

**DESIGN REASONING OF OILSEED FLAX WINDROW PICKER
FOR TWO-PHASE HARVESTING****D. Albota, M. Bodak, V. Didukh****Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES

**AM
CM**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

Climate change has affected the entire territory of Ukraine, which requires new approaches in the formation of crop rotations in the regions. Natural conditions of Western Polissya are ideal for growing oilseed flax to obtain different types of raw materials: seeds, fibers. The quality of the oilseed flax harvesting largely depends on the condition of the stem, fiber content, the purpose of raw materials. It is also important to take into account the perspective of the production of organic products, and for this a special approach is required. It is established that the process of cutting oilseed flax stalks is influenced by the ripeness phase. Therefore, it is necessary to provide different options for the use of machines, taking into account the state of the stem during the harvesting period. It is also important to consider the prospects of organic production. This requires a special approach too. Two-phase harvesting involves cutting the flax stem into windrows. After the stem mass has ripened, it is threshed with a combine harvester, which leads to crop losses. If for flax threshing use windrow picker of special design, it allows us to minimize the seed loss and collect stem mass. The main elements of the picker, its working regimes are substantiated. In particular, for maximum destruction of flax seed capsules and reduction of stem elastic properties, the decorticator roller parameters are obtained. The technic of determining the diameter of decorticator rollers, their length and the required number is proposed. The required profile of decorticator rollers and their order of installation in the decorticator are also determined. For the oilseed flax stems with a moisture content of 10–14%, three pairs of rollers are sufficient for the maximum reduction of elastic properties. The result analysis of the conducted research indicates that the proposed decorticator, which contains six pairs of rollers, will ensure the required quality of oilseed flax windrow processing with a stem moisture content of 12–14%. In addition, for measuring the moisture content of oilseed flax stalks in the field, the device is developed.

Key words:

two-phase flax harvesting,
oilseed flax,
mower,
flax windrow picker,
combine harvester

Article history:

Received 27.07.2022

Accepted 25.08.2022

***Corresponding author:**

Didukh_V@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi48.780**To cite this article:**

Albota, D., Bodak, M., & Didukh, V. (2022). Design reasoning of oilseed flax windrow picker for two-phase harvesting. *Agricultural Machines*, 48, 30-37. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.780>

УДК 631.354.2:633.854.54

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДБИРАЧА ВАЛКІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
ДЛЯ РОЗДІЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ****Д.С. Альбота, М.В. Бодак, В.Ф. Дідух****Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна***АНОТАЦІЯ**

Зміни клімату торкнулися всієї території України, що потребує нових підходів у формуванні сівозмін у регіонах. Природно-кліматичні умови Західного Полісся ідеальні для вирощування льону для отримання різних видів сировини: насіння, волокна. Якість технологічного процесу збирання льону олійного значною мірою залежить від стану стеблостою, вмісту волокна та призначення сировини. Важливо також урахувати перспективу виробництва органічної продукції, а це потребує особливого підходу. На процес зрізування стебел льону олійного впливає фаза його стиглості, тому необхідно передбачити різні варіанти застосування технічних засобів із урахуванням стану стеблостою льону у період збирання. Запропоновано використовувати роздільну технологію збирання льону олійного у фазі повної стиглості для отримання органічної продукції. Ця технологія передбачає зрізування стеблостою льону у валки. Зазвичай, після дозрівання стеблової маси у валках, проводиться її обмолочування зернозбиральним комбайном, що призводить до втрат урожаю. Якщо застосовувати підбирач валків льону, то це дозволить мінімізувати втрати насіння та зібрати стебло-волокнисту масу. У статті обґрунтовані основні складові вузли підбирача валків та умови його роботи для обмолочування насінневих коробочок і збирання стебло-волокнистої маси, як сировини для виготовлення продукції різного функціонального призначення. Зокрема, встановлені параметри вальців декортикатора для максимального руйнування насінневих коробочок та зменшення пружних властивості стебел. Запропоновано методикку визначення діаметру вальців, їх довжини та необхідної кількості. Також визначено необхідний профіль рифлів для вальців та їхню черговість встановлення у декортикаторі. Крім того, розроблено прилад для вимірювання вологості стебел льону в польових умовах.

