

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК633.522:664.3.032

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.55-62>**В.О. Шейченко**, проф., д-р техн. наук*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна**e-mail: vsheychenko@ukr.net***Д.О. Петраченко**, канд. техн. наук*Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж**Сумського національного аграрного університету, м. Глухів, Україна**e-mail: dpetrachenko@i.ua*

Обрушування насіння промислових конопель механізмами з підвищеною продуктивністю

В статті наведено результати дослідження технологічного процесу обрушування насіння промислових конопель. Метою роботи є підвищення продуктивності технологічного процесу обрушування за умов збереження якості ядер насіння конопель. Розроблено та досліджено експериментальний зразок відцентрового механізму обрушування, здатного працювати з насінням, що не потребує попереднього калібрування. Встановлено раціональні параметри відцентрового обрушувача: частота обертання робочого колеса 6200 ± 200 об./хв., швидкість подачі – 100 кг/год., вологість сировини – в межах 8,8-11,5%. Зазначені параметри уможливили збільшити вихід конопляних ядер до максимально можливих показників. За результатами проведених досліджень збільшено пропускну спроможність пристрою від 30 кг/год. до 100 кг/год. За результатами проведеного багатфакторного експерименту отримано математичні моделі процесу та встановлено залежність ефективності обрушування від обраних параметрів. Отримані результати мають практичне значення для галузі переробки конопель і можуть бути застосовані для вдосконалення існуючих технологічних рішень.

обрушування насіння, конопля, відцентровий механізм, продуктивність, оптимізація, технологічні параметри, ефективність.

Постановка проблеми. Зростання попиту на натуральні та корисні харчові продукти стає стимулом для розроблення нових технологічних рішень у переробці насіння промислових конопель. Сьогодні особливий інтерес викликає продукт, який отримують в результаті обрушування насіння – конопляні ядра. Конопляним ядрам притаманний високий вміст необхідних для організму людини елементів, зокрема, білка, жирних кислот, вітамінів тощо [1, с.10-12]. Крім того, конопляні ядра мають приємний смак, що сприяє їх популярності як самостійного продукту, а також як інгредієнта для різноманітних страв та напоїв [2].

Процес обрушування, який раніше розглядався лише як технологічний етап підготовки насіння до подальшого вичавлення олії [3], набуває сьогодні нового значення. Відділення оболонки від ядер підвищує не тільки якість кінцевого продукту, але й його поживну цінність. Звільнені від лушпиння ядра конопель мають більшу біодоступність поживних речовин в порівнянні з цілим насінням, завдяки чому корисні компоненти легше засвоюються організмом [4].

Незважаючи на очевидні переваги використання обрушеного насіння конопель у харчовій промисловості, процес обрушування все ще потребує додаткового наукового обґрунтування. Існує брак наукових досліджень, які б повною мірою висвітлювали

оптимальні технологічні прийоми та режими обрушування насіння промислових конопель. Це створює певний інформаційний вакуум, який обмежує впровадження нових техніко-технологічних рішень у виробництво. Вивчення найбільш раціональних підходів до процесу дозволить не лише підвищити якість харчових продуктів на основі конопляного ядра, але й сприятиме більш ефективному використанню ресурсів коноплярства загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відокремлення оболонки насіння від ядра є складним процесом, для якого використовують різноманітні методи та механізми. Вибір методу обрушування залежить від біологічних особливостей насіння та його фізико-механічних властивостей [5]. Це пов'язано з тим, що насіння і його компоненти демонструють значну розбіжність характеристик не лише між різними видами, але й всередині одного сорту. Для руйнування зовнішньої оболонки насіння використовують розрізування [6], фрикційне [7] та абразивне [8] тертя, багаторазовий удар [9], одноразовий орієнтовний удар [10].

Відзначимо, що обрушування кожного виду насіння вимагає власного підходу до процесу та адаптованого механізму його реалізації. Підтвердженням цьому є результати роботи [7], в якій представлено спробу розробки універсального механізму для обрушування насіння різних культур. Для відокремлення зовнішньої оболонки насіння спельти та емеру використовували обрушувачі, які призначені для обробки інших культур, таких як ячмінь, овес, соняшник. Для цього проводили модернізацію і налаштування обладнання, оскільки кожен вид насіння має свої специфічні особливості, які потребують регулювання під час обробки. Проте створення універсального механізму виявилось складним завданням, оскільки вимагало значних компромісів, що не завжди забезпечували оптимальні умови для обрушування кожного виду насіння. Зазначено, що навіть під час обробки різних видів насіння спельти доводилося змінювати налаштування механізму.

