

## THE MOISTURE INFLUENCE ON THE CUTTING EFFORT OF OIL BAST CROP BIOMASS

S. Yaheliuk<sup>1\*</sup>, V. Didukh<sup>1</sup>, T. Artyukh<sup>2</sup>, O. Holiy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>State Enterprise “Experimental Research Farm ELITA”, Rokyni, Ukraine



### ABSTRACT

*The unique properties of bast crops determine the wide possibilities and waste-free using of these crops. Countries, where traditionally fibre flax is grown, are beginning to grow oil flax and hemp. This is due to the properties of the bast crops. The biomass, which remains after harvesting of bast crops for seeds, can be used to produce various products. The high yield of the oil flax stem in some geographical regions of Ukraine complicates the application of traditional technology of oil flax harvesting, which involves using the harvesters. Modern agro and industrial production involves using new universal, energy conservation and environmental technologies and stuffs, which can be quickly reconfigured to obtain products of various applications. It is possible to obtain technical fiber and solid fuel materials from the bast crop biomass after harvesting the seeds. Possibility of obtaining fiber suitable for the textile industry from the bast crops biomass (for example, oil flax and hemp) is being researched. Cutting is one of the most commonly used operations in harvesting and processing. It has its own characteristics for bast crops, because their technological characteristics (type, variety, moisture) must be taken into account. The paper shows the results of study the cutting effort of flax stems. The necessary to take into account not only the maturity phase, the type and variety of flax, but the moisture of plants during cutting (grinding) the bast crop biomass was found. Also, studies have shown that the stems of oil flax straw have less resistance to cutting. The studies make it possible to value the stem part potential of the bast crops for the possibility further use.*

### Key words:

flax,  
flax stem,  
flax stem characteristics,  
moisture of flax stem,  
flax stem cutting

### Article history:

Received 21.03.2021

Accepted 10.05.2021

\*Corresponding author:  
cler2010@gmail.com

УДК 677.11:677.021.15

**ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ БІОМАСИ ОЛІЙНИХ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР  
З УРАХУВАННЯМ ВОЛОГОСТІ****С.В. Ягелюк<sup>1\*</sup>, В.Ф. Дідух<sup>1</sup>, Т.Н. Артюх<sup>2</sup>, О.В. Голій<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна<sup>3</sup>ДПЕДГ “Еліта” Волинської ДСГДС ІК НААН, Рокині, Україна**Ключові слова:**

льон,  
стебло льону,  
характеристики стебла  
льону,  
вологість стебла льону,  
різання стебла льону

**Історія публікації:**

Отримано 21.03.2021

Затверджено 10.05.2021

**\* Автор для****листування:**

cler2010@gmail.com

**АНОТАЦІЯ**

Сучасне агропромислове виробництво передбачає використання нових універсальних, екологічних та енергозберігаючих технологій і засобів, які можуть бути швидко переналаштовані для випуску продукції різного функціонального призначення. Встановлено, що з біомаси олійних луб'яних культур після збирання насіння можна отримати технічне волокно та тверді паливні матеріали. Науковці досліджують можливість отримання з біомаси олійних луб'яних культур (наприклад, льону олійного та конопель) волокна, придатного для текстильної промисловості. Різання – це одна з операцій, що найчастіше використовується у технологіях збирання, оброблення й перероблення рослинних матеріалів. Вона має свої особливості для луб'яних культур, адже повинні бути ураховані їх технологічні характеристики (вид, сорт, вологість). У статті представлені результати дослідження зусилля різання стебел льону. У результаті проведених досліджень на прикладі льону олійного та льону-довгунца встановлено, що під час різання (подрібнення) біомаси олійних луб'яних культур потрібно ураховувати не тільки фазу стиглості, вид й сорт льону, але й вологість стебла. Також дослідження показали, що стебла льону олійного чинить менший опір різанню, ніж стебла льону-довгунца. Проведені дослідження дозволяють оцінити потенціал стеблової частини урожаю олійних луб'яних культур як сировини для подальшого використання.