Ключові слова:

роздільна технологія збирання
льону,
льон олійний,
косарка,
підбирач валків,
зернозбиральний комбайн

Історія публікації:

Отримано 27.07.2022

Затверджено 25.08.2022

***Автор для листування:**

Didukh_V@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi48.780

Цитувати цю статтю:

Альбота, Д. С., Бодак, М. В., & Дідух, В. Ф. (2022). Обґрунтування конструкції підбирача валків льону олійного для роздільної технології. *Сільськогосподарські машини*, 48, 30-37. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.780>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відновлення посівів льону на теренах України вирішує низку проблем, які виникли в результаті споживацького використання природних ресурсів в останні десятиліття (Балуок та ін., 2018; Гаврилюк та ін., 2021). Збільшення у сівозмінах лише сільськогосподарських культур зернової групи може призвести до подальшої деградації ґрунтів. Серед багатьох заходів, які необхідно проводити на окремих територіях України, рекомендується введення у сівозміни льону олійного, що сприятиме стабілізації біо-екологічних функцій родючого шару ґрунту. Крім того, переваги вирощування льону олійного полягають у високому експортному потенціалі та рентабельності, можливості більш повного використання агроекономічного потенціалу територій із урахуванням регіональних особливостей зональних систем землеробства і зростання ризиків вирощування обмеженої кількості сільськогосподарських культур (Рудік, 2020).

Незважаючи на приналежність льону олійного до технічних культур, технологія його вирощування аналогічна технологіям вирощування більшості сільськогосподарських культур зернової групи. Тому більшість технічного забезпечення для вирощування та збирання цих культур є однаковим. Як правило, виробництво продукції з льону олійного, незважаючи на його особливості, не буває збитковим. У цій культурі природою закладено потужний сировинний потенціал у вигляді як насіння, так і стебло-волокнистої маси (Yaheliuk et al., 2020; Папроцький, 2021). Наявність волокна у стеблах дещо гальмує поширення посівів льону олійного, оскільки виникають проблеми під час його збирання. Пов'язані вони із прямим комбайнуванням і подальшою утилізацією залишків обмолоту. Їх спалюють або подрібнюють із подальшим зароблянням у ґрунт, що є недопустимим з екологічної точки зору.

Один з напрямів підвищення ефективності збирання льону олійного – це вибір раціональної технології залежно від напрямку подальшого використання сировини (насіння і стебло-волокнистої маси) (Тараймович, 2015; Ягелюк & Дідух, 2020). Тому розроблення технічного забезпечення для збирання льону олійного має відбуватися у напрямі зниження

енерговитрат на проведення технологічного процесу без втрат урожаю.

Висока ефективність процесу збирання льону олійного прямим комбайнуванням досягається збереженням ширини захвату жатної частини зернозбирального комбайна (Дідух та ін., 2019b; Шувар, 2012). Але, під час вирощування органічної продукції з льону олійного, недоцільно використовувати пряме комбайнування. Оскільки у цьому випадку необхідно застосовувати роздільну технологію збирання льону, що передбачає зрізування стеблостою роторною косаркою та вкладання його у валки. Необхідно зазначити, що ефективність процесу підбирання валків зернозбиральним комбайном буде низькою при формуванні валка з стеблостою шириною 1,25–1,35 м. Тому для роздільної технології краще використовувати спеціальний підбирач (Дідух та ін., 2022) із наданням йому необхідних функцій.

Мета дослідження – дослідити вплив властивостей стеблостою льону олійного на процес збирання за роздільною технологією та обґрунтувати основні вузли підбирача валків.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У дослідженнях використовували власні методики, які відображають процеси формування і підбирання валка, захоплення його пальцями, проминання стеблової маси вальцями при обмеженій ширині подачі. Експериментальні дослідження з проминання стебел проводили на розробленій дослідній установці, що складається з пари м'ялих вальців. У польових умовах вологість стебел льону олійного визначали за допомогою спеціально розробленого приладу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Один із напрямів зниження енерговитрат на вирощування льону олійного та підвищення ефективності процесу збирання – урахування фізико-механічних властивостей стеблостою під час вибору способу збирання (Дідух та ін., 2019a). Перспективною для виробництва органічної продукції з льону олійного є роздільна технологія збирання, яка передбачає зрізування стеблостою роторною косаркою та формування здвоєних валків із стебловолокнистої маси, що мають переріз 0,8×0,2 м