Аналіз існуючих досліджень показує, що існує потреба в спеціалізованих механізмах для обрушування насіння промислових конопель. Існуючі методи не забезпечують повної відповідності вимогам обробки цього типу насіння, що зумовлено його унікальними морфологічними особливостями та неоднорідними фізико-механічними характеристиками. Зокрема, насіння конопель має нерівномірну форму і різний ступінь твердості складових, що значно ускладнює процес його обрушування.

У зв'язку з цим проведено дослідження різних способів обрушування [11] насіння конопель. Результати показали, що для насіння промислових конопель найкращим є метод орієнтовного одноразового удару. Оскільки даний метод дозволяє досягти високого рівня відокремлення ядра від оболонки при мінімальних втратах продукту. Це є важливою перевагою в порівнянні з іншими методами, які вимагають попередньої підготовки насіння.

Подальші дослідження [12] дозволили розробити конструкцію відцентрового механізму, який здатний обрушувати насіння без необхідності попередньої підготовки. Ця особливість значно спрощує процес обробки, оскільки зникає потреба в попередньому калібруванні насіння та нормуванні його вологості перед обрушуванням. За результатами випробувань, даний механізм забезпечує отримання 30–35% конопляного ядра, при цьому рівень засміченості кінцевого продукту не перевищує 1%. Це є важливим досягненням, яке свідчить про ефективність механізму та його потенціал для застосування у виробничих умовах.

Однак розроблений механізм має суттєвий недолік – низьку продуктивність, яка обмежується пропускнуною спроможністю по сировині на рівні 30 кг/год. Цей показник є низьким для використання в промислових умовах, де вимагається значно вища

продуктивність. Таким чином, подальші дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення цього аспекту, зокрема на збільшення пропускної спроможності та підвищення загальної ефективності процесу обрушування.

З огляду на це, розробка нових технічних рішень для підвищення ефективності механізмів обрушування насіння промислових конопель є нагальним завданням. Досягнення в цьому напрямку можуть мати значний вплив на розвиток галузі, сприяючи підвищенню якості кінцевого продукту та розширенню можливостей його використання у різних сферах виробництва. Впровадження інноваційних підходів дозволить вирішити наявні проблеми та забезпечити високу ефективність роботи механізмів без втрати якості продукції.

Постановка завдання. Метою роботи є підвищення ефективності коноплевиробництва завдяки обрушуванню насіння промислових конопель механізмами з підвищеною продуктивністю.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі проведених досліджень розроблено експериментальний зразок відцентрового обрушувача, призначеного для обрушування насіння конопель (рис. 1). Конструкція пристрою включає бункер 1, патрубок 2, робоче колесо 3, відбійну деку 4, вивантажувальний лоток 5 і електродвигун 6.

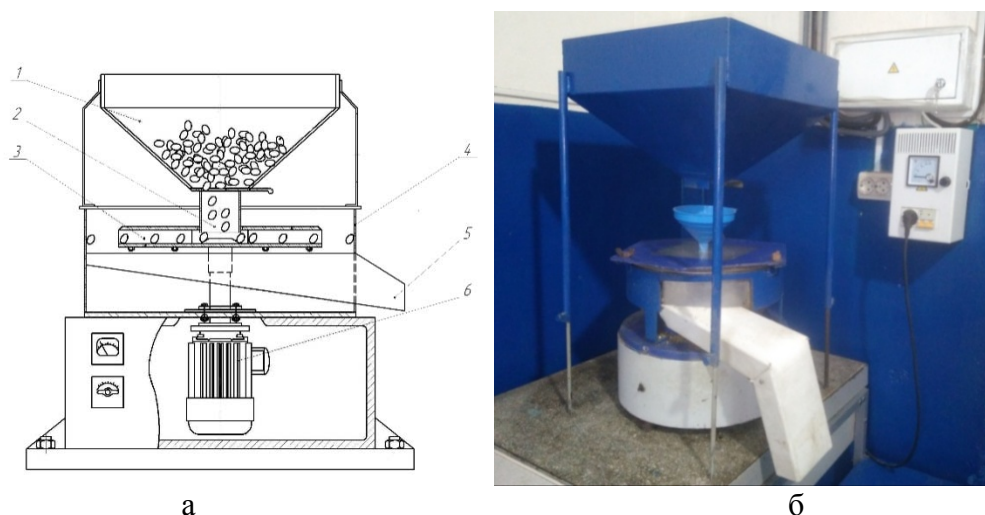


Рисунок 1 – Експериментальний пристрій для обрушування насіння конопель:
а – функціональна схема, б – загальний вигляд

