

УДК 631.358

© В.В. Буснюк

Луцький національний технічний університет

DOI: <https://doi.org/10.36910/agromash.vi43.199>

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ВАЛЬЦЬОВОГО БРАЛЬНОГО АПАРАТА ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У статті запропоновано технологію збирання олійного льону з використанням всього потенціалу рослини. Обґрунтовано конструкцію та параметри вальцьового брального апарата.

ОЛІЙНИЙ ЛЬОН, ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ, ЛЬОНОКОМБАЙН, ВАЛЬЦЬОВИЙ БРАЛЬНИЙ АПАРАТ, КОНСТРУКЦІЯ, ПАРАМЕТРИ

Постановка проблеми. Традиційні технології збирання олійного льону спрямовані на отримання високоякісного насіння. Вони не передбачають збереження стеблової частини льону у вигляді придатному для подальшої переробки з метою виділення волокна. Як показали результати досліджень [1], під час вирощування олійного льону в кліматичних умовах Західного Полісся України можна отримати крім насіння до 40 ц/га соломи з вмістом волокна до 21,0...23,3%. Таку солому олійного льону доцільно переробляти на однотипне волокно, яке має широкий спектр використання. Таким чином, постала проблема пов'язана з обґрунтуванням технології збирання олійного льону у стадіях ранньої та ранньо – жовтої стиглості, коли насіння та волокно вже зріле.

Відомі методи прискорення умов, за яких можливе збирання такого насіння, шляхом проведення десикації посівів. При цьому стебла з волокном також сформовані, але виділити волокно з нього можна лише у вигляді лубу. Світова практика первинної переробки стебел луб'яних культур [2] показує, що для цього застосовують технологічну операцію з їх декортикації. Впровадження нової технології збирання олійного льону сприятиме підвищенню рентабельності його вирощування, оскільки отримана сировина (насіння, волокно, костра, полова) зі складових врожаю цієї культури є придатною для комплексного безвідходного використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спроба зберегти галузь льонарства при виробництві натуральних волокон з льону – довгунця призвело спочатку до скорочення його посівів а потім до

майже повного зупинення підприємств з виготовлення довгого волокна. Таким чином, на сьогодні, Україна стала імпортно - залежною державою, тканин з натуральних волокон фактично не виробляються. Тому вітчизняними та зарубіжними вченими усе більше уваги звертається на можливість використання отримання короткого неорієнтованого волокна, в тому числі з стеблової частини олійного льону [3 – 5]. Варто звернути увагу також і на те, що її стебла льону олійного містять у луб'яній частині не звичайне, а целюлозне волокно. Найбільш придатні природно-кліматичні умови отримання волокна у стеблах льону олійного знаходяться на територіях Західного Полісся. Останні дослідження вказують, що окремі сорти здатні продукувати до 45 ц/га льняної соломи, у якій знаходиться у межах 25% волокна. Відомі технології збирання спричиняють значні втрати стеблової частини льону на полі у вигляді стерні, утруднюють перетворення її у тресту через відсутність спеціальних технічних засобів. Тому подальші дослідження у напрямку обладнання для збирання льону олійного методом брання, руйнування стебел для створення умов дозрівання волокна, є актуальними.

Мета дослідження – запропонувати технологію збирання олійного льону та обґрунтувати конструкцію та параметри вальцювого брального апарата льонозбирального агрегата.

Результати дослідження. За основу нової технології збирання олійного льону можна взяти комбайнову технологію збирання льону-довгунця. Разом з тим, олійний льон має анатомічні й морфологічні відмінності від льону-довгунця, які необхідно враховувати під час розробки технології збирання та технічних засобів для її реалізації.

Технологія збирання олійного льону, що пропонується[6], передбачає наступну послідовність технологічних операцій (рис. 1). Зернозбиральним комбайном здійснюється зрізування або брання стебел з одночасним їх обмолочуванням для відділення насінневої частини.

