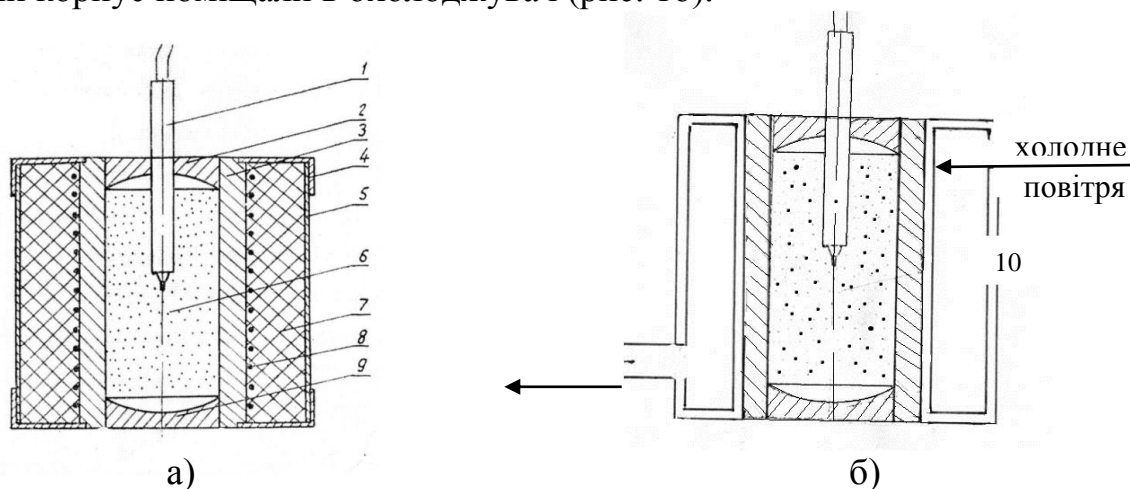


Рис. 1 – Схема експериментальної установки

а) – підігрів: 1 – термопара; 2, 9 – вкладиш; 3 – корпус; 4 – кришка; 5 – кожух; 6 – суміш брикету; 7 – азбест; 8 – електрична спіраль; б) – охолодження: 10 – корпус охолоджувача.

Дослідження показали що найоптимальніша теплоутворювальна здатність брикету можлива при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

- матеріал рослинного походження – 63;
- зв'язуюче – 37.

Важливим недоліком виготовленого брикетованого палива є високий вміст поліетилену, підвищене виділення шкідливих продуктів неповного спалювання, що створює зольний залишок в процесі спалювання. Окрім цього, при спалюванні твердопаливного брикету спостерігається часткове витікання поліетилену, що призводить до зниження теплоутворювальної здатності, тому що із зони горіння видаляється найбільш висококалорійна частина палива, що підвергнута термоокислювальній деструкції.

Обґрунтовано і запропоновано новий метод виготовлення паливних брикетів з кори дуба, який відрізняється від існуючих таким чином. В матеріал рослинного походження додається зв'язуюче – поліетилен (відходи з виробництва поліетиленових пакетів) та тиксотропну добавку (відходи виробництва шкіряної сировини – шкіряний пил) (рис.2)

При використанні шкіряного пилу, який дає тиксотропний ефект запобігається витікання поліетилену при спалюванні брикету – найбільш висококалорійної частини палива (патент). Таким чином, вирішується одна з найважливіших технічних задач, що стосуються засобів вогневого знешкодження не тільки відходів деревини, шкіряного пилу, але й відходів поліетилену.

Слід сказати, що біопаливом вважається будь-яке паливо, що містить не менш ніж 80% (за об'ємом) матеріалів [10], отриманих від живих організмів, а основними умовами які висуваються до добавок: незначна кількість, Таким

чином ми повинні дослідити на рівні молекулярної адигезії та довести ці оптимальні співвідношення наповнювача, зв'язуючого та шкіряного пилу і порівняти з брикетами без шкіряного пилу. Для цього проводимо експерименти з такими фракціями кори дуба.

1 варіант - 25×10×10мм; 2 варіант - 15×10×10мм; 3 варіант - 5×5×5мм; 4 варіант - пил із кори. Всі фракції кори дуба були в суміші з поліетиленом (відходи з виробництва поліетиленових пакетів подрібнені до 6×6мм.)

Згідно вимог до біопалива наступні варіанти досліджень проводились при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

- матеріал рослинного походження – 80;
- зв'язуюче – 18;
- тиксотропна добавка – 2.

Перший спосіб визначення теплотворної властивості палива – теоретичний (орієнтовний) із застосуванням формул згорання палива.