Джерело: розроблено авторами

Відокремлення ядер насіння від оболонки здійснюють завдяки орієнтовному удару насінини об відбійну деку. Механізм обрушувача дозволяє працювати з насінням конопель вологістю від 8,8 % до 13,0 %, вмістом органічних домішок у межах 3–15 %. Завдяки конструкційним особливостям, цей пристрій усуває потребу в поділі насіння на фракції за розміром перед обробкою, що значно полегшує процес і скорочує витрати часу й зусиль.

Принцип роботи механізму полягає в одноразовому орієнтованому ударі насінини об відбійну деку, що забезпечує точне відокремлення оболонки від ядра. Поєднання оптимальної кутової швидкості колеса з точною відстанню до дека виключає необхідність у попередній підготовці – ретельному сортуванні насіння. Проте після одного проходу через обрушувач залишаються недорושеними 41,2–76,4 % насіння, що потребує повторного оброблення. Повний цикл оброблення однієї партії включає три проходи, що уможливує виділити близько 35,0 % готових конопляних ядер.

Дослідження проводили на насінні промислових конопель української селекції без попереднього його калібрування. Змінними параметрами виступали налаштування обрешувача (частота обертання робочого колеса, подача сировини) і властивості насіння (вологість). Насіння подавалося в неорієнтованому сипучому стані на середину робочого диска. Повторність в досліджах – дев'ятиразова. Маса окремої наважки насіння для кожного з варіантів дослідження становила 1,0 кг. Одержану після пропускання через механізмрушанку розділяли на повітряно-решітній модернізованій зерноочисній машиніСМ-0,15 на чотири фракції: ядро – звільнені від насінневих оболонок цілі та зруйновані ядра; недоруш – цілі та пошкоджені насіннини; січка – дрібно розрубане ядро; відходи – насінневі оболонки, дрібно розмелене насіння, масляний пил.Вагу кожної фракції визначали за допомогою терезів. Обробку експериментальних результатів проводили у програмному середовищі Microsoft Excel та Statistica10.0.

Як відомо, збільшення економічного ефекту при виробництві можливо досягти за рахунок зменшення витрат на одиницю виробництва продукції або збільшення виробництва при сталих витратах. Прагнення до підвищення рівня продуктивності є невід'ємною складовою будь-якого виробництва, що обумовлює необхідність вирішення даного питання. В нашому випадку одним з можливих варіантів підвищення ефективності процесу обрешування є збільшення пропускної спроможності розробленого механізму.

За результатами досліджень встановлено[12], що частота обертання робочого колеса істотно впливає на кількість вільного від оболонки насінневого ядра в рушанці. Оптимальною частотою обертання робочого колеса, за якої процес обрешування протікає задовільно, є 2000 об/хв. При цьому пропускна спроможність обрешувача складає 30 ± 1 кг/год. Якщо перерахувати на 8-годинний робочий день, то за умови безперервного виробництва продуктивність складе близько 240 кг за зміну. Якщо ж провести паралель із розробленою[3] технологією переробки насіння на олію, то її продуктивність становить до 800 кг за зміну. Як бачимо, продуктивність процесу обрешування потребує істотного підвищення, тому роботу направлено на пошук шляхів збільшення пропускної спроможності обрешувача. За орієнтир було обрано продуктивність технології перероблення насіння на олію – 800 кг/зм.