Після обмолочування льоносоломка частково руйнується молотильним апаратом комбайна, тому вона перетворюється у стебло – волокнисту масу (СВМ) і залишається на полі у вигляді валків розмірами поперечного січення у межах 0,5x1,0 м. Якщо СВМ відразу не обробляти, то терміни її перетворення у тресту зростають і процеси формування валків відносяться на листопад-грудень місяці. Зрозуміло, що якість волокна при цьому різко падає.

Тому, запропонована технологія, передбачає обов'язкову механічну обробку СВМ. Для фаз ранньої та ранньо – жовтої

стиглості це декортикація, а для повної стиглості - зниження пружних властивостей СВМ, що зменшує розміри валка і, відповідно, сприятиме прискоренню перетворенню СВМ у тресту.

Можливі варіанти подальшого використання СВМ залежать від якісних параметрів волокна та часу знаходження її в умовах відкритого середовища. Тому на схемі(рис. 1) вказані технологічні операції вилежування валків і формування СВМ з врахуванням стану волокна на паливо(у вигляді малогабаритних рулонів) або у великогабаритні рулони для відправлення на подальшу переробку.

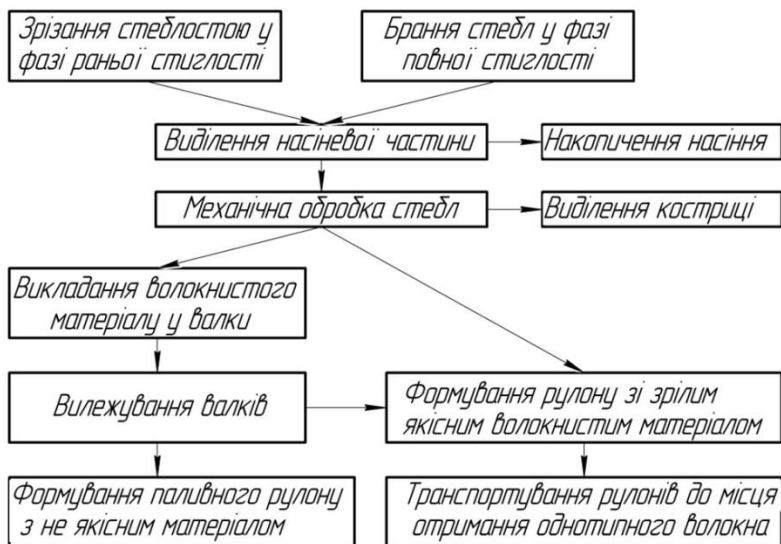


Рис. 1 – Технологія збирання олійного льону

Для реалізації технології збирання олійного льону пропонується зернозбиральний комбайн, який містить жатну частину із сегментно-пальцевим різальним апаратом, на яку при потребі можна встановити бральний апарат пальцевого типу (рис. 2) [7]. В залежності від стану стеблостою на момент збирання олійного льону використовуємо той чи інший механізм для зрізування або брання стебел.

У випадку брання стебел механізм включає пари вальців з урахуванням ширини захвату жатної частини. При цьому у кожній парі вальців один з них привідний, а інший виконує функцію

опорної поверхні. Відстань між осями обертань вальців дорівнює 76,2 мм, аналогічно робочим елементам сегментно-пальцевим різальним апаратам нормального різання.