(рис. 1). Здвоєння валків сприяє підвищенню ефективності роботи збирального агрегату, але при цьому можлива втрата насіння, адже вплив пальців підбирача на стеблову масу буде відрізнятись при захопленні її з боку насінневих коробочок та з боку кореневої частини. Для зменшення втрат насіння захоплення стебел має відбуватися з боку насінневих коробочок льону олійного. Це сприятиме подальшому ефективному руйнуванню коробочок льону шляхом їх плющення та зменшенню пружних властивостей стебел перед скручуванням стебло-волоконистої маси у рулони.



Рис. 1 – Здвоєння валків льону олійного при зрізуванні роторною косаркою із ширини стеблостою 2,5–2,7 м

У процесі вилежування стебел льону олійного на льонищі у валках відбувається зміна їх фізико-механічних властивостей: нерівномірно зменшується вологість за висотою валка, валок ущільнюється. Ці зміни пояснюються тим, що через розгалуженість стебла льону з'єднуються між собою і валок не обертають. Тому фізико-механічні властивості стебел льону необхідно враховувати під час розроблення робочих органів технічних засобів для підбирання валків льону олійного, які б забезпечували збереження нерозривності потоку стеблової маси (Дідух та ін., 2019а; Дідух та ін., 2019b).

У розробленому приладі для визначення вологості стебел (рис. 2) реалізовано спосіб визначення вологості шляхом вимірювання опору проходженню струму через матеріали (Ксенжук та ін., 2010; Ягелюк & Дідух, 2022). Прилад містить стандартний мегомметр та ізолюючу підставку з розміром 135×60 мм, на якій закріплено контактні пластини. Для вимірювання довжина стебел має бути 150 мм.

Для забезпечення точності отриманих результатів, по чергово вимірювали опір від одного до п'яти стебел, проводили оброблення

результатів і будували залежності їх опору від вологості (рис. 3). За допомогою приладу визначено опір проходженню струму у стеблах різних сільськогосподарських культур.

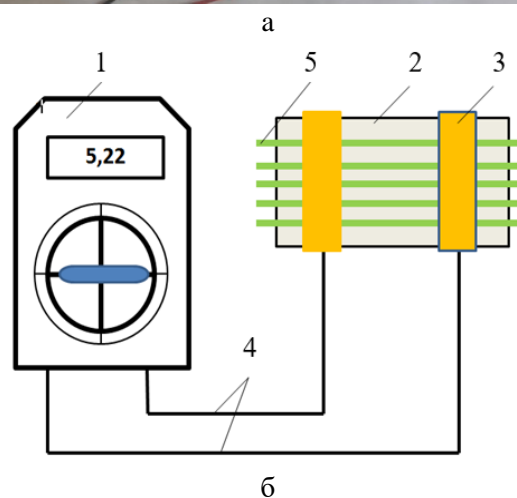


Рис. 2 – Прилад для вимірювання вологості стебел у польових умовах (а) та його схема (б):
1 – мегомметр; 2 – ізолююча підставка;
3 – контактна пластина; 4 – з'єднувальні дроти; 5 – стебла

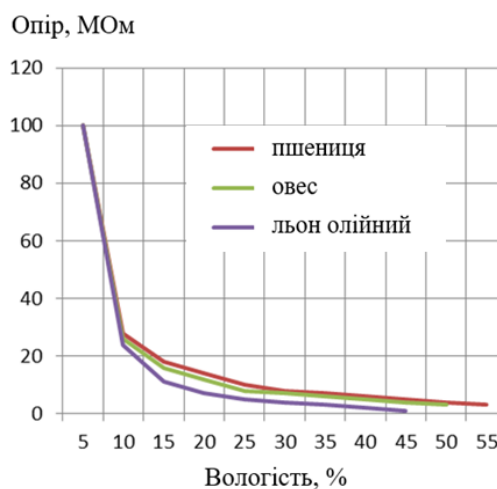


Рис. 3 – Залежність опору стебел сільськогосподарських культур від вологості

Аналіз графіків (рис. 3) показує, що опір проходженню струму залежить від складу та розміщення рідкої фази у стеблах сільськогосподарських культур. Особливо варто звернути увагу на стебла льону олійного, в яких мінімальний опір в 1 МОм відповідає вологості 45%. Разом із тим, для пшениці і вівса опір більший за вологості 55%. Отримана залежність дозволяє визначити вологість стебел льону олійного перед вкладанням у валки та під час їх підбирання за роздільної технології збирання.

