

УДК 677.11.021

В.Ф. Дідух, д.т.н., В.В. Тарасюк, к.т.н., А. Оніщук, В. Соколовський  
Луцький національний технічний університет

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВНИХ МАТЕРІАЛІВ СФОРМОВАНИХ З СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**

*У статті подані результати досліджень підготовки та формування паливних матеріалів з стеблової частини врожаю льону олійного вирощеного в умовах Західного Полісся та наведені рекомендації для забезпечення умов їх ефективного виробництва*

**ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, СТЕБЛО, ПАЛИВНІ МАТЕРІАЛИ, ПЕЛЕТИ, БРИКЕТИ, ПОДРІБНЕННЯ, ФОРМУВАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ.**

**Постановка проблеми.** Відродження галузі льонарства в Україні залежить від конкурентоздатності продукції, отриманої з даної культури на ринку. Історія вирощування льону показує, що при належному господарюванні він є культурою безвідходною виробництва. Таким чином, чим більший буде асортимент товарів, тим вищою буде рентабельність його вирощування.

З 2003 року в Україні спостерігається помітне збільшення посівних площ лише льону олійного. У структурі сівозмін зернової групи льон олійний стає конкурентом багатьом сільськогосподарським культурам. Зміна кліматичних умов через глобальне потепління, сприяє його вирощування у Північно – Західному регіоні. При цьому виробництво спрямовується лише на отримання високих врожаїв насіння, в основному, на експорт. Вартість 1 т товарного насіння льону олійного коливається залежно від попиту на ринку і, в середньому, становить 8...9 тис. грн. Конкурентоспроможність технічного насіння льону олійного на світовому ринку поступово падає через збільшення валового збору у різних країнах світу. За даними аналітиків ринку, в 2015-2016 рр. урожай олійного льону становив 300 тис. т, що більше на 20% порівняно з минулим сезоном [1].

Тому господарствам країни необхідно працювати на випередження потреб ринку. Серед основних напрямків розвитку льонарської галузі пріоритетними можуть стати: виробництво органічної продукції та пошук шляхів утилізації стеблової частини врожаю. Дослідження вказаних напрямків найбільш актуальні для регіонів Західного Полісся, адже природно – кліматичні умови даних територій сприяють в отриманні не тільки максимального біологічного

врожаю насіння, але значного стеблостою, який може сягати більше одного метра, залежно від сорту льону.

У зв'язку з цим, розробка основних технологічних прийомів переробки стеблової частини врожаю льону олійного та виготовлення паливних матеріалів з врахування умов вирощування, є досить актуальною проблемою.

#### **Аналіз останніх публікацій.**

Порівняльний аналіз морфологічних показників льону олійного, вирощеного у різних кліматичних умовах показує, що він за урожайністю насіння значно переважає льон - довгунець і не поступається за висотою стеблостою. [1,3].

Важливою характеристикою для лубоволокнистих культур є вміст волокна у стеблах. Проведені дослідження свідчать, що стебла льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся України, містять 21-23% волокна. Причому прикоренева частина стебел льону олійного містить 8,9-12,6% волокна, середня частина – 26,1-29,0%, верхня частина – 21,0-23,3%. Як показує досвід останніх років, врожайність льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся України може становити: насіння – до 20 ц/га, соломи – до 45 ц/га. Наявність значних об'ємів соломистої маси потребує її утилізації, де на сьогодні ринок виготовлення паливних матеріалів (пелетів, брикетів) потребує відповідної сировини.

Основним чинником, що визначає механічну міцність, водостійкість і калорійність брикету, є його щільність. Чим щільніше брикет, тим вище показники його якості. Чим нижче щільність брикетів, тим менше їх калорійність. Наприклад, при щільності брикету 650-750 кг/м<sup>3</sup> калорійність брикетів дорівнює 12-14 МДж/ кг; при щільності 1200-1300 кг/м<sup>3</sup> - 25-31 МДж/ кг. Якість брикетів в значній мірі залежить від вологості вихідної суміші. Оптимальна вологість становить 4-10%, при ній досягаються найкращі механічні характеристики брикетів

Відсутність технологій і устаткування, що дозволяють здійснювати глибоку переробку сировини луб'яних культур стримують відродження галузі льонарства в державі. З іншої сторони висока врожайність стеблової частини вказує до зміни підходів її утилізації. Процес утилізації необхідно розпочинати відразу після збирання насінневої частини[6, 7].

Один із напрямків утилізації може бути переробка стеблової частини на паливні матеріали, яким у останні роки у світі приділяється значна увага[8, 9]. Відсутність досліджень з виготовлення паливних матеріалів із стеблової частини врожаю вказує на проблему, яка гальмує розвиток галуззі луб'яних культур.

**Мета дослідження** - запропонувати технологію виробництва паливних брикетів із стеблової частини врожаю льону олійного.

**Результати досліджень.** В основі процесу формування паливних матеріалів з органічної сировини є прес. Сьогодні існує кілька десятків виробників пресів з різних країн світу (СРМ, Andritz, Salmatec, Amandus Kahl, Buhler, Munch та багато інших). Всі преси конструктивно розрізняються за видами матриць.

