

SECTION 3. INDUSTRIAL ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-661-4-6>

MODELING OF KERNEL YIELD DURING MECHANICAL DEHULLING OF INDUSTRIAL HEMP SEEDS IN A CENTRIFUGAL DEVICE

МОДЕЛЮВАННЯ ВИХОДУ ЯДРА ПРИ МЕХАНІЧНОМУ ОБРУШУВАННІ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ У ВІДЦЕНТРОВОМУ ПРИСТРОЇ

Petrachenko D. O.

*Candidate of Technical Sciences,
Lecturer at the Agroengineering
Department
Separate Structural Subdivision
"Hlukhiv Agrotechnical Professional
College of Sumy National Agrarian
University"
Hlukhiv, Ukraine*

Петраченко Д. О.

*кандидат технічних наук,
викладач відділення агроінженерії,
Відокремлений структурний
підрозділ Глухівський агротехнічний
фаховий коледж
Сумського національного аграрного
університету
м. Глухів, Україна*

В останні роки промислові коноплі набули помітного поширення в агропромисловому секторі завдяки поєднанню харчової, технічної та екологічної цінності [1]. Насіння конопель є цінною сировиною для харчової промисловості, оскільки містить білки, незамінні жирні кислоти та інші біологічно активні сполуки [2]. Його використовують для виробництва олії, рослинного білка, функціональних продуктів і обрушеного ядра. Водночас отримання ядра потребує ефективного відокремлення оболонки, а отже технологічно обґрунтованого процесу обрушування з максимальним виходом готового продукту.

Механічне обрушування є одним із ключових етапів переробки насіння, оскільки саме на цій стадії формуються вихід ядра, рівень втрат і частка необрушеного матеріалу. Ефективність процесу суттєво залежить як від техніко-технологічних параметрів обладнання, так і від фізико-механічних властивостей сировини [3]. За відсутності раціонального підбору режимів роботи зростають втрати, знижується вихід ядра та погіршується якість продукту. Попередні дослідження [4] показали перспективність застосування відцентрового механізму для обрушування насіння конопель, де відділення оболонки забезпечується

дією відцентрових сил і керованим механічним впливом. Проте вплив режимних параметрів на вихід ядра та повноту відокремлення оболонки вивчено недостатньо, що зумовлює необхідність подальших досліджень.

Аналіз публікацій свідчить, що проблема добору ефективних режимів обрушування є актуальною для різних культур. Спроби використання універсальних пристроїв [5] не забезпечили належної якості без конструктивної адаптації: спостерігалися зростання втрат, погіршення якості продукту та зниження продуктивності. Подібні результати отримано і в роботі [6], де застосування стандартних механізмів супроводжувалося зниженням виходу та надмірним пошкодженням ядра. Таким чином універсальний підхід до обрушування насіння різних культур є малоефективним, а для кожного виду сировини потрібні спеціалізовані технологічні рішення та адаптовані режими роботи обладнання. Це особливо важливо для насіння промислових конопель, яке характеризується специфічною геометрією та особливостями будови оболонки і ядра. У зв'язку з цим метою дослідження є оцінка впливу основних технологічних факторів на ефективність механічного відокремлення оболонки та визначення раціональних умов, що забезпечують максимальний вихід ядра.

Дослідження виконували на насінні промислових конопель сорту «Глесія», вирощеному на виробничих посівах Інституту луб'яних культур НААН України. Обрушування виконували на експериментальному відцентровому пристрої власної конструкції [3]. Насіння в сипучому стані подавали через завантажувальний отвір у зону дії робочого колеса, де воно змінювало напрям руху та взаємодіяло з відбивною декою. У результаті отримували рушанку – суміш обрушених і необрушених частинок, яку далі розділяли на повітряно-решітному сепараторі.

Під час експериментів конструктивні параметри пристрою залишали сталими: діаметр робочого колеса – 236 мм, зазор між робочим колесом і відбивною декою – 15 мм. Змінними факторами були частота обертання робочого органу (1500, 2000 і 2500 об/хв), фракція насіння (<2,5; 2,5-3,0; >3,0 мм) та вологість (8,8; 16,3; 21,6%). Опрацювання результатів проводили в середовищі Statistica 10.0.