Механізація процесу збирання льону олійного спрямована на збереження усього вирощеного урожаю насіння та створення умов для подальшого використання стебловій частини. Для підбирання валків льону, відокремлення насінневої складової урожаю та одночасного скручування стебло-волокнистої маси у рулони пропонується конструкція напівначипного підбирача (рис. 4), що містить раму з опорно-копіювальними колесами, подавальний транспортер, декортикатор, шнек,

камеру пресування та транспортер рулонів. Привод робочих органів підбирача валків забезпечують гідромотори, які працюють від гідросистеми трактора. Основними вузлами, які забезпечують якість виконання процесу підбирання валка з необмолочених стебел, є подавальний транспортер та декортикатор. Результати дослідження процесу піднімання валка із збереженням нерозривності потоку в лабораторних умовах представлено у науковій праці (Дідух & Альбота, 2021). Подальші дослідження цього механізму у польових умовах потребують відповідних площ під льон олійний та окремої лабораторної установки.

Декортикація стебло-волокнистої маси необхідна для забезпечення збирання всього біологічного урожаю льону олійного. Тому в підбирачі передбачено камеру пресування матеріалу у пакунки циліндричної форми. Для обґрунтування конструкції декортикатора, який забезпечує відокремлення насіння та зменшує пружні властивості стебел, було проведено низку досліджень.

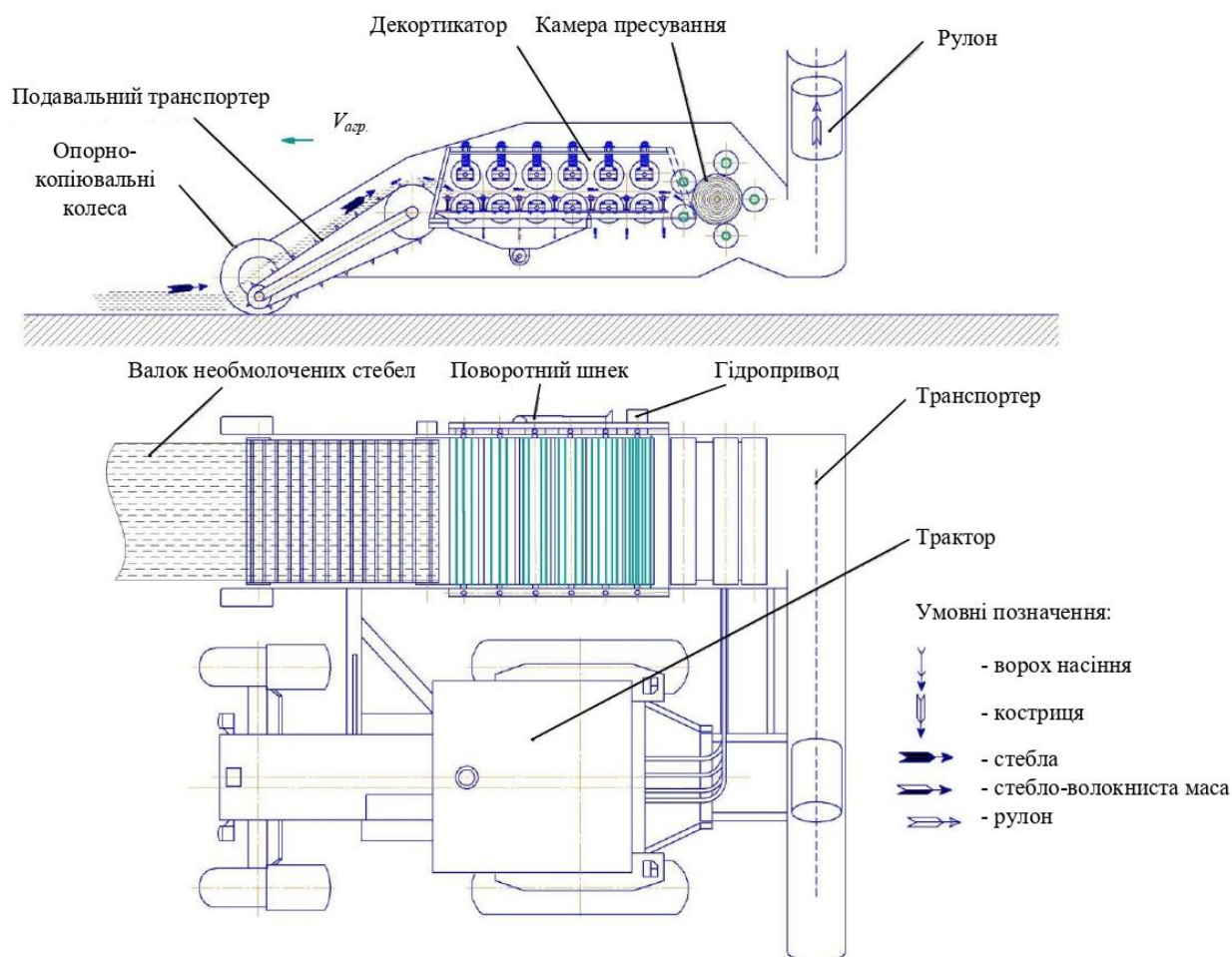
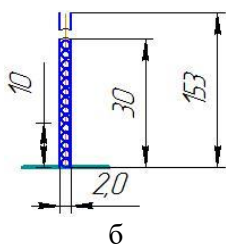