Виробництво паливних брикетів потребує високого тиску, а в ряді випадків і нагрівання матеріалу до 250...350 С°. Одержувані паливні брикети не включають в себе ніяких зв'язувальних речовин, крім одного натурального - лігніну, що міститься в клітинах рослинних відходів. При використанні агросировини можливе також додавання в'язучої органічної речовини (рис.1). В такому випадку зусилля для формування брикетів значно менше, але дана технологія передбачає сушіння готової продукції, що впливає на її собівартість.



Рисунок 1 – Дослідження формування паливних матеріалів з додаванням в'язучої речовини – озерного сапропелю вологістю 83%.

Основним недоліком такої технології є необхідність сушіння сформованого матеріалу, що призводить до зростання його собівартості. Аналіз зниження дослідних зразків із подрібненої трости до 10 мм льону олійного масою 5 гр з відповідним збільшенням в'язучої речовини – озерного сапропелю у грамах, шляхом сушіння при  $t=120^{\circ}\text{C}$ , вказує на потребу в значних затратах енергії (табл.1). Крім цього, такі паливні матеріали мають низьку щільність та не витримують навантажень, легко руйнуються. Але даний напрямок досліджень необхідно розвивати, у першу чергу, при виробництві брикетів.

Таблиця 1 Приклад зміни маси експериментальних дослідних зразків паливних матеріалів

Варіант дослід/ час сушіння	0	20	40	60	80	100	120
5+10	15,81	11,73	9,81	8,16	7,15	6,34	5,28
5+20	20,68	15,73	12,45	9,65	7,73	6,53	5,73
5+25	26,85	22,17	19,07	16,22	13,08	12,12	10,59
5+30	31,14	26,21	22,50	18,46	15,52	13,23	11,45

Для виробництва брикетів застосовують поршневі і шнекові преси. Поршневий прес працює циклічно - при кожному ході поршня продавлюють певна кількість матеріалу через конічне сопло, на брикетах чітко помітні відповідні циклам шари. Шнековий прес легше поршневого, оскільки відсутні масивні поршни і маховики. Продукція виходить безперервно, тому її можна розрізати на потрібні шматки. Щільність вище, ніж у поршневих пресів. Шнекові преси менш шумні, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більшу витрату енергії і швидкий знос шнека.

При виготовленні паливних матеріалів важливо враховувати величину подрібненої стеблової маси. Попередні дослідження показують, що стеблову масу льону олійного можна подрібнювати (рис.2, 3) будь якими різально-ударними пристроями. При цьому чітко проявляється розділення матеріалу на дві складові: костру і коротке неорієнтоване волокно з вмістом костриці у межах 35%. Виділені частинки довжиною 3-5 мм можна спрямовувати на виробництво паливних матеріалів, а волокно середньої довжини 30-50 мм, на доочищення.

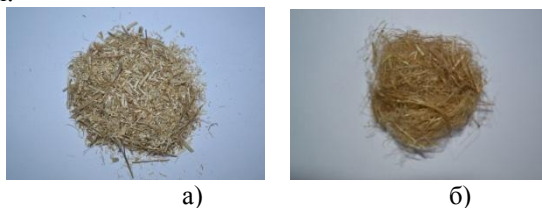


Рис. 2 – Складові стеблової частини льону олійного після подрібнення ударно-різальною установкою (рис.3): а) костра; б) волокно



а) б)

Рис.3 – Загальний вигляд установки для подрібнення льону олійного(а) та розміщення подрібнюючого пристрою у корпусі (б)

Дослідження процесу формування паливних матеріалів проводили на лабораторній установці, що представлена на рис.4. Основні складові установки змонтовані на рамі 1. За силовий елемент використовували гідравлічний домкрат 2, який з'єднаний з манометром 3. У прес-матриці 6 передбачено отвір діаметром 20мм у який вставлено пуансон 5 та передбачено ізольована електроспіраль 4. Нижня частина отвору закрита заглушкою 8, яка підсилена прокладкою 9. У зоні контакту матеріалу з матрицею встановлена термопара 7, і з'єднану з потенціометром постійного струму. Зміна напруги дозволила міняти температуру нагрівання матеріалу.

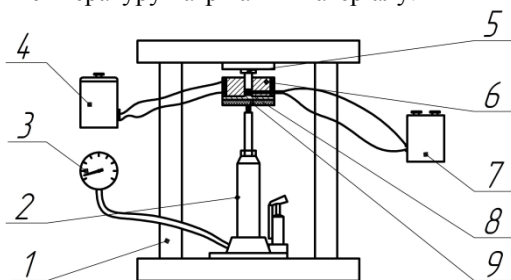


Рис. 4 – Схема лабораторної установки з визначення властивостей паливних матеріалів

У даних дослідження особливу увагу було звернено на величину тиску формування зразків паливних матеріалів і склад суміші з костри стеблової частини льону олійного та замороженого озерного

