

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF ELASTICITY OF OIL FLAX STEMS

V. Didukh*, D. Albota

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine



Key words:

oil flax,
coefficient of elasticity,
flax stem,
flax stem rollers,
flax stem flattening

Article history:

Received 05.02.2021

Accepted 20.04.2021

*Corresponding author:

Didukh_V@ukr.net

ABSTRACT

During flax harvesting flax stems are burned in a field. It is very harmful to the environment. Therefore, it is proposed to use flax stems for fuel production. Also, it is important to develop machine for flax stem harvesting, which would include the mechanism of the stem destruction. It is necessary to substantiate the parameters of such a machine taking into account the properties of flax stems. A new method for determining the coefficient of elasticity of oil flax stems, which takes into account the number of mechanical effects to break the bonds between the components of the stem without breaking the fiber, was proposed in the article. For this purpose, the mechanism for the stem destruction was designed, which consists of a pair of rollers with trapezoidal corrugations and provides the process of breaking the bonds between the flax wood and the flax fibers by flattening. The flattening of the flax stems includes the process of double bending, which is carried out by the mechanism of the stem destruction. The most important parameters for this process are the friction coefficient between the oil flax stems and the metal surfaces of the rollers of destruction mechanism. For the oil flax harvesting technology, which involves harvesting the entire biological yield of the crop (flax seeds and flax fibers), it is very important to reduce the elastic properties of the flax stems without breaking the flax fibers. This technology requires a machine for collecting the pre-cut flax stems with a rotary mower. Also it is important to separate flax seed during the harvesting and to form the flax stem into rolls. The height of the flax band on the field depends on the yield of the flax stem. Taking into account the height of the flax band allowed us to determine the number of roller pairs of the mechanism of the stem destruction.

<https://doi.org/10.36910/acm.vi46.487>

УДК 631.361

**ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРУЖНОСТІ СТЕБЕЛ
ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО****В.Ф. Дідух*, Д.С. Альбота**

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

**Ключові слова:**

льон олійний,
коефіцієнт пружності,
стебло льону,
рулони стебел льону,
плющення стебла
льону

Історія публікації:

Отримано 05.02.2021

Затверджено 20.04.2021

Автор для*листування:**

Didukh_V@ukr.net

АНОТАЦІЯ

У статті запропонована методика визначення коефіцієнта пружності стебел льону олійного із урахуванням кількості механічних впливів, що мають місце для руйнування зв'язків між складовими стебла без розриву волокон. Для цього сконструйовано механізм для руйнування стебел льону олійного, основою якого є пара вальців із трапецієвидними рифлями, які забезпечують процес руйнування зв'язків між деревиною та пучками волокон льону шляхом плющення. Плющення стебла льону передбачає подвійний згин у парі виступ-впадина. У цьому випадку важливо урахувати тертя між стеблами льону і металевими поверхнями вальців та удар в зоні дії гострих граней виступів-впадин вальців. Зменшення пружних властивостей стебел льону без розриву волокон забезпечує виконання умови їх збереження, що важливо у випадку застосування технології збирання льону олійного із збереженням для подальшого використання всього біологічного урожаю цієї культури (насіння, волокна). Ця технологія потребує розроблення нового технічного засобу для підбирання валків попередньо зрізаного стеблистою льону олійного роторною косаркою, відокремлення насіння, зменшення пружних властивостей стебел і скручування волокнисто-стеблової маси у рулони. Залежно від урожайності стеблової частини льону олійного буде різною висота валка льону, який обробляється. Проведенні дослідження із урахуванням цього показника дозволили обґрунтувати кількістю пар вальців, які необхідно встановити на запропоновану машину.

<https://doi.org/10.36910/acm.vi46.487>

Стан питання та постановка проблеми

Вирощування льону олійного спрямоване на отримання урожаю насіння. У той же час стеблову частину урожаю спалюють у полі або, після подрібнення, заорюють у ґрунт. Такі дії наносять велику шкоду навколишньому середовищу та забруднюють ґрунти. Вирішити проблему можна, якщо знайти застосування стебловій частині урожаю льону олійного. Науковцями доведена перспективність використання волокна із льону олійного у різних сферах та перспективність використання лляної волокнисто-стеблової маси в якості паливних матеріалів [1–3]. Тому, в процесі збирання льону олійного необхідно передбачити можливість формування пакунків відповідного призначення. Для підвищення ефективності подальшого перероблення пакунки льону найкраще виконувати у вигляді малогабаритних циліндричних рулонів. Ефективна та безперебійна робота вузла пресування у машині буде забезпечена, якщо матеріалу надати необхідних пружних властивостей, зміна яких відбувається під впливом механічних дій.