---

<https://doi.org/10.36910/acm.vi46.496>

---

### Стан питання та постановка проблеми

Унікальні властивості олійних луб'яних культур обумовлюють широкі можливості та безвідходність їх використання [1–3]. Країни, що традиційно вирощували льон-довгунець, починають вводити у сівозміни льон олійний та коноплі (Франція, Бельгія, Польща, Україна). Також виробники звертають увагу на властивості луб'яних культур. Доведено можливість отримання різної продукції із біомаси, що залишається після збирання олійних луб'яних культур на насіння.

Висока урожайність стеблової частини льону олійного в окремих географічних регіонах ускладнює застосування традиційної технології збирання льону олійного, яка передбачає використання зернозбиральних комбайнів. Необхідно зазначити, що традиційна технологія збирання льону-довгунця не передбачає його скошування.

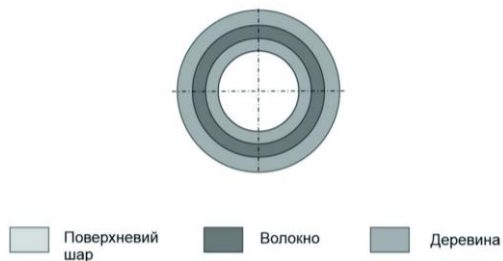
Сучасні дослідження показують необхідність та можливість перероблення біомаси олійних луб'яних культур у продукцію різного функціонального призначення [3]. Для цього потрібно розробити нові технології збирання, оброблення й перероблення цих культур, а також відповідні робочі органи машин для їх реалізації. Вітчизняні та закордонні науковці проводять такі дослідження. Так, Манковські Є. та інші у науковій праці [4] запропонували технологію скошування льону-довгунця і вказали труднощі та переваги її застосування. Крім того, Нілсон Д. і Карлсон С. продемонстрували необхідність комплексного дослідження впливу погодних умов на формування технологічних параметрів луб'яних культур [5]. Моррісон У., Арчибальд Д. у праці [6] досліджували вплив технологій природного та штучного мочіння трести на формування міцності волокна льону. Дослідження, що проводилися у Луцькому національному технічному університеті, показали доцільність використання роздільної технології збирання льону. У науковій праці [7] розглянута можливість штучного зволоження біомаси луб'яних культур. У праці [8] запропонована модель збирання та оброблення льону з урахуванням його біологічних та технічних характеристик, а у працях [8–10] – послідовність технологічних операцій для збирання та оброблення льону. Процеси різання рослинної сировини досліджували Дідух В., Онюх Ю., Шеїна А., Заплетніков І. та інші [11, 12]. Головенко Т. та Бойко Г. встановили основні технологічні характеристики льону олійного [13]. Огляд досліджень напрямів удосконалення технологій збирання, оброблення та перероблення біомаси олійних луб'яних культур показав, що в основі багатьох операцій оброблення та перероблення передбачена необхідність різання стеблової частини. Однак, є відмінності технологічних характеристик луб'яних культур, на які

необхідно зважати. На їх формування впливає біологічний вид, сорт, географічне розташування місця вирощування, погодні умови та інші фактори. Тому є необхідність дослідити зусилля різання одиночного стебла та групи стебел біомаси олійних луб'яних культур (на прикладі льону) залежно від його фізичних і технологічних характеристик.

**Мета дослідження** – визначити зусилля, що необхідне для різання окремих стебел і груп стебел льону-довгунця та льону олійного.

### Матеріали і методи

Для дослідження операцій подрібнення, руйнування, деформації, зміни пружних властивостей біомаси олійних луб'яних культур проведено аналіз формування стебла льону протягом вегетації. Будова стебла льону, з механічною точкою зору, це складна пустотіла циліндрична балка [1, 2]. Стебло має значні відмінності залежно від виду льону та фази стиглості. Для спрощення дослідження процесу різання біомаси олійних луб'яних культур запропонована модель стебла, що схематично представлена на рис. 1.