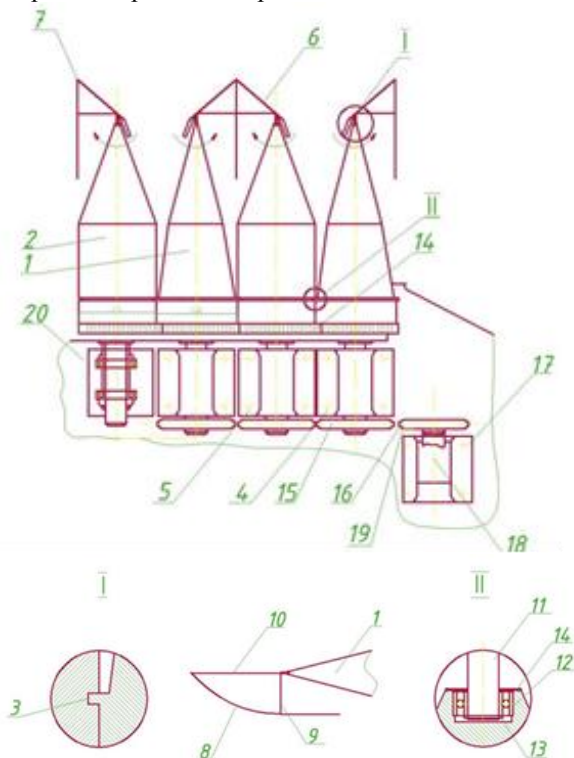


Рис. 2 – Схема сусідніх пар вальців брального апарату:
 I – конструктивне з'єднання вальців; II – з'єднання подільників з вальцями та особливості їх конструкцій.
 1, 2 – ведучий і ведений вальці; 3 – обмежувач стебел;
 4, 5 — приводи вальців; 6; 7, – подільники; 14 – вінцеве зачеплення;
 15 – ланцюгова передача; 18 – гідромотор приводу брального апарату; 20 – корпус жатки.

Як видно з рис.2, пари вальців утворюють у горизонтальній площині міжвальцевий простір, який забезпечує захоплення стеблостою а, сили які виникають при їх обертанні у протилежних напрямках, витягування з ґрунту у вертикальній площині.

Для комбайна при збиранні льону олійного характерна продуктивність $Q(t/га)$ з врахуванням поступальної швидкості та

ширини захвату брального апарату, який забезпечує секундну подачу стеблової маси на платформу жатки Q (кг/с):

$$Q = \frac{10^4 q}{BV}, \quad (1)$$

де: B - ширина смуги брання стебел, м;

V - робоча швидкість комбайна льону олійного м/с.

В свою чергу, значення секундної подачі вибраних стебел на платформу залежить від швидкості брання стебел вальцями $v_{бр}$ (м/с):

$$q = v_{бр} BL\gamma, \quad (2)$$

де: L - одночасне захоплення стебел льону у напрямку руху машини, м;

γ - об'ємна маса льону олійного у зоні одночасного захоплення всіма парами вальців брального апарату, кг/м³.

З врахуванням 1 та 2 і відповідних сталих величинах L , B і γ , а також при середній врожайності стеблової частини льону олійного 40 ц/га, необхідна швидкість брання стебел визначатиметься за формулою:

$$v_{бр} = 10^{-4} Qv / L\gamma, \quad (3)$$

Для задовільної роботи брального апарату необхідно, щоб його годинна продуктивність P_b ула рівною або меншою за продуктивність збірного шнека, $P_{зб}$:

$$3,6LBv_{бр}\gamma k_{бр} \geq k_n k_p \rho \omega D^3 / 8, \quad (4)$$

де: L - відстань, на якій захоплюється маса бральним апаратом у напрямку руху комбайна, м;

B – ширина захвату жатки льону олійного;

$K_{бр}$ – коефіцієнт ефективності роботи брального апарата.

$v_{бр}$ - колова швидкість вальця, м/с, яку визначають за формулою:

$$v_{бр} = \frac{\pi n r}{30}, \text{ де- } n - \text{ частота обертання вальця, } c^{-1}; r - \text{ зовнішній радіус}$$

вальця, м.

k_n, k_p – відповідно коефіцієнт продуктивності шнека та коефіцієнт, який враховує відношення кроку до діаметра D (в метрах) даного шнека;

ρ – густина транспортованого матеріалу, т/м³;

ω – кутова швидкість обертання збірної шнека, рад/с.