Відомі процеси декортикації стебел під час отримання лубу з конопель [4, 5]. При цьому використовують як стаціонарні машини, так і мобільні агрегати для оброблення стебел у полі. Для декортикації стебел конопель використовують рифлі із криволінійними поверхнями. Стебла льону олійного мають значні відмінності від стебел конопель. Тому відомі методи та технічні засоби не дозволяють отримати позитивний результат при подачі лляної волокнисто-стеблової маси у камеру пресування. У цьому випадку необхідно визначитися з розмірами вальців та формою рифлів. Надмірна пружність стебел льону олійного не дозволяє формувати рулони невеликих діаметрів. Для цього необхідно зменшити пружні властивості стебел та досягти мінімального коефіцієнта пружності без розриву пучків волокон, що дозволить підвищити щільність самих рулонів. Недостатня щільність рулону впливає на його енергетичний та економічний потенціал. Окрім цього, пружність стебел викликатиме і збільшуватиме навантаження на механізми камери пресування та сприятиме швидкому їх зношуванню.

Мета дослідження – дослідити пружні властивості стебел льону олійного із урахуванням кількості проминань без розриву пучків волокон.

Матеріали і методи

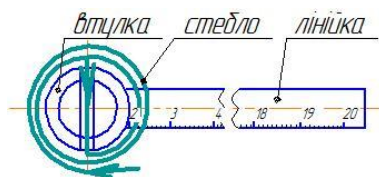
Для визначення коефіцієнта пружності стебел льону олійного використовували запропоновану методику, що передбачає

закручування стебла відносно центральної осі на втулку із прорізью та вимірювання радіуса відновлення стебел після зняття навантаження. Експериментальні дослідження плющення стебел льону олійного проводили на розробленій дослідній установці, яка містить пару вальців із рифлями трапецієвидної форми.

Для визначення пружних властивостей використовувалася втулка з пропилом діаметром 20 мм (рис. 1, а), а для вимірювання радіуса розкручування стебла використовувалася лінійка з ціною поділки 1 мм та циркуль (рис. 1, б). Проведення досліду відбувалося таким чином. Нижній кінець стебла вставлявся у прорізь (не менше 10 мм) та стебло рівномірно закручувалося навколо втулки. Втулку встановлювали на поверхні чистого аркушу паперу, прорізью до поверхні для нанесення відміток. Відмічався центр втулки і фіксувалося її розташування. Після витримки 60 с стебло відпускалося. Стебло почало відновлюватися та розкручуватися. Там, де верхній кінець стебла зупинявся, відмічали точку для вимірювання. Після стабілізації положення стебла (рис. 2, а), знімали втулку та проводили необхідні заміри (рис. 2, б).



а

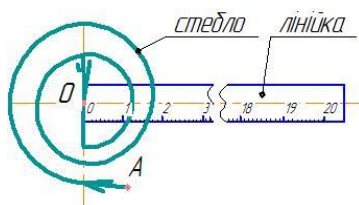


б

Рис. 1 – Визначення пружних властивостей стебел льону олійного: а – закручування стебел на втулку; б – схема розташування стебел



а



б

Рис. 2 – Визначення пружних властивостей стебел льону олійного: а – відновлення стебла на втулці; б – точки вимірювання значень

Коефіцієнт пружності стебла визначався через зміну радіуса, який, у свою чергу, визначався відстанню між центром втулки (на рис. 2, б – це точка O) та місцем зупинки крайньої точки стебла (на рис. 2, б – це точка A). За контрольний варіант приймалося незруйноване стебло. Відстань OA для нього приймалася за 100%. Припускалося, що будь-який механічний вплив дозволяє зменшити пружні властивості стебел льону олійного не залежно від їх кількості.

Результати дослідження та обговорення

Один із напрямів підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур – це використання під час збирання всього біологічного урожаю сільськогосподарської культури [4]. Найбільш економічно вигідний напрям використання стеблової частини урожаю льону олійного – це збереження волокна. Вміст у стеблах льону олійного короткого неорієнтованого волокна становить до 25%. При цьому, урожайність соломи сягає 45 ц/га і більше [5–6]. Зберегти високоякісне волокно можна за умови вчасного збирання лляної волокнисто-соломистої маси протягом серпня місяця. У випадку низької якості лляного волокна стебलो-волокнисту масу доцільно використовувати в якості паливних матеріалів, оскільки енергетичний потенціал лляної соломи становить 18 МДж/кг, що на рівні твердих порід дерев [6]. Незалежно від технології збирання льону олійного важливо стебलो-волокнисту масу сформувати у пакунки. Для подальшого використання чи перероблення найбільше підходять циліндричні пакунки, які мають певний діаметр та щільність.