**Рис. 1** – Схема стебла льону у перерізі (модель)

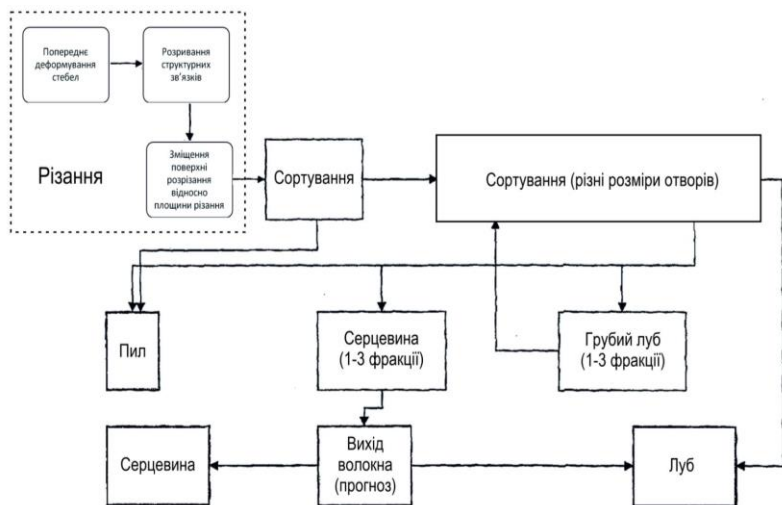
Відповідно до досліджень [11, 12, 14, 15] процес подрібнення стебел льону можна представити у вигляді схеми (рис. 2).

Процес різання стебла складається із декількох фаз. Попереднє деформування стебла залежить від відстані та форми опорних поверхонь різання, розривання структурних зв'язків залежить від виду, фази стиглості та вологості, а зміщення поверхні розрізання щодо площини різання – від форми та геометричних параметрів ножа.

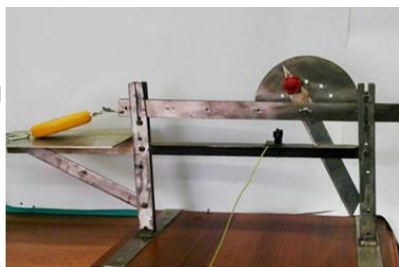
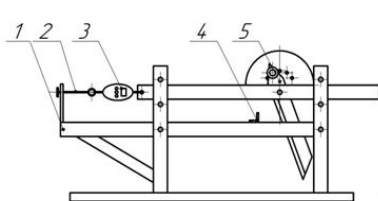
Для визначення зусилля різання біомаси стебел льону використовували лабораторну установку, що зображена на рис. 3. Установка містить упорну раму, захват, динамометр, фіксатор та ніж гільйотинного типу.

Дослідження проводили на стеблах льону олійного (сорт: Орфей, Південна ніч, Айсберг) та льону-довгунця (сорт: Глінум, Гладіатор).

Для отримання зразків із різною вологістю під час експерименту використовували свіжовибрані та триденного вилежування стебла. Досліджували одиночні стебла та групи з трьох і п'яти стебел льону. Величину зусилля різання визначали на трьох ділянках: біля окоренка, на середній та верхівковій частинах стебла. Початкова вологість стебел у ранній жовтій стиглості складала від 14,8% до 62,3%. Вологість визначали стандартним методом. Дослідження проводилися у 3–5 разовій повторюваності, результати обробляли математично-статистичним методом, похибка досліду становила 5%.



**Рис. 2** – Алгоритм процесу різання (подрібнення) стебла льону та розділення його на фракції



**Рис. 3** – Лабораторна установка для визначення зусилля різання стебел:

1 – упорна рама; 2 – захват; 3 – динамометр; 4 – фіксатор; 5 – ніж

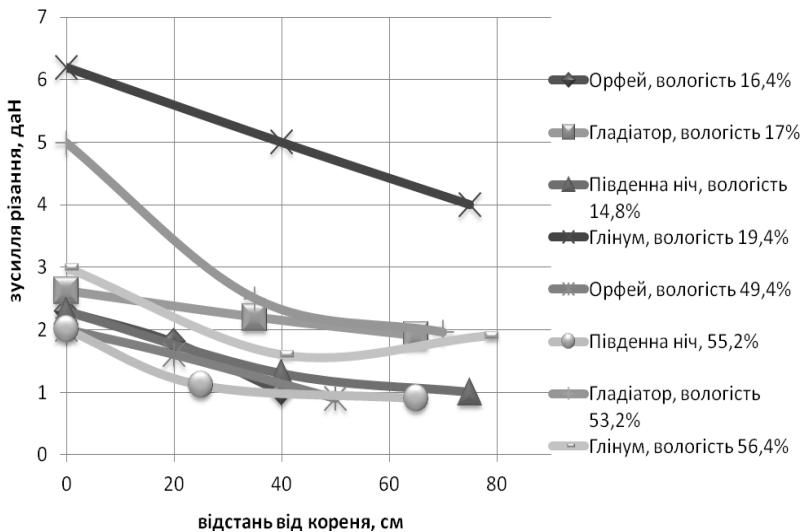
### Результати дослідження та обговорення