Рис. 4 – Функціональна схема підбирача валків льону олійного

У дослідженнях використана розроблена методика, яка моделює захоплення та проминання реального валка льону на полі. Експериментальні дослідження проводили на розробленій установці, що складається із пари вальців. В установці передбачено спеціальний обмежувач ширини подачі стебел на вальці із різними поверхнями (рис. 5). На гладких вальцях моделювали процеси захоплення і руйнування насінневих коробочок льону за різної висоти валка. Після відокремлення насіння, залишки стебло-волокнистої маси проминали на вальцях із рифлями.



а



б

Рис. 5 – Моделювання обмеження ширини валка на дослідній установці:

а – загальний вигляд; б – розміри обмежувача

Проведені дослідження дозволили встановити необхідну кількість та форму поверхні вальців для первинного оброблення валка льону олійного. Як показала практика, для виконання технологічних операцій відокремлення насіння та зменшення пружних властивостей стебло-волокнистої маси, поверхні вальців повинні мати різний профіль. Тоді, під час зазначених технологічних операцій, на стебла будуть діяти необхідні сили тертя, зсуву та удару як за довжиною декортикатора, так і за висотою шару. Для технологічної операції руйнування насінневих коробочок льону доцільно застосовувати гладкі циліндричні поверхні, а для зменшення пружних властивостей стебло-волокнистої

маси – циліндричні поверхні із рифлями. Цей підхід дозволяє мінімізувати попадання відходів у насіння льону, зберегти волокно та ущільнити потік стебло-волокнистої маси перед подачею у камеру пресування.

Експериментальні дослідження проводили у такій послідовності. Формували варіанти дослідних зразків, що містили одне, три та п'ять стебел. Ці зразки пропускали через вальці із фіксацією результатів відокремлення насіння і встановлення коефіцієнта пружності. Отримані результати (рис. 6) вказують, що стабілізація коефіцієнта пружності настає вже після третього проминання, а після четвертого проминання зменшення його значення є незначним.

Таким чином, для ефективного виконання технологічного процесу оброблення валка стебел льону олійного необхідно, щоб робочі поверхні перших двох пар вальців були гладкими. У цьому випадку максимально будуть зруйновані насінневі коробочки льону, а стебла залишаться цілими і костриця не буде попадати у бункер вороху насіння. Таку ж пару вальців необхідно встановити на виході із декортикатора для ущільнення шару.