Для кількісної оцінки впливу зазначених факторів застосовано багатофакторний експеримент третього порядку (ПФЕ³). Як функцію відгуку використовували вихід ядра, який визначали як відношення маси обрушеного ядра до маси початкової наважки. За результатами повного факторного експерименту одержано регресійні залежності (1), (2), (3), які описують вплив вологості насіння, фракційного складу та частоти обертання робочого колеса на вихід ядра.

$$R = 45,9049 - 31,1766 \times D - 0,3078 \times W + 6,7 \times D^2 + 0,0787 \times DW + 0,0094 \times W^2 \quad (1)$$

$$R = -113,0583 + 0,1249 \times N + 0,4147 \times W - 3,0167E^{-5} \times N^2 - 0,0003 \times NW + 0,0094 \times W^2 \quad (2)$$

$$R = -119,0911 + 0,1442 \times N - 11,1856 \times D - 3,0167E^{-5} \times N^2 - 0,0094 \times ND + 6,7 \times D^2 \quad (3)$$

де R – вихід ядра; D – фракція насіння; W – вологість насіння; N – частота обертання робочого колеса

Одержані рівняння регресії (1), (2), (3) відображають закономірності зміни виходу ядра (R) залежно від поєднання досліджуваних факторів і дають змогу виконати аналітичну інтерпретацію процесу обрушування.

Рівняння (1) характеризує залежність виходу ядра від фракції насіння (D) та вологості (W). Його аналітична форма підтверджує, що ефективність обрушування визначається не лише окремо дією зазначених факторів, але й їх поєднанням. З урахуванням характеру отриманої залежності можна констатувати, що фракційний склад формує основну тенденцію зміни виходу ядра, тоді як вологість виконує коригувальну роль і впливає на стабільність відокремлення оболонки.

Рівняння (2) описує спільний вплив частоти обертання робочого колеса (N) та вологості насіння (W) на вихід ядра. Фактор частота обертання свідчить про екстремальний характер залежності, тобто існування раціональної області значень N , за якої досягається найбільша ефективність обрушування. Це узгоджується з фізичною сутністю процесу, оскільки недостатня інтенсивність механічної дії не забезпечує повного руйнування оболонки, а надмірна інтенсифікація призводить до зростання подрібнення ядра. Вплив вологості в межах цієї моделі має менш виражений характер, однак її врахування є необхідним для коректного опису процесу, оскільки вона змінює умови руйнування оболонки та ступінь реалізації ударної дії.

Рівняння (3) відображає спільну дію двох визначальних факторів – частоти обертання робочого колеса (N) і фракції насіння (D). Його структура підтверджує, що вихід ядра формується під впливом нелінійної зміни режиму обрушування та характеристик сировини. За змістом цієї моделі фракційний склад визначає потенційну здатність насіння до ефективного обрушування, тоді як частота обертання забезпечує реалізацію цього потенціалу в межах раціонального швидкісного режиму.

У цілому аналіз рівнянь (1), (2), (3) підтверджує, що процес обрушування насіння промислових конопель є багатofакторним і нелінійним, а найбільш сутєвими параметрами його керування є фракційний склад насіння та частота обертання робочого колеса.

Вологість насіння також впливає на вихід ядра, але переважно як фактор, що уточнює та стабілізує перебіг процесу. Отримані регресійні залежності можуть бути використані як аналітична основа для вибору раціональних режимів роботи відцентрового обрешувача.

Література:

1. Bárta J., Roudnický P., Jarošová M., Zdráhal Z., Stupková A., Bártová V., Krejčová Z., Kyselka J., Filip V., Řiha V., Lorenc F., Bedrníček J., Smetana P. Proteomic profiles of whole seeds, hulls, and dehulled seeds of two industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. *Plants*. 2023. Vol. 13. <https://doi.org/10.3390/plants13010111>
2. Oseyko M., Sova N., Yefimov V., Petrachenko D. Chemical composition of seeds of industrial Ukrainian hemp varieties. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13(3):542–556. DOI: 10.24263/2304-974X-2024-13-3-8
3. 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>
4. Petrachenko D. Results of crushing of industrial hemp seeds depending on seed size and moisture. *Bast and Technical Crops*. 2020. Vol. 8 (13). P. 58–65. [https://doi.org/10.48096/btc.2020.8\(13\).58-65](https://doi.org/10.48096/btc.2020.8(13).58-65)
5. Lazor, J. (2013). *The organic grain grower: Small-scale, holistic grain production for the home and market producer*. Chelsea Green Publishing, Inc. White River Junction, VT.
6. Wright, G. (2014). Selling grains at the farmers market. Paper presented at the NOFA-NY Winter Conference. Saratoga Springs, NY. January 24, 2014.