Для визначення можливих шляхів рішення даного питання проведено багатофакторний експеримент (ПФЕ³). Умови проведення дослідження та фактори, які вивчались в процесі експерименту, визначено з урахуванням отриманих результатів. В процесі проведення ПФЕ³ досліджуваними факторами виступали: частота обертання робочого колеса (N), швидкість подачі насіння (F), вологість насіння (W) (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні факторів та їх натуральні значення

Фактор	Натуральне позначення	Інтервал варіювання	Натуральні рівні варіювання		
			верхній (+)	нульовий	нижній (-)
Частота обертання, об/хв.	N	2000	6000	4000	2000
Швидкість подачі насіння, кг/год.	F	45	120	75	30
Вологість насіння, %	W	1,4	11,5	10,2	8,8

Джерело: розроблено авторами

За умов підвищення продуктивності слід пам'ятати, що ефективність роботи обрешувача (вихід ядер) повинна залишатись, як мінімум, незмінною, а в кращому

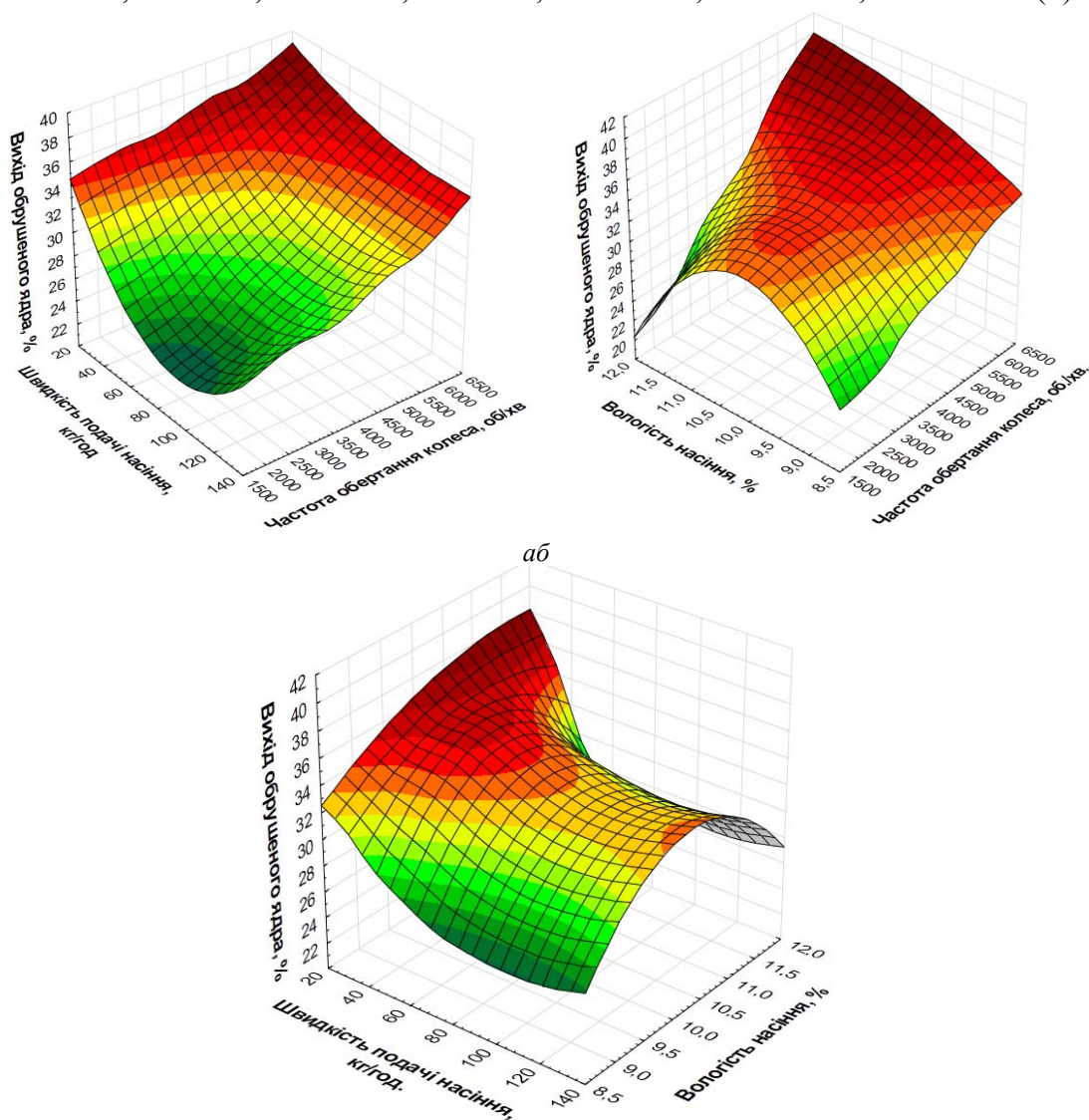
випадку – підвищитись. Тому за параметр оптимізації було обрано кількість отриманого в процесі обрушування ядра. Даний показник враховував загальний % виділених ядер. Кількість пропусків недорученого насіння через обрушувач становила три рази. Експеримент проводили відповідно до матриці планування згідно до методичних рекомендацій [13].

