

STUDY OF ROLLER AND CENTRIFUGAL METHODS OF HEMP SEED SHELLING

V. Sheichenko^{1*}, D. Petrachenko², M. Shevchuk³, D. Sheichenko¹¹*Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine*²*Separate Structural Subdivision Hlukhiv Agrotechnical Professional College of Sumy National Agrarian University, Hlukhiv, Ukraine*³*Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

The object of the research is the technological processes of crushing, roller and centrifugal crushers, efficiency (number of kernels) of crushing hemp seeds. The process of crushing the seeds helps to increase the nutritional value of the food product. Modern technical-technological solutions for crushing the seeds of agricultural crops are based on taking into account its physical and technological properties. The heterogeneity of seed structures makes it impossible to use universal methods and mechanisms of collapse. According to the results of the conducted research, the advantages of centrifugal breakers with a closed sector-type impeller compared to roller-type breakers have been established. In the case of a centrifugal crusher, the highest yield of crushed kernels (15.36%) was obtained for processing seeds with a moisture content of 15.0%. The highest level of collapsed kernels under the conditions of using a roller crusher was 12.64% for the processing of seeds with a fraction of 3.75 mm. One of the significant advantages of centrifugal crushers is the ability to crush seeds without prior separation into fractions. On roller-type equipment, the dependence of the effectiveness of hemp seed crushing on both the space between the rollers and the size of the seed fractions was noted. For an interval of 0.5 mm, an increase in the size of the fractions from 3.25 to 3.75 mm enabled a corresponding increase in the number of collapsed cores from 4.16% to 12.64%. For a gap between the rollers of 1.0 mm, the observed rate was 3.97-6.55%. Both on the equipment of the roller and centrifugal types, the effectiveness of the collapse depends on the moisture content of the hemp seeds. Under centrifugal collapse, an increase in seed moisture from 8% to 15% led to a corresponding increase (by 12.52%) in the percentage of collapsed kernels from 2.84% to 15.36%. The working wheel of the closed sectoral type of the centrifugal crusher does not create excessive air flow in the working chamber and makes it impossible to crush the seeds.

Key words:

hemp seeds,
core,
shelling,
roller shelling machine,
centrifugal shelling machine

Article history:

Received 30.04.2024

Accepted 25.05.2024

***Corresponding author:**

vsheychenko@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1333

To cite this article:

Sheichenko, V., Petrachenko, D., Shevchuk, M., & Sheichenko, D. (2024). Study of roller and centrifugal methods of hemp seed shelling. *Agricultural Machines*, 50, 37-47. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1333>

УДК 633.522: 664.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЛЬЦЬОВОГО ТА ВІДЦЕНТРОВОГО СПОСОБІВ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ

В.О. Шейченко^{1*}, Д.О. Петраченко², М.В. Шевчук³, Д.В. Шейченко¹

¹Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

²Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж
Сумського національного аграрного університету, м. Глухів, Україна

³Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження є технологічні процеси обрешування, обрешувачі та ефективність обрешування насіння конопель. Процес обрешування насіння сприяє збільшенню поживної цінності харчового продукту. Сучасні техніко-технологічні рішення обрешування насіння ґрунтуються на врахуванні його фізико-технологічних властивостей. Неоднорідність структур насіння унеможливорює використання універсальних механізмів обрешування. За результатами проведених досліджень встановлено переваги відцентрових обрешувачів з робочим колесом закритого секторального типу порівняно з обрешувачами вальцьового типу. Для відцентрового обрешувача найбільший вихід обрешеного ядра (15,36%) був за оброблення насіння вологістю 15,0%. Найбільший вихід обрешеного ядра у випадку використання вальцьового обрешувача був 12,64% за оброблення насіння фракції 3,75 мм. Перевагою обрешувачів відцентрового типу є можливість обрешування насіння конопель без попереднього розділення на фракції. Для обладнання вальцьового типу ефективність обрешування насіння конопель залежить від проміжку між вальцями та розмірів фракцій насіння. За проміжку 0,5 мм збільшення розмірів фракцій від 3,25 до 3,75 мм уможливило відповідне збільшення кількості обрешеного ядра від 4,16% до 12,64%. За проміжку між вальцями 1,0 мм цей показник був 3,97–6,55%. Як на обладнанні вальцьового типу, так і відцентрового типу ефективність обрешування залежить від вологості насіння конопель. За відцентрового обрешування збільшення вологості насіння від 8% до 15% спричиняє збільшення (на 12,52%) відсотку обрешеного ядра від 2,84% до 15,36%. Робоче колесо закритого секторального типу обрешувача унеможливорює подрібнення насіння.