Отримання якісної сировини для виділення волокна зі стебел льону залежить від природно-кліматичних умов під час збирання, способу та умов отримання трести, кількості технічних засобів. У разі неможливості використання сировини для виготовлення волокна, біомасу стебел луб'яних культур доцільно переробляти для інших цілей із використанням процесу різання стебел. У результаті проведених досліджень отримані значення сили, що необхідна для різання одного, трьох та п'яти стебел залежно від біологічного виду та сорту льону, а також вологості і ділянки стебла (таблиця).

**Таблиця – Результати дослідження зусилля різання**

Вид	Сорт	Вологість, %	Довжина стебла, мм	Відстань від кореня, см	Зусилля різання, Н		
					1 стебло	3 стебла	5 стебел
Льон олійний	Орфей	16,4	45,0	0,0	2,30	3,30	5,20
				20,0	1,80	3,10	4,60
				40,0	1,00	1,60	4,10
	Південна ніч	14,8	80,0	0,0	2,30	3,50	7,50
				40,0	1,30	2,30	4,10
				75,0	1,00	2,10	3,90
	Айсберг	15,6	50,0	0,0	5,30	4,60	8,00
				25,0	2,00	2,80	4,80
				45,0	1,50	2,65	4,40
Льон-довгунець	Гладіатор	17,0	70,0	0,0	2,62	6,10	–
				35,0	2,20	5,90	–
				65,0	1,90	3,80	–
	Глі-нум	19,4	80,0	0,0	6,20	9,30	–
				40,0	5,00	7,00	–
				75,0	4,00	6,20	–
Льон олійний	Орфей	49,4	59,0	0,0	2,00	2,90	4,50
				20,0	1,60	2,70	4,00
				50,0	0,90	1,40	3,60
	Південна ніч	55,2	70,0	0,0	2,00	3,00	6,50
				25,0	1,11	2,00	3,60
				65,0	0,90	1,80	3,40
	Айсберг	62,3	55,0	0,0	4,60	4,00	7,00
				20,0	1,80	2,40	4,20
				45,0	1,30	2,30	3,80
Льон-довгунець	Гладіатор	53,2	75,0	0,0	4,99	6,70	3,70
				35,0	2,50	4,20	2,80
				70,0	1,96	2,80	2,70
	Глі-нум	56,4	85,0	0,0	3,00	4,60	9,00
				40,0	1,60	3,60	8,80
				78,0	1,90	3,00	5,00

За даними досліджень побудовані графічні залежності, що представлені на рис. 4.



**Рис. 4** – Залежності зусилля різання стебла льону олійного та льону-довгунця від місця різання

З отриманих залежностей видно, що для різання одиночного стебла на прикореневій ділянці потрібно прикласти найбільшу силу (6,2 Н) для льону-довгунця сорту Глінум вологістю 19,4%. Найменшу силу (2,3 Н) необхідно прикласти для різання на прикореневій ділянці одиночного стебла льону олійного сортів Південна ніч та Орфей з вологістю 55,2%. Необхідно відмітити, що сила різання для льону олійного та льону-довгунця відрізняється на 2–4 Н (для одиночних стебел). Така різниця у значеннях сили різання збільшується для групи із трьох стебел і більше. Максимальне зусилля різання (9,3 Н) спостерігалось для групи стебел льону-довгунця сорту Глінум з вологістю 19,4%, а мінімальне (0,9 Н) – для стебел льону олійного сорту Південна ніч з вологістю 55,2%.