Для формування пакунку важливо, щоб пружність стебел льону була мінімальною та волокнисті пучки були без розриву. Аналіз відомих досліджень з визначення пружних властивостей стебел рослинних матеріалів показує, що під явищем пружності розуміється здатність стебла після відхилення від початкового положення повернутися у початковий стан без руйнування (розриву або зламу в поперечній площині) [7].

Стебло льону можна представити як пустотілий циліндр, в якого розміри поперечного перерізу зменшуються від кореневої частини до верхівкової. У перерізі стебла можна побачити: зовнішній шар – кору, внутрішній шар – деревну складову. Стебло льону дуже витривале, адже за досить малого поперечного січення воно має значну довжину, не ламається та не гнеться. Стебло льону можна порівняти із пустотілим бетонним стовпом, де залізні прuti – це довгі волокна, а в якості бетону – деревні тканини, тільки за бокового навантаження стебло льону має набагато кращу пружність.

Для зменшення пружних властивостей стебел льону олійного запропоновано фізичну модель декортикатора (рис. 3), що містить пару вальців. М'яльні вальці в декортикаторах характеризуються такими параметрами [8]:

- зовнішній діаметр або діаметр кола D_3 , що проходить через вершини рифлів;
- внутрішній діаметр або діаметр кола D_6 , що проходить через точки западин між рифлями;
- кількість рифлів z ;
- висота рифлів $h = (D_3 - D_6)/2$;
- крок рифлення по колу $t_z = (\pi - D_3)/z$;
- крок рифлення по хорді $t_x = D_3 \sin(\alpha)$;
- кут кроку рифлення $2\alpha = 360/z$, що утворюється радіусами, які проходять через вершини сусідніх рифлів;
- радіус заокруглення вершини рифлів r_1 ;
- радіус заокруглення западини між рифлями r_2 ;
- довжина кожного з вальців l .



Рис. 3 – Загальний вигляд пари вальців фізичної моделі декортикатора

М'яльні вальці, як правило, виконують із заокругленнями, що вимагає збільшення їх діаметрів та висоти рифлів. Такі вальці у декортикаторах використовуються для проминання стебел конопель. Процес декортикації стебел льону олійного не проводився на етапі його збирання. А відомі лише процеси м'яття трести льону-довгунця в процесі її перероблення під час виділення довгого волокна. Тому вибір профілю рифлів та діаметрів вальців було зроблено із урахуванням максимальної 65 мм і середньої мінімальної довжини 5 мм короткого неорієнтованого волокна.

Таким чином, у запропонованій фізичній моделі декортикатора зовнішні діаметри обох вальців становили 65 мм з рифлями трапецієвидної форми (із розмірами нижньої основи трапеції 8 мм і верхньої основи – 5 мм). Висота рифлів становила 4 мм. Розрахунок з урахуванням зовнішнього і внутрішнього діаметрів вальця та розмірів рифлів дозволив визначити кількість рифлів на вальці $z = 13$.

Проминання стебел льону олійного парою м'яльних вальців із визначеними параметрами відрізняється від процесу м'яття вальцями відомих конструкцій, оскільки у цьому випадку має місце удар кромками рифлів при вершині трапеції, власне процес м'яття криволінійними площинами виступів-впадин. Таким чином, у цьому випадку поле декортикації формується за іншими законами у порівнянні із відомими м'яльними вальцями.

Для забезпечення проведення дослідів у період збирального сезону 2020 року в різних точках поля були заготовлені стебла льону олійного. Цей експеримент передбачав дослідження зменшення пружних властивостей для різної кількості стебел і пропусків через вальці. Спочатку проминали по одному стеблу з кількістю повторень від 1 до 5. Готові зразки підписували та відклали для подальшого їх вивчення. Аналогічно проводили проминання групи із трьох стебел та п'яти. Загалом експериментальні дослідження передбачали проведення 18 дослідів: 3 групи із різним ступенем проминання (1–5) та три контрольні необроблені зразки. Для підвищення достовірності отриманих даних верхівкову частину стебла зрізували, що забезпечило однакову довжину зразків. Результати проведених дослідів представлені у таблиці.