Ключові слова:

насіння конопель,
ядро,
обрешування,
вальцьовий обрешувач,
відцентровий обрешувач

Історія публікації:

Отримано 30.04.2024

Затверджено 25.05.2024

*Автор для листування:

vsheychenko@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1333

Цитувати цю статтю:

Шейченко, В. О., Петраченко, Д. О., Шевчук, М. В., & Шейченко, Д. В. (2024). Дослідження вальцьового та відцентрового способів обрешування насіння конопель. *Сільськогосподарські машини*, 50, 37-47. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1333>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Збільшення попиту на натуральні та корисні продукти харчування ініціює пошук нових техніко-технологічних рішень для перероблення насіння промислових конопель. Поряд з відомою конопляною олією набуває популярності харчовий продукт, отриманий з обрушеного конопляного насіння. Перевагами такого продукту є велика кількість необхідних організму людини елементів та вітамінів. Обрушені ядра конопляного насіння мають високу поживну цінність. На їх основі створюють нові різноманітні страви та напої.

Внаслідок відокремлення оболонки від ядра насіння процес обрушування, донедавна, розглядався лише складовим етапом виробництва рослинних олій, спрямованим на покращення якісних характеристик кінцевого продукту. Проте, сьогодні цей процес набуває інших ознак. Доведено, що обрушування сприяє збільшенню поживної цінності харчового продукту. Зокрема, відокремлення неїстівних оболонок підвищує засвоєння корисних речовин, які містяться в ядрах (Вировець та ін., 2018; Schultz et al., 2020; Presa-Lombardi et al., 2023).

Незважаючи на зростаючий попит до обрушеного насіння конопель як до цінного харчового продукту, на жаль, існує значний дефіцит знань щодо оптимальних методів та обладнання для його отримання. Саме тому визначення ефективних техніко-технологічних рішень обрушування насіння промислових конопель набуває ознак пріоритетності. Зазначені дослідження відкривають нові можливості розвитку коноплярства, харчової та фармакологічної галузей промисловості.

Вибір методу обрушування насіння проводять виходячи з унікальних біологічних та фізико-механічних властивостей самого насіння. Варто зазначити, що насіння різних видів, а іноді навіть різних зразків одного виду, суттєво різняться своїми властивостями. Така варіативність вимагає індивідуальних підходів до кожного виду насіння при вибиранні методу обрушування (Sheichenko et al., 2024). Для руйнування зовнішньої оболонки використовують різні дії або їх комбінації (рис. 1): руйнування ударом, розколювання, розрізування, стискання, тертя.

Для обрушування насіння соняшнику на практиці застосовують багаторазові (більні

обрушувачі), а також одноразові (відцентрові обрушувачі) удари. У більній машині реалізують метод багаторазового удару внаслідок послідовного попадання насіння на біла та деку (Калюжний та ін., 2013). Насіння подають на біла неорієнтованим, поверхня деки, зазвичай, є хвилястою, тому кут контакту насіння з декою має випадковий характер. До недоліків більних рушанок відносять: відносно низьку продуктивність, що є наслідком неефективного використання робочих органів (працює лише одне біло); у робочій зоні машини рушанка проходить довгий шлях, що спричиняє додаткове подрібнення ядра та замазлювання металевих поверхонь.



Рис. 1 – Методи руйнування насінневої оболонки

Для реалізації обрушування насіння однократним орієнтованим ударом призначена відцентрова рушка (Гросул та ін., 2011). Насіння у таких машинах набуває необхідного значення кінетичної енергії для обрушування одним орієнтованим (вздовж осі довжини) ударом по деці під дією відцентрової сили. Швидкість окремих насінин не залежить від їх маси і обумовлюється величиною коефіцієнту тертя насіння по відцентровому диску з лопатками.

Необхідною умовою ефективної роботи відцентрової рушки є ретельне балансування і центрування ротору – відстань між ротором і декою повинна бути однаковою за периметром. Також необхідно слідкувати за рівномірністю подачі насіння у рушку. Якість обрушування істотно залежить від швидкості обертання ротора.

Для руйнування зовнішньої оболонки насіння горгони евриале використовують спосіб розрізування (Zhang, 2019). Насіння фіксують у спеціальному пристрої (кільцева

камера) та розрізають за допомогою ножа. Необхідною умовою роботи цього механізму є ретельне калібрування насіння. В іншому випадку через незадовільну фіксацію насіння відбувається його пошкодження та зниження ефективності процесу.

Руйнування насінневої оболонки тертям реалізовано в дискових фрикційних (Baker, 2015) та абразивних (Manjunath et al., 2021) механізмах. Руйнування оболонки тертям відбувається внаслідок дії сил тертя, а вивільнення ядра – внаслідок дії відцентрової сили. Ефективність процесу руйнування досягається завдяки постійному контролю та регулюванню робочого проміжку між дисками відповідно до розмірів насіння.