Рис.2 – Основні наповнювачі брикету

1-подрібнена кора дуба; 2-поліетелен; 3-використаний пакет; 4-шкіряний пил; 5- оснащення для виготовлення брикету

Переважає більшість вчених визначають теплотворну властивість твердого біопалива на прикладі кори дуба розглянуто в цій статті теоретичним шляхом по даним його елементарного складу. Для цього використовується формула Д.І. Менделєєва. Цією формулою можна користуватися тільки для орієнтовних підрахунків.

$$Q_H^P = Q_B^P - [6(9H^P + w^P)] \times 4,19, \quad (1)$$

$$Q_B^P = [81C^P + 300H^P - 26(O^P - S^P)] \times 4,19, \quad (2)$$

де:  $C^P$ ,  $H^P$ ,  $O^P$ ,  $S^P$  - вміст карбону, гідрогену, кисню та сульфуру в робочому паливі, %;

$w^P$  - вологість робочого палива, %.

Для явного вираження впливу вологості та зольності на нижчу теплоту згорання у формулу (1) підставимо формулу (2) і виразимо робочий елементний склад через горючий, кДж/кг.

$$Q_H^P = [(1 - 0,01A^d)(1 - 0,01w^P)Q_H^\Gamma - w^P] \times 4,19, \quad (3)$$

де:  $A^d$  – зольність палива на суху речовину, %;  
 $Q_H^\Gamma$  – нижча теплота згорання горючої маси, яку можна визначити з формул (1) та (2), підставивши замість значень елементного складу у перерахунку на робочу масу ці ж значення, перераховані на горючу масу, а замість  $w^P$  – нуль.

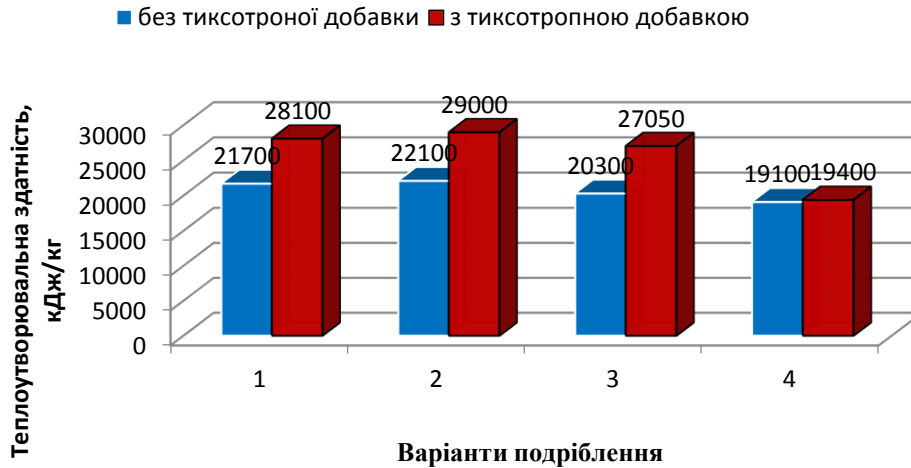


Рис. 3 – Вплив деревинного наповнювача брикету на його теплоутворювальну здатність. 1 - 25×10×10, 2 - 15×10×10, 3 - 5×5×5, 4 – пил.

Другий спосіб визначення теплотворної властивості палива більш точний і надійніший – із застосуванням згорання палива в калориметричній бомбі. Результати визначення теплотворної властивості палива представлені на рис. 3.

Діапазон теплоутворювальної стійкості брикету знаходиться між максимумом 29000 кДж/кг, та мінімумом 19100 кДж/кг (рис. 3) варіант 2 та 4. Оптимальні значення теплотздатності кори дуба 1 варіант (25×10×10), та 2 варіант (15×10×10). Різниця теплотздатності 1 і 2 варіантах незначна. Варіанти 3 та 4, які становлять фракції (5×5×5) для 3 варіанту та пилу кори дуба для 4 варіанту не конкурентоспроможні в порівнянні з 1 і 2 варіантами.

Для подріблення кори дуба до фракції 25×10×10 (варіант 1) необхідно затратити на 11% [2-7] менше енергії, ніж у варіанті 2 (15×10×10).

Теоретичні розрахунки теплотворної властивості палива співпадають з експериментальними дослідженнями.

Досить важливим показником біопалива є руйнівна напруга при вигинанні. Результати експериментальних випробувань впливу деревинного наповнювача брикета на руйнівну напругу при вигинанні показали, що більші показники межі міцності під час статичного згинання спостерігаються у брикетів, отриманих при варіанті 1 становить 28 МПа та варіант 228,3МПа (рис. 4). При варіанті 3 ми бачимо найгірші показники із-за великої кількості частинок кори і для її покриття потрібно використовувати велику кількість термопластичного полімеру. Варіант 4 в загалі не можна використовувати.

Перевіривши вплив тиску діапазоні 5, 8, 10, 20, 30, 40, 50МПа пресування брикета на його фізико-механічні властивості. При виготовленні паливних

брикетів з кори дуба за тиском з 10 по 50 МПа змін не було. Тому пропонуємо пресувати паливні брикети при тиску 10 МПа.