сапропелю. Початкова відносна вологість при цьому складала 13-15 % для костри і 12% сапропелю. На основі отриманих даних будувались графічні залежності (рис 5,6). Основою вихідного матеріалу була костра, виділена механічним способом з стебел льону олійного у різному стані:

- 1- з свіжовибраних стебел на установці (рис.3);
- 2- з трести після 3-х недільного вилежування на установці (рис.3);
- 3- з свіжовибраних стебел трьохножовим барабаном;
- 4- з трести після 3-х недільного вилежування трьохножовим барабаном;
- 5- з стеблової маси після зернозбирального комбайна;
- 6- з трести на основі стеблової маси після 3-місячного вилежування у полі.
- 7-

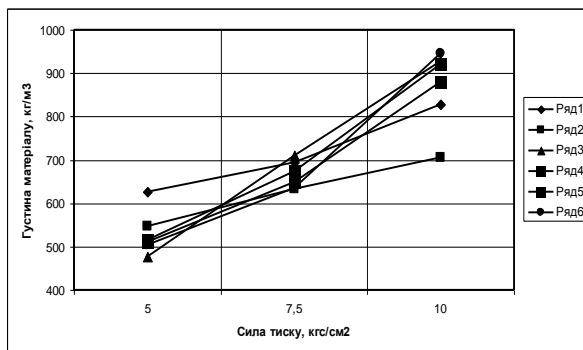


Рис. 5 – Залежність густини сформованих паливних матеріалів від зусилля пресування

Формування паливних матеріалів створенням зусилля у межах 5-10 кг/см<sup>2</sup> з додаванням замороженого сапропелю вказує на перспективу його використання у якості в'язучої органічної речовини. При цьому, відсоток у складі зразка не є визначальним, а щільність коливається у межах 1050 – 1250 кг/м<sup>3</sup>, що вказує на ефективне заповнення порового простору (рис. 6).

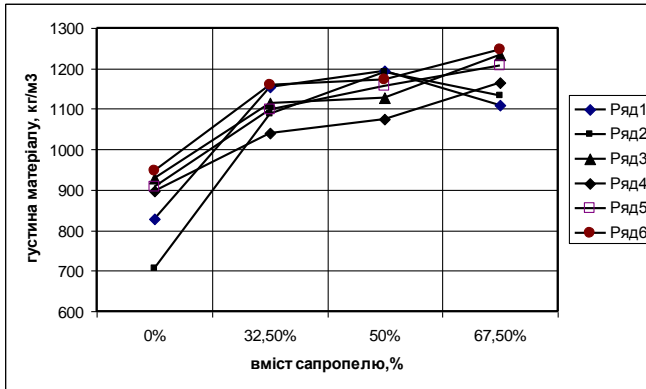


Рис. 6 – Залежність густини сформованих паливних матеріалів від вмісту в'язучої органічної сировини – замороженого озерного сапропелю

**Висновки.** Підсумовуючи проведений аналіз можна зробити висновки, що серед продукції, виготовленої на основі льону олійного важливе місце можуть зайняти паливні матеріали, які потребують детального вивчення. Особливо це стосується впливу на якісні параметри в'язучої органічної речовини у вигляді замороженого озерного сапропелю, вибір технології їх формування в умовах льоносієних господарств Західного Полісся.

### Література

1. Эксперты отмечают преимущества выращивания масличного льна – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4089979.html>
2. Альтернативная энергетика в действии: Украина может продавать топливные пеллеты в ЕС в неограниченном количестве [Электронный ресурс] – Режим доступу: <http://feostroy.crimea.ua/node/500>.
3. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид.відділ Луцького НТУ, 2013. – 108 с.
4. О. Маслак. к.е.н., центр стратегічних досл. АПК Сумського НАУ. Привабливість льону олійного. Ж-л «Агробізнес сьогодні» №4(299), 2015р.
5. Чурсіна Л.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.

6. Классен Н.П., Основы техники гранулирования / Классен Н. П., Гришаев И. Г., Шомин И.П. – М.: Химия, 1982. – 272 с.
7. Виробництво пелет в Україні: прибутковий варіант сталого розвитку. (серія консультативних робіт в рамках Німецько-Українського аграрного діалогу) / APD/PP/02/2012 / АннаКузнецова. – Київ, 2012. – 24с.
8. Использование физиологических растения льна масличного в селекции: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 44 с.
9. Федорейко В.С. «Підвищення ефективності електротехнологічного комплексу для виробництва твердого біопалива з використанням нейроконтролера» / Федорейко В.С., Рутило М.І., Іскерський І.С. – Науковий вісник НГУ, – 2013, № 5. – 78-85 с.
10. Mahdi Mobini. Simulation of wood pellet production and distribution supply chains / Mahdi Mobini, Taraneh Sowlati, Shahab Sokhansanj // University of British Columbia, Department of Wood Science, Faculty of Forestry, Vancouver, Canada
11. Дідух В.Ф. Лабораторно-експериментальна установка для виготовлення паливних брикетів / В.Ф. Дідух, В.В. Том'юк, В.І. Чучман // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: Каталог інноваційних розробок. – Вип. XV. – Львів : Львівський національний аграрний університет, 2015. – С. 46.