За результатами оброблення експериментальних даних програмним забезпеченням Statistica 10.0 отримано рівняння регресії (1), (2), (3) та побудовано графічні залежності (рис. 2).

$$R = 37,1227 + 0,0002N - 0,249F + 1,2778 \times 10^{-7} N^2 + 6,6468 \times 10^{-6} NF + 0,0011F^2 \quad (1)$$

$$R = -146,8232 - 0,0038N + 35,9342W + 1,2778 \times 10^{-7} N^2 + 0,0004NW - 1,8306W^2 \quad (2)$$

$$R = -155,3035 + 38,0888W - 0,1602F - 1,8306W^2 - 0,0061WF + 0,0011F^2 \quad (3)$$



6

а – частота обертання – швидкість подачі; б – вологість насіння – частота обертання;
в – швидкість подачі – вологість насіння.

Рисунок 2 – Поверхні відгуку ефективності обрушування насіння конопель в залежності від досліджуваних факторів

Джерело: розроблено авторами

На основі аналізу отриманих результатів зазначено наступне. Збільшення частоти обертання робочого колеса та швидкості подачі насіння нелінійно впливає на вихід обрушених ядер. За умов збільшення частоти обертання до певного оптимального рівня, вихід ядер зростає. Проте після певного порогу починає знижуватись через перевищення швидкості подачі.

Підвищення вологості насіння позитивно впливає на вихід ядер лише в межах оптимальної частоти обертання. За надмірного збільшення частоти обертання вихід зменшується, що може бути викликано зміненням характеристик подрібнення.

За оптимальних значень швидкості подачі та вологості насіння досягають високого виходу ядер. Проте за значного збільшення вологості або швидкості подачі над оптимальними значеннями відбувається зниження ефективності, що пов'язано з підвищеним навантаженням на механізм та підвищеним дробленням насіння.

Оптимальні параметри кожного фактору дозволяють досягти максимального виходу ядер за умов збереження їх якості. Усі три фактори (частота обертання, швидкість подачі та вологість насіння) мають складний вплив на ефективність обрушування. Відхилення від оптимальних умов зменшує ефективність процесу. Зазначене важливо враховувати під час налаштування механізму.

Виходячи із графічного відображення результатів (рис. 2), зазначимо, що за умов підвищення подачі насіння до 120 кг/год. оберти робочого колеса необхідно збільшувати до 6000–6500 об./хв. При збільшенні частоти обертання робочого колеса до 6500 об./хв. вплив вологості оброблюваного насіння на вихід ядра зменшується. За частоти обертання колеса 6000–6500 об./хв. можливо одержати максимальний вихід ядер в дослідженому діапазоні вологості насіння (8,8–11,5%). При частоті обертання колеса 6000–6500 об./хв. спостерігається стабільність процесу обрушування при подачі насіння 80–120 кг/год.

За результатами досліджень встановлено раціональні значення параметрів роботи механізму: швидкість подачі насіння 120 кг/год., частота обертання робочого колеса 6000 об./хв. На підставі експертного оцінювання отриманих результатів зменшили швидкість подачі до 100 кг/год. Частота обертання колеса визначалася діапазоном 6200 ± 200 об./хв. Кінцеве значення частоти обертання залежить від вологості оброблюваного насіння та регулюється по фактичним результатам роботи пристрою. В результаті проведених досліджень пропускну спроможність механізму вдалося збільшити більш, ніж в 3 рази: від 30 кг/год. до 100 кг/год.

Подальші дослідження доцільно зосередити на вдосконаленні механізму з метою підвищення стабільності його продуктивності за змінних значень вологості насіння. Зазначене уможливить підвищити ефективність виробництва та стабільно отримувати продукцію високої якості в умовах промислового використання.