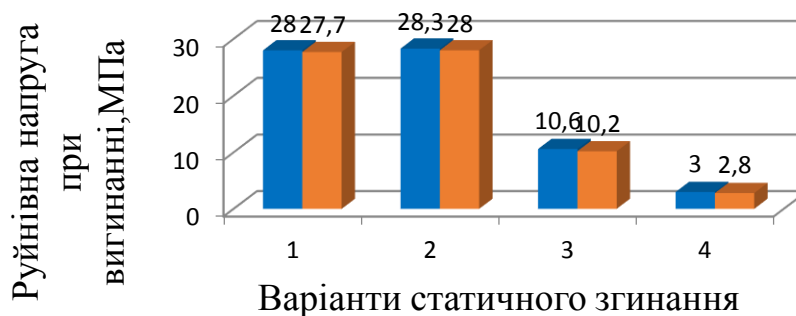


Рис. 4 – Вплив деревинного наповнювача брикету на руйнівну напругу при вигинанні

### **Висновки.**

1. Обґрунтовано і запропоновано новий метод виготовлення паливних брикетів з кори дуба який відрізняється від існуючих зв'язуючими добавками. В матеріал рослинного походження добавляється зв'язуюче – поліетилен (відходи з виробництва поліетиленових пакетів) та тиксотропну добавку (відходи виробництва шкіряної сировини – шкіряний пил).

2. Дослідженнями встановили, що максимальний ефект теплоутворювальної здатності та руйнівної напруги при вигинанні, може бути отриманий при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

- матеріал рослинного походження – 80;
- зв'язуюче – 18;
- тиксотропна добавка – 2.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено найбільш раціональний розмір кори дуба 25×10×10, це дозволяє знизити тиск пресування брикетів до 10 МПа при підвищенні теплоутворювальної здатності брикета до 29000 кДж/кг та підвищує руйнівну напругу при вигинанні до 28,3 МПа.

### **Список використаних джерел**

1. Дубровін В.О., Корчемний М.О., Масло І.П. та ін. Біопалива (технології, машини і обладнання). – К.: Енергетика і електрифікація, 2004 – 256 с.
2. Блюм Я.Б., Гелетуа Г.Г., Григорюк І.П. та ін.. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010 – 360 с.
3. Орсік Л.С., Сорокин Н.Т., Федоренко В.Ф. и др. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития. – М.: Росинформгрупп, 2008 – 404 с.
4. Дубровін В.О., Мельничук М.Д., Мельник Ю.Ф. та ін. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації. – К: НУБіП України, 2009 – 122 с.
5. Мельничук М.Д., Дубровін В.О., Мироненко В.Г. та ін. Альтернативна енергетика: Навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011 – 612 с.
6. Гелетуа Г.Г., Железная Т.А., Матвеев Ю.Б., Жовнір М.М. Промислова

- теплотехніка. Т. 28. - № 2, 2006 – 85-93 с.
7. Гомонай М.В. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монографія. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006 – 68 с.
  8. Проспекти ведучих компаній з розробок технологій та обладнання для виробництва твердого біопалива (Електронний ресурс). Режимом доступу до журн.: [www.briquetmal.kiev.ua](http://www.briquetmal.kiev.ua);
  9. Сарана В.В., Гудзенко М.М., Кухарець С.М. Багатокритеріальна оцінка сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини (Науковий вісник НУБіП України, 3), 2010 – 144с.
  10. Мельничук Д.О., Мельничук М.Д., Гайченко В.А. та ін. Короткий словник-довідник найуживаніших термінів з екології, біотехнології та біоенергетики, – К.: НУБіП України, 2009 – 310 с.
  11. Мальований М.С., Бать Р.Я., Гранулювання паливних матеріалів. Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774 5/8(59), 2012 – 10-14с.
  12. Цывик М.М. Использование древесной коры: монографія – М: Леснаяпромышленность, 1973 – 94с.
  13. Williams, A. Pollutants from the combustion of solid biomass fuels/ A. Williams, J.M. Jones, L. Ma, M. Pourkashanian// Progress in Energy Combustion Science. – 2012 – №38. – P.113-137.
  14. Garcia, R. Spanish biofuels heating value estimation. Part I: Ultimate analysis data/ R. Garcia, C. Pizarro, A.G. Lavin, L. Bueno// Fuel. – 2013 – №8

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ КОРЫ**

Дьяконов А.В.

*Обоснованно и реализовано на практике возможность и целесообразность введения измельченных полиэтиленовых отходов в топливных брикетах из коры дуба с целью улучшения их физико-механических свойств. Установлено какое воздействие на теплотворную способность имеют размеры частиц коры дуба.*

## **Abstract**

### **THE INCREASE OF HEAT POTENTIAL OF FUEL BRIQUETTES FROM BARK**

O. D'yakonov

*We justified and put into practice the possibility and expediency of using shredded plastic waste into fuel briquettes from oak bark in order to improve their physical and mechanical properties. We established which impact the dimensions of the particles of oak bark have on the calorific value.*