Аналіз результатів досліджень показує, що для стебел льону олійного із вологістю 10–14% для максимального зменшення пружних властивостей достатньо три пари вальців. Збільшення кількості пар вальців може зумовити розрив потоку стебло-волокнистої маси. Залишкова пружність пучків без костриці вказує на наявність пружності самих волокон. Відтак, робочі поверхні останньої пари вальців також мають бути гладкими.

Важливим конструктивним параметром вальців є їх діаметр, оскільки висота валка, який подається на оброблення, може бути різною. Аналіз попередніх досліджень роботи м'яльно-тіпальних агрегатів показує, що у цьому випадку дія робочих органів розглядається як силовий вплив на одиничне стебло. Якщо розглядати силовий вплив на групу стебел за відсутності обмежень з боків, тоді важливим буде параметр – довжина вальців. У випадку наявності бокових обмежень виникає дія стискаючих сил у взаємно перпендикулярних і інших напрямках. Для підтвердження цього припущення були проведені досліди для можливої максимальної висоти валка (рис. 5). Для цього в обмежувач, що моделює висоту подачі валка 150 мм у

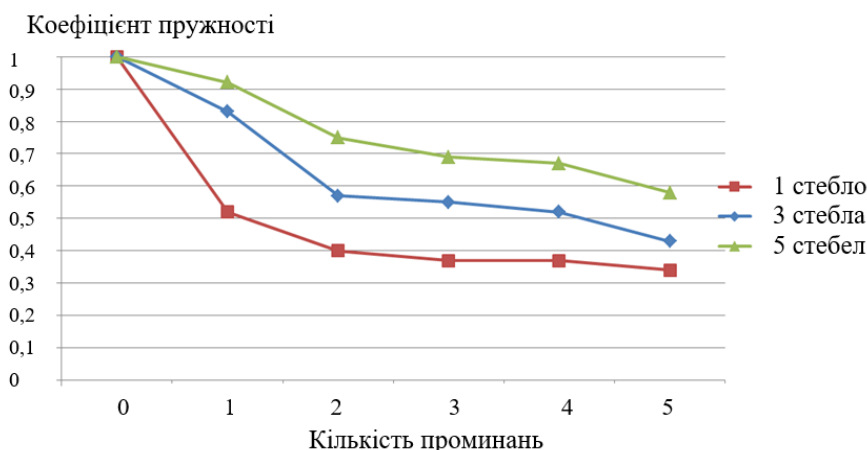


Рис. 6 – Залежність коефіцієнта пружності стебел льону олійного від кількості проминань

полі, розміщували стеблову частину урожаю. Результати серії дослідів вказують на те, що у випадку ширини робочої поверхні пари вальців 10 мм можна якісно пром'яти валок висотою 150 мм. Після першого приминання валок під дією вальців стискається до висоти 20 мм і розширюється до ширини 40 мм. При наступних проминаннях ширина пром'ятих стебел не змінювалася. Таким чином, на вході у декортикатор на етапі відокремлення насіння необхідно встановлювати бокові обмежувачі вальців. Із урахуванням ширини валка льону у польових умовах, що становить 0,8 м, ширина захоплення подавального транспортера має дорівнювати не менше 1,0 м. Діаметр вальців повинен бути не меншим за висоту валка.

Аналіз результатів проведених досліджень вказує на те, що запропонований декортикатор (рис. 4), який містить шість пар вальців, забезпечить необхідну якість оброблення валка льону з вологістю стебел 12–14%. Для цього поверхні першої пари циліндричних вальців повинні бути без рифлів, але шорсткими, що забезпечить якісне захоплення валка та руйнування основної маси насінневих коробочок. У другій парі вальців на робочих поверхнях необхідно передбачити заокруглені рифлі для руйнування насінневих коробочок у внутрішніх шарах валка льону і додаткового розпушення стебел перед проминанням. Для м'яття для трьох пар вальців важливо враховувати вертикальні зусилля, щоб не відбувалося розриву потоку оброблювального матеріалу. Ефективність оброблення валка залежить також від струшувачів шару для видалення насіння та костриці. Остання пара

гладких вальців необхідна для додаткового ущільнення обробленого валка льону.