З врахуванням формули 4, та зробивши відповідні перетворення, отримаємо:

$$n \geq \frac{30k_n k_p \rho \omega D^3}{8 \cdot 3,6 \cdot LB \pi r \gamma k_{op}}, \quad (5)$$

Підставивши числові значення, при рівності $\gamma = \rho$, визначимо частоту обертання бральних вальців:

$$n \geq \frac{30 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 145 \cdot 0,35^3}{8 \cdot 3,6 \cdot 0,04 \cdot 5,6 \cdot 3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,4} = 268,5 \cdot \text{хв}^{-1}$$

Якісне брання стебел льону вальцювим бральним апаратом запропонованої конструкції без утворення заторів у робочій зоні вальців, залежить від довжини робочої зони бральних вальців з врахуванням як їх кутової швидкості обертання та швидкості переміщення збирального агрегату полем.

Процес переміщення стебел льону робочою зоною вальцювого брального апарата при витягуванні їх з ґрунту схематично зображено на рис.3.

Кутові швидкості обертання вальців будуть рівними за наявності вінцевого зачеплення 14 (рис.2). Зробимо допущення, що витягування стебел відбувається без проковзування по поверхні вальця. При цьому стебла переміщатимуться як у вертикальному, так і у напрямку протилежному руху комбайна. Число обертів вальців у такому випадку, яке необхідне для звільнення від стебел вздовж вальців на відстань l_p визначатиметься за формулою:

$$n = l_p / (L_c + L_k), \quad (6)$$

де L_c – відстань від точки початкового контакту(створення сили брання) стебел з вальцями до поверхні поля, м;

L_k – довжина кореня у стеблі, м.

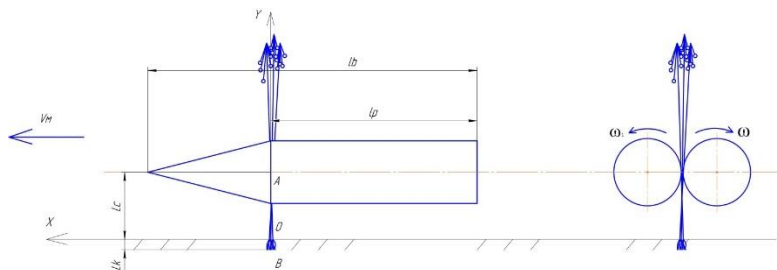


Рис. 3 – Схема до визначення довжини робочої зони вальців льонобрального апарата

Значення кутової швидкості обертання вальців ω_1 , яка необхідна для переміщення стебла вздовж вальців на відстань l_p за час t :

$$\omega_1 = 2\pi n / t, \quad (7)$$

Відповідно за такий же час t комбайн для збирання льону олійного переміститься з початкового положення, яке визначається початком контакту стебла з вальцями (на рис. 3 цьому моменту відповідає точка А), уздовж осі x на відстань S . Таким чином, можна записати:

$$S = V_k \cdot t, \quad (8)$$

де V_k – робоча швидкість комбайна для збирання льону олійного, м/с;

Для роботи льонобрального апарата без утворення заторів на вході у зазор між вальцями (на вході у робочу зону) необхідно, щоб виконувалася умови:

$$S \leq l_p, \quad (9)$$

Або, з врахуванням швидкості льонозбирального комбайна та висоти розміщення брального апарату над поверхнею поля:

$$\omega_1 \geq 2\pi V_k / (L_c + L_k), \quad (10)$$

Ефективна робота брального апарата забезпечуватиметься з врахуванням моменту, коли кінці кореня стебел звільняються з ґрунту. При цьому їх шлях становить відстані від т. В до т. А у напрямку вісі y . Переміщення у вертикальному напрямку має відбуватися швидше, ніж переміщення комбайна. Після цього стебла граблями мотвила спрямовуються на платформу жатки.

Очевидно, що таке явище можливе у випадку коли у (10) поставити знак рівності. Тоді стебло буде рухатись у напрямку вісі

у, а вальці мають повернутись на певний кут для витягування кореня з ґрунту. Даний кут визначається за формулою:

$$\varphi = (L_c + L_k) / r_6, \quad (11)$$

де r_6 – радіус циліндричного вальця, м.