Висновки. Відзначено, що для насіння промислових конопель найбільш ефективним методом обрушування є метод орієнтовного однократного удару.

За результатами експериментальних досліджень встановлено раціональні параметри процесу обрушування: частота обертання робочого колеса 6200 ± 200 об./хв., швидкість подачі 100 кг/год., вологість насіння 8,8–11,5%. Зазначені параметри уможливили підвищити пропускну спроможність пристрою від 30 кг/год. до 100 кг/год.

Відзначено, що підвищення подачі насіння до 120 кг/год. призводить до відповідного збільшення обертів робочого колеса (6000–6500 об./хв). За таких умов вплив вологості оброблюваного насіння на вихід ядер зменшується. За частоти обертання колеса 6000–6500 об./хв. одержано максимальний вихід ядер в дослідженому діапазоні вологості насіння (8,8–11,5%).

Список літератури

1. Коноплярство: наукові здобутки і перспективи / Вировець В.Г та ін.; за ред. І.О. Маринченко. Суми, 2018. 158 с.
2. Presa-Lombardi J., García F., Gutierrez-Barrutia M.B., Cozzano S. Hemp seed's (*Cannabis Sativa* L) nutritional potential for the development of snack functional foods. *OCL-Oilseeds and Fats Crops and Lipids*. 2023. Vol. 30. <https://doi.org/10.1051/ocl/2023025> (дата звернення 20.10.2024)
3. Петраченко, Д., Коровченко, С., Сова, Н. Олія промислових конопель: властивості, особливості, виробництво. *Наукове забезпечення розвитку коноплярства у XXI столітті*. 2024. С.156–177. <https://doi.org/10.48096/monograph.2024.156-177> (дата звернення 20.10.2024)
4. Schultz C., Lim W., Khor S., Neumann K., Schulz J., Ansari O., Skewes M., Burton R. Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. Vol. 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025> (дата звернення 20.10.2024)
5. Lindström L.I., Franchini M.C., Nolasco S.M. Sunflower fruit hullability and structure as affected by genotype, environment and canopy shading. *Annals of Applied Biology*. 2022. №180 (3), P. 338–347. <https://doi.org/10.1111/aab.12735> (дата звернення 20.10.2024)
6. Junyan Zhang. Design of the gordon euryale seed automatic shelling machine. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1423/1/012053> (дата звернення 20.10.2024)
7. Brian Baker. Dehulling Ancient Grains: Economic Considerations and Equipment. 2015. URL: <https://eorganic.org/node/13028> (дата звернення 20.10.2024)
8. Manjunath M. Ullegaddi, N.C. Mahandra Babu, Abdul Rahman Faisal, Miraz Mohammad, M.S. Shreenidhi, Syeda Anjum. Design and development of compact Foxtail millet deshelling machine, *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 42, Part 2, Pages 781-785, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.314> (дата звернення 20.10.2024)
9. Установка для обрушування насіння та виготовлення паливних пелетів (брикетів): пат. 81263 Україна: МПК: В30В 9/02, В30В 11/22. № у 2012 15165; заявл. 29.12.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл.№ 12
10. Пристрій для обрушування насіння соняшника: пат. 94419 Україна: МПК: В02В 3/08, А01F 12/28. № а200803082; заявл. 11.03.2008; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9
11. Петраченко Д.О., Коровченко С.П. Дослідження конструкції механізму для обрушування насіння промислових конопель. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. №2, Ч.2. С. 167–171
12. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 2 (1 (128)), P. 34-48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174> (дата звернення 20.10.2024)
13. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.

References

1. Vyrovets, V., Laiko, I. Myhal M. «et al.». (2018). Hemp cultivation: scientific achievements and prospects. Sumy [in Ukrainian].
2. Presa-Lombardi, J., García, F., Gutierrez-Barrutia, M.B. & Cozzano, S. (2023). Hemp seed's (*Cannabis Sativa* L) nutritional potential for the development of snack functional foods. *OCL-Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, Volume 30. <https://doi.org/10.1051/ocl/2023025>
3. Petrachenko, D., Koropchenko, S. & Sova, N. (2024). Industrial hemp oil: properties, features, production. *Scientific support for the development of hemp growing in the 21st century*. p.156–177. <https://doi.org/10.48096/monograph.2024.156-177> [in Ukrainian].
4. Schultz, C., Lim, W., Khor, S., Neumann, K., Schulz, J., Ansari, O., Skewes, M., & Burton, R. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*, Volume 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
5. Lindström, L.I., Franchini, M.C. & Nolasco, S.M. (2022). Sunflower fruit hullability and structure as affected by genotype, environment and canopy shading. *Annals of Applied Biology*, 180 (3), 338–347. <https://doi.org/10.1111/aab.12735>
6. Junyan Zhang. (2019). Design of the gordon euryale seed automatic shelling machine. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1423/1/012053>