ВИСНОВКИ

На основі запропонованих методик і за допомогою розробленого лабораторного устаткування проведені дослідження для обґрунтування конструкції основних вузлів підбирача валків льону олійного: подавального транспортера та декортикатора. Доведена необхідність врахування змін фізико-механічних властивостей стебло-волокнистої маси валка. Встановлені параметри вальців декортикатора для максимального руйнування насінневих коробочок та зменшення пружних властивостей стебел. Запропоновано методику визначення діаметру вальців, їх довжини та необхідної кількості. Також визначено необхідний профіль рифлів для вальців та їхню черговість встановлення у декортикаторі. Для реалізації проєктів в органічному землеробстві та ефективного застосування запропонованої роздільної технології збирання льону олійного необхідне спеціальне технічне забезпечення.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 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. <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38>
- Балюк, С. А., Трускавецький, Р. С., Мірошніченко, М. М., Гаврилюк, В. А., Зінчук, М. І., Соловей, В. Б., Кучер, А. В., Момот, Г. Ф., & Акімова, Р. В. (2018). *Ґрунтові ресурси Волинської області:*

- стан, резерви продуктивної здатності (аналітична записка) (*Soil resources of the Volyn region: state, reserves of productive capacity (analytical note)*). Харків: Стиль-Іздат.
- Гаврилук, В. А., Бортнік, А. М., & Бортнік, Т. П. (2021). Наукові основи управління продуктивними і екологічними функціями осушуваних та техногенно-деградованих ґрунтів Західного Полісся (*Scientific bases of management of productive and ecological functions of drained and technogenically degraded soils of Western Polissia*). Луцьк: ПП Іванюк В.П.
- Дідух, В. Ф., & Альбота, Д. С. (2021). Визначення коефіцієнта пружності стебел льону олійного (*Determination of the coefficient of elasticity of oil flax stems*). *Сільськогосподарські машини*, 46, 22-29. <https://doi.org/10.36910/acm.vi46.487>
- Дідух, В. Ф., Буснюк, В. В., & Бодак, М. В. (2022). Обґрунтування обладнання для збирання льону олійного зернозбиральним комбайном (*Justification of the equipment for harvesting oil flax with a combine harvester*). *Центрально-український науковий вісник. Технічні науки*, 5(36/1), 226-235.
- Дідух, В. Ф., Буснюк, В. В., Бойчук, Б. В., & Ягелюк, С. В. (2019а). Патент України 135725. Машина для формування паливних рулонів (*Machine for round fuel bale forming*). Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Дідух, В. Ф., Тараймович, І. В., Онюх, Ю. М., & Буснюк, В. В. (2019б). Патент України 118379. Жатка для збирання льону олійного (*Reaper for oilseed flax harvesting*). Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Ксенжек, О. С., Петрова, С.О., & Колодяжний, М. В. (2010). Опір листа однодольної рослини на постійному струмі (*Resistance of a leaf of a monocot plant to direct current*). *Вопросы химии и химической технологии*, 1, 179-183.
- Папроцький, Р. (2021). Особливості вирощування олійного льону (*Features of growing oil flax*). *Агроном*. Отримано 20 червня, 2022, з <https://www.agronom.com.ua/roman-paprotskiy-d-yrektor-pp-lugove/>
- Рудік, Н. М. (2020). Економічний потенціал виробництва льону олійного в Україні (*Economic potential of linseed oil production in Ukraine*). *Агросвіт*, 2, 61-68. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.2.61>
- Тараймович, І. В. (2015). Можливості розширення асортименту продуктів харчування за рахунок місцевої олійної сировини (*Possibilities to expand the range of food from local oil-seeds*). *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 1(3), 167-171.
- Шувар, А. М., & Войтович, Р. М. (2012). Оцінка способів збирання льону олійного (*Estimation of harvesting methods for oil flax*). *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 17, 149-153.
- Ягелюк, С. В., & Дідух, В. Ф. (2020). Концептуальна модель технологій переробки стебел льону (*A concept model of technologies for processing flax stems*). *Сільськогосподарські машини*, 44, 155-164. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.300>
- Ягелюк, С. В., & Дідух, В. Ф. (2022). Електричний метод вимірювання вологості біомаси олійних луб'яних культур (*The electrical method for measuring the moisture content of the oilseed bast biomass*). *Товарознавчий вісник*, 1(15), 298-307. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-26>