Час брання стеблостою до передачі його на платформу жатки становить:

$$t = \varphi / \omega_1, \quad (12)$$

З врахуванням швидкості руху комбайна для збирання льону олійного та часу витягування кореня з ґрунту можна встановити мінімальну та максимальну довжини робочої зони (зони створення зусилля витягування стебел льону олійного).

$$l_p^{min} = V_k \cdot t = L_k \cdot \varphi / 2\pi = L_k \cdot L_c + L_k^2 / 2\pi r_6, \quad (13)$$

$$l_p^{max} = V_k \cdot t = (L_c + L_k) \cdot \varphi / 2\pi = (L_c + L_k)^2 / 2\pi r_6, \quad (14)$$

Підставивши відповідні значення $L_c = 50$ мм та $L_k = 100$ мм отримаємо:

$$l_p = 31,5 \dots 47,0 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань довжину робочої зони збільшуємо у два рази. У випадку витягування одиночного стебла обидва вальці мають бути циліндричними з відповідною шорсткістю для забезпечення переміщення стебла як в осьовому, так і в радіальному напрямку. Для випадку брання групи стебел важливим є конструктивне виконання одного з вальців згідно рис. 2.. Тоді важливим параметром, який необхідно врахувати є сила брання групи стебел з врахуванням їх фізико механічних властивостей.

Тому, основний напрямок збереження вирощеного врожаю є використання методу брання стебел. Низька продуктивність льонозбиральних машин, до 2 га/год вимагає до розробки нових бральних апаратів (рис.2). Але, у такому випадку необхідно знати зусилля на привод брального апарату.

Серед відомостей про матеріал, який обробляється, важливим параметром є зусилля виривання стебла з ґрунту рівним 3Н.

Відомо також, що при рядковому способі посіву льону олійного з міжряддям 15 см витрачається 5 – 7 млн. насінин на гектар. За ідеальних умов захоплення рослин запропонованим бральним апаратом подільниками у міжвальцевий простір буде спрямовано один рядок. Якщо у період збирання на 1 м^2 дозріває у межах 1393 рослини, то густина їх на один погонний метр дорівнює 200 рослин. З врахуванням геометрії конуса (рис. 3) площу трикутника ABC визначимо за формулою:

$$S_{\Delta ABC} = 1/2 AB \cdot BC = 98,05 \text{ мм}^2, \quad (14)$$

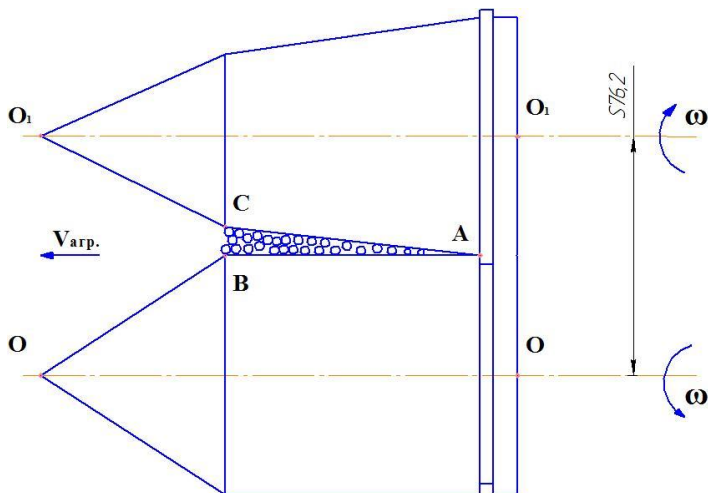


Рис. 4 – Схема до визначення зусилля брання стебел з врахуванням міжвальцевого простору

Якщо врахувати, що у зону подільників і конусних частин ВСДЕ може попасти одночасно два суміжних рядки, то у зоні АВС одночасно необхідно вибрати у межах 40 – 50 стебел. За умови, що максимальна площа перерізу одного стебла дорівнює $S_{ст} = 4,91 \text{ мм}^2$, запас площі розміщення стебел становить 3,74 при величині CF кіничного вальця 66мм.