### Висновки

На основі результатів проведених досліджень на стеблах льону можна зробити висновки, що під час подрібнення біомаси стебел олійних луб'яних культур потрібно урахувувати не тільки фазу стиглості, вид і сорт льону, а також вологість стебел. Експерименти показали, що опір різанню стебла льону олійного менший, ніж льону-

довгунця. Тобто стебла льону олійного краще піддаються переробленню у паливні брикети, ніж стебла льону-довгунця, за умови втрати ними придатності для перероблення на волокно. Тому для стебел льону-довгунця за умов, що описані у праці [8], та у відповідності до результатів проведених експериментів, доцільно рекомендувати перероблення у паливні рулони, як єдиний можливий варіант збереження урожаю за умови втрати можливості перероблення його на волокно.

Проведені дослідження дозволяють встановити потенціал стеблової частини урожаю олійних луб'яних культур як сировини для отримання короткого неорієнтованого волокна, виготовлення паливних і інших матеріалів. Це дозволяє усунути втрати стеблової складової урожаю луб'яних культур, покращити фінансові показники вирощування цих культур, вирішити екологічні проблеми утилізації залишків сільськогосподарських культур після збирання урожаю. Крім того, результати досліджень дозволяють встановити послідовності технологічних операцій на етапах збирання та первинного перероблення луб'яних культур.

#### Список посилань

1. Ягелюк, С.В. (2016). Формування властивостей льняних матеріалів: монографія. Луцький НТУ, Луцьк, 128.
2. Байдакова, Л.І., Ягелюк, С.В., Байдакова, І.М. (2014). Експертиза товарів: підручник. Видавничий Дім "Слово", Київ, 380.
3. Ягелюк, С.В., Дідух, В.Ф. (2020). Напрямки використання продукції переробки льону олійного та льону-довгунця. Товарознавчий вісник, 13, 292–305.
4. Mańkowski, J., Maksymiuk, W., Szychalski, G., Kołodziej, J., Kubacki, A., Kupka, D., Pudelko, K. (2018). Research on new technology of fiber flax harvesting. *Journal of Natural Fibers*, 1, 53–61.
5. Nilsson, D., Karlsson, S. (2005). A model for the field drying and wetting processes of cut flax straw. *Biosystems Engineering*, 92, 25–35.
6. Morrison, W.H., Archibald, D.D., Sharma, H.S.S., Akin, D.E. (2000). Chemical and physical characterization of water- and dew-retted flax fibers. *Industrial Crops and Products*, 12, 39–46.
7. Горач, О.О. (2009). Удосконалення технології одержання трести з соломи льону олійного з використанням штучного зволоження [Дисертація канд. техн. наук]. Херсонський національний технічний університет, Херсон, 206.
8. Ягелюк, С.В., Дідух, В.Ф. (2020) Концептуальна модель технологій переробки стебел льону. *Сільськогосподарські машини*, 44, 155–164.
9. Yaheliuk, S., Didukh, V., Boyko, G. (2020). The improved technology of biomass processing to obtain products of various applications. *Сільськогосподарські машини*, 45, 151–157.



10. Yaheliuk, S., Didukh, V., Tom'uk, V. (2019). Justification of the new technology of processing residues of flax stem mass in Western Polissya. *Teka. A Quarterly Journal of Agri Food Industry*, 9(1), 5–12.
11. Дідух, В.Ф., Онюх, Ю.М., Дуць, І.З. (2018). Дослідження процесу подрібнення стебел льону олійного. *Сільськогосподарські машини*, 39, 34–42.
12. Шеїна, А.В., Заплетніков, І.М., Гордієнко, О.В. (2014). Експериментальні дослідження процесу різання рослинних матеріалів. *Актуальные вопросы современной науки*, 33, 52–61.
13. Головенко, Т.М., Бойко, Г.А., Іваненко, О.О., Шовкомуд, О.В. (2016). Загальна характеристика показників льону олійного з метою виготовлення інноваційних товарів. *Молодий вчений*, 5(32), 218–222.
14. Chute, W., Henry, D., Rolheiser, D. (2010). Decortication process. Patent № US 7.669.292 B2, USA.
15. Munder, F. et al. (2004). Results of an advanced technology for decortication of hemp, flax and linseed. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 418, 165–179.