7. Brian Baker. (2015). Dehulling Ancient Grains: Economic Considerations and Equipment. Retrieved April 15, 2024, from <https://eorganic.org/node/13028>
8. Manjunath M. Ullegaddi, N.C. Mahandra Babu, Abdul Rahman Faisal, Miraz Mohammad, M.S. Shreenidhi, & Syeda Anjum, (2021). Design and development of compact Foxtail millet deshelling machine, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 42, Part 2, Pp. 781–785, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.314>
9. Kaliuzhnyi V.V., Yeromina N.V. & Levanichev A.V. (2013). Patent of Ukraine 81263. Plant for crushing seeds and making fuel pellets (briquettes). Kyiv: SE «Ukrainian Institute of Intellectual Property».
10. Hrosul L.H., Haponiuk O.I., Pystsov B.O., Hrosul O.L., Yatskova T.I., & Kudashev S.M. (2011) Patent of Ukraine 94419. A device for crushing sunflower seeds. Kyiv: SE «Ukrainian Institute of Intellectual Property».
11. Petrachenko, D. & Koropchenko, S. (2019). Study of the design of the mechanism for crushing the seeds of industrial hemp. Academic notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi. Series: Technical sciences. №2, Vol.2. P. 167-171. [in Ukrainian].
12. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Koropchenko, S., Rogovskii, I., Gorbenko, O., Volianskyi, M. & Sheichenko, D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (128)), 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>
13. Khailis H.A. & Konovaliuk D.M. (1992). Basics of design and research of agricultural machines. Kyiv: NMK VO, 320 p. [in Ukrainian].

Viktor Sheichenko, Prof., DSc.

State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Dmytro Petrachenko, PhD tech. sci.

Separate Structural Unit of the Hlukhiv Agrotechnical Vocational College of Sumy National Agrarian University, Hlukhiv, Ukraine

Dehulling of Industrial Hemp Seeds with High-Performance Mechanisms

The article presents the results of a study on the technological process of dehulling industrial hemp seeds. The aim of the study is to increase the productivity of the dehulling process while maintaining the integrity of the seed kernels. To achieve this goal, an experimental prototype of a centrifugal dehuller was developed, capable of processing seeds without the need for preliminary calibration or moisture normalization, significantly simplifying the raw material preparation process.

The study investigated the influence of key operating parameters of the mechanism on dehulling efficiency, including the rotational speed of the working wheel, feed rate, and seed moisture content. A multifactorial experiment was conducted, the results of which allowed for the identification of optimal parameter values to achieve maximum productivity and dehulling quality. The optimal parameters of the centrifugal dehuller were established as follows: working wheel rotational speed of 6200 ± 200 rpm, feed rate of 100 kg/h, and raw material moisture content within 8.8–11.5%. Under optimal conditions, the throughput capacity of the mechanism was increased from 30 kg/h to 100 kg/h, ensuring a high yield of quality kernels.

Mathematical models of the dehulling process were developed to determine the dependence of the mechanism's efficiency on the selected parameters. It was found that significant deviations from the optimal parameter values negatively affect the efficiency of the process due to increased seed fragmentation.

The obtained results have significant practical importance for the industrial hemp processing sector, as the developed mechanism can be utilized to improve existing technological solutions. Further research is recommended to focus on enhancing the stability of the mechanism's operation under variable seed moisture conditions and increasing productivity, which will ultimately improve the efficiency of hemp production as a whole.

seed dehulling, hemp, centrifugal mechanism, productivity, optimization, technological parameters, efficiency

Одержано (Received) 29.10.2024

Прорецензовано (Reviewed) 26.11.2024

Прийнято до друку (Approved) 02.12.2024