Зусилля необхідне для одночасного витягування групи стебел запропонованим бральним апаратом визначимо за формулою:

$$P_{ба} = N_{cm} n_{ба} P_{cm}, \quad (15)$$

де N_{cm} – максимальне число стебел, які одночасно витягуються парою вальців брального апарату;

$n_{ба}$ – кількість пар вальців брального апарату;

P_{cm} – максимальне зусилля витягування одного стебла з ґрунту, Н.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$P_{ба} = 50 \cdot 70 \cdot 3 = 10500 \text{ Н}$$

Дане значення необхідне враховувати при проектуванні приводу запропонованого брального апарата. Конструкція брального апарата комбайна для збирання льону олійного передбачається гідравлічний привід ведених вальців. Як відомо, на сучасних машинах широко застосовують механічні приводи. Але у

даному випадку компоновальна схема жатки не дозволяє його застосувати. Тому, у даному випадку пропонується застосувати гідравлічний привід, що складається з двох гідромоторів та двох ланцюгових передач, які приводить у рух 35 привідних вальців правої та 35 привідних вальців лівої секції брального апарата. Таким чином для приводу брального апарата необхідно встановити два гідромотори. Інтенсивність вибирання кожною парою вальців є значною. Тобто затиснуті стебла висмикуються миттєво і рухаються вертикально вгору, де захоплюються граблями мотовила.

Якщо припустити, що робота, яка затрачається на виконання технологічного процесу, спрямовується лише на вибирання стебел льону з ґрунту протягом миттєвого часу (частота обертання вальців складає $4,475 \text{ c}^{-1}$), то необхідна потужність для роботи секції брального апарату буде становити у межах 5,25 кВт.

Висновки. Запропонована технологія збирання олійного льону, яка забезпечить можливість одержання насіння і використання стеблостою, з врахуванням якості волокна.

Запропонована конструкція вальцьового льонобрального апарата, який усуває недоліки існуючих конструкцій бральних апаратів, а також отримані залежності для обґрунтування його конструктивних і кінематичних параметрів.

Література

1. Дідух В.Ф., Онох Ю.М., Ягелюк С.В. Підвищення ефективності збирання льону олійного на території Північного Полісся. Вісник Львівського НАУ «Агроінженерні дослідження» №21 -2017, с. 155...161.
2. Кутасов А.В. Удосконалення технології декортикації стебел соломи технічних конопель : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02 / Кутасов Андрій Володимирович. – Херсон, 2019. – 197 с.
3. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного : Монографія / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, О.О. Горач, Т. І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
4. Didukh V. Modeling of utilization means of oilseed flax stem part/ V. Didukh, S. Yageleuk, R. Kirchuk, V. Busnuyuk. // TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE – Lublin 2018, vol. 18, No.4, 63-705.
5. Дідух В.Ф. Технологія переробки стеблової маси льону олійного, отриманої в умовах Західного Полісся: / Дуць І.З., Ягелюк С.В., Онох Ю.М., Бойчук Б.М. – Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини» вип. 38 Луцьк 2017, – с. 30...38.

6. Пат. Пат.133888 України на КМ, МПК А01D91/04, А01D45/06 (2006.01) D01C1/00. Комбайн для збирання олійного льону / Бойчук Б.В., Буснюк В. В., Дідух В.Ф.; заявник та патентовласник Луцький НТУ; заявл. 21.11.2018; опубл. 25.04.2019, бюл. №8.

7. Пат. 118379 України, МПК А01D45/06, А01D41/14, А01D63/02, А01D69/03(2006.01). Жатка для збирання льону олійного/ Дідух В. Ф., Тараймович І. В., Онюх Ю. М., Буснюк В. В.; заявник та патентовласник Луцький НТУ; заявл. 18.11.2016; опубл. 10.01.2019, бюл.№1.