Таблиця – Результати визначення коефіцієнта зменшення пружності стебел льону олійного після їх декортикації

Кількість проминань	1 стебло		3 стебла		5 стебел	
	Відновлення, %	Коеф. пружності	Відновлення, %	Коеф. пружності	Відновлення, %	Коеф. пружності
1	52	0,52	83	0,83	92	0,92
2	40	0,40	57	0,57	75	0,75
3	37	0,37	55	0,55	69	0,69
4	37	0,37	52	0,52	67	0,67
5	34	0,34	43	0,43	58	0,58
Ціле стебло	100	1,00	100	1,00	100	1,00

Аналіз отриманих результаті показує, що група стебел льону олійного має більшу пружність не залежно від кількості проминань у порівнянні з одиночним стеблом. Це явище пояснюється тим, що паралельні стебла перебувають у щільному зв'язку між собою і утворюють одне пружне середовище. За витриманого зазору між поверхнями м'яття 2 мм, усі зразки за кількістю стебел проминаються якісно. При цьому, відсоток костриці за масою стебел виділявся у межах похибки досліду, а залишок волокнисто-стеблової маси мав ідентичний вигляд.

Візуальні спостереження вказують, що після першого пропуску через вальці, стебла льону олійного отримують початкові деформації і пружність стебла складається з пружності волокон і зв'язку з кострицею. Після другого проминання характерним є руйнування зв'язку між деревною складовою і волокном та розпочинається виділення костриці. Коефіцієнт пружності стабілізується після третього пропуску через вальці, оскільки після четвертого проминання спостерігається незначне зменшення коефіцієнта пружності. Тому, можна припустити, що після трьох проминань стебла вже є достатньо оброблені, причому розривів волокон не спостерігається. Після п'ятого пропуску через вальці є лише часткове відновлення пружності, але воно пов'язане у більшій мірі з подальшим видаленням костриці, ніж із зменшенням коефіцієнта пружності стебел. Відтак, можна припустити, що це була власна пружність волокон льону олійного.

Висновки

Запропоновані фізична модель декортикатора для оброблення стебел льону олійного, що містить пару вальців з трапецієподібними рифлями, та методика проведення експериментальних досліджень дозволили встановити зменшення коефіцієнта пружності стебел льону олійного залежно від кількості проминань. Також можна зробити висновок щодо встановлення кількості пар вальців на машині для підбирання валків льону олійного за роздільної технології збирання, яких має бути не менше трьох пар для зменшення лише пружних властивостей льону у випадку формування пакунків циліндричної форми необхідного діаметру із урахуванням їх подальшого цільового призначення.

Список посилань

1. Чурсіна, Л.А., Тіхосова, Г.А., Горач, О.О., Янюк, Т.І. (2011). Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного. Олді-плюс, Херсон, 356.
2. Yaheliuk, S., Didukh, V., Busnyuk, V., Boyko, G., Shubalyi, O. (2020). Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of

- oleaginous flax residues. INMATEH – Agricultural engineering, 62(3), 361–368.
3. Yaghelyuk, S., Diduh, V., Tkachyuk, V. (2018). Studying the possibilities of producing fuel materials from oil flax wastes in the conditions of Western Polissya. *Știința agricolă / Universitatea agrară de stat din Moldova*, 2, 158–163.
 4. Збирання та декортикація стебел конопель. <http://www.cannasystems.ca>
 5. Гобсон, Р.Н., Гепворт, Д.Г., Брюс, Д.М. (2001). Якість волокна, відокремленого від стебел конопель шляхом декортикації. *Журнал сільськогосподарських технічних досліджень*, 78(12), 153–158.
 6. Дідух, В.Ф., Дуць, І.З., Ягелюк, С.В., Онюх, Ю.М., Бойчук, Б.М. (2017). Технологія переробки стеблової маси льону олійного, отриманої в умовах Західного Полісся. *Сільськогосподарські машини*, 38, 30–38.
 7. Хайлис, Г.А. (2002). *Механика растительных материалов*. УААН, Київ, 374.
 8. Ипатов, А.М. (1989). *Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: учебник*. Легпромбытиздат, Москва, 144.
 9. Ehrensing, D.T. (2014). Техничко-економическое обоснование промышленного производства пеньки в Соединенных Штатах Тихоокеанского Северо-запада. Отдел растениеводства и почвоведения штата Орегон. *Univ. Expt. Sta. Oregon (Университет штата Орегон)*, 140, 1(681), 48–79.