Відоме універсальне обладнання, яке придатне для обрушування насіння різних культур (Baker, 2015). Універсальність досягається внаслідок модифікації та відповідного налаштування вже існуючих механізмів під оброблення насіння різних культур. Проте, створення універсального обрушувача є складною задачею. Головною перешкодою для цього є потреба у налаштуванні параметрів та режимів роботи обладнання, які б уможливили найбільшу ефективність обрушування саме певного типу насіння. Забезпечити зазначені вимоги досить складно. Тому нехтують або якістю кінцевого продукту, або ефективністю процесу. Варто відзначити, що використання обрушувачів без додаткового налаштування спричиняє значну втрату якості продукту, підвищення рівня пошкодження насіння.

На підставі проведеного аналізу відмітимо відсутність спеціальних механізмів, які б з однаковим рівнем ефективності обрушували насіння з різноманітними фізико-механічними характеристиками. Також ця проблема характерна і для насіння конопель, яке має складну геометрію та особливі властивості. Отже, розроблення методів та технічних рішень для ефективного обрушування насіння промислових конопель є дуже актуальним завданням, що вимагає вирішення.

Мета дослідження – підвищити ефективність виробництва коноплепродукції, дослідивши вальцовий та відцентровий способи обрушування насіння конопель.

Задачі дослідження: встановити вплив проміжку між вальцями на ефективність

вальцових обрушувачів насіння конопель; встановити вплив вологості насіння на ефективність вальцових та відцентрових обрушувачів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методика проведення дослідження обрушування насіння конопель вальцовим обрушувачем. Руйнування оболонки насіння промислових конопель відбувається під час проходження між двома вальцями, що мають різні швидкості обертання. Коли насінина потрапляє в робочу зону обрушувача (рис. 2, а) відбувається її переміщення поверхнею одного з вальців. Внаслідок дії сили тертя та різниці кутових швидкостей вальців, насінина потрапляє у зону з найменшим проміжком між вальцями. Якщо діаметр насінини більший за розмір проміжку між вальцями машини, тоді відбувається руйнування зовнішньої оболонки. Якщо діаметр насінини менший за проміжок між вальцями машини, то насінина проходить неущокованою. За умови рівності розміру насінини та проміжку можливе часткове руйнування оболонки. Якщо діаметр вальців дорівнює 100 мм, то контакт насінини з вальцями у робочій зоні відбувається на ділянці довжиною 3–5 мм. Для збільшення тривалості контакту у конструкції встановлено додаткові вальці та гумові паси (рис. 2, б).

Змінними параметрами упродовж усього дослідження були проміжок між вальцями та фракція насіння. Використовували три фракції насіння промислових конопель, що одержане внаслідок їх проходження через решета з круглими отворами діаметром 3,25, 3,5 та 3,75 мм. Проміжок між вальцями досліджуваного механізму становив 0,5 та 1,0 мм. Маса окремої наважки насіння для кожного з варіантів дослідження становила 10 г. Повторність у дослідах п'ятикратна. Одержану після проходження через обрушувач наважку (рушанку) вручну розділяли на п'ять фракцій: ядро – звільнені від насінневих оболонок цілі та зруйновані ядра; недоруш – пошкоджені насінини; роздавлене насіння – сплюснені, зруйновані насінини; ціляк – непошкоджені насінини; лушпиння – насінневі оболонки.

Визначали масу кожної фракції та обчислювали вміст кожної фракції у відсотках. Математичне оброблення дослідних даних проводили за загальноприйнятою методикою з використанням програми Microsoft Excel.

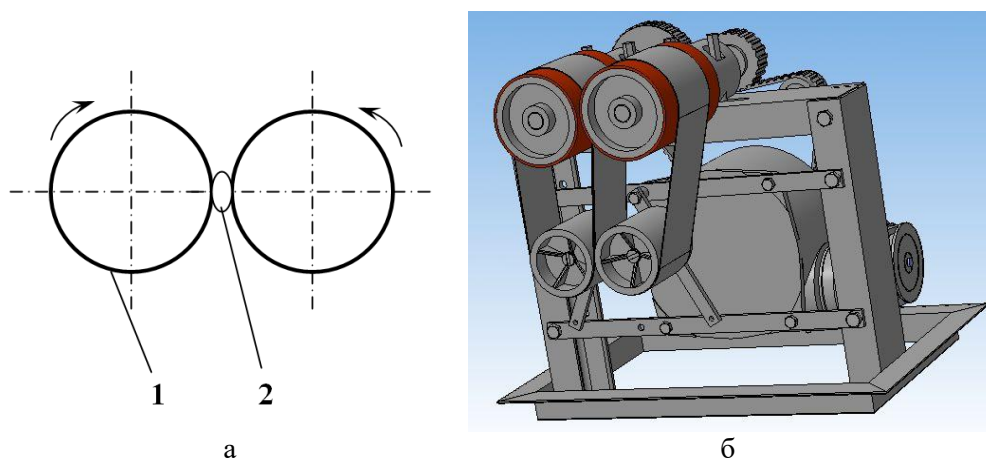


Рис. 2 – Принцип дії (а) та схематичне зображення обрушувача вальцевого типу (б)
(Москаленко та ін., 2016):
1 – вальці; 2 – робоча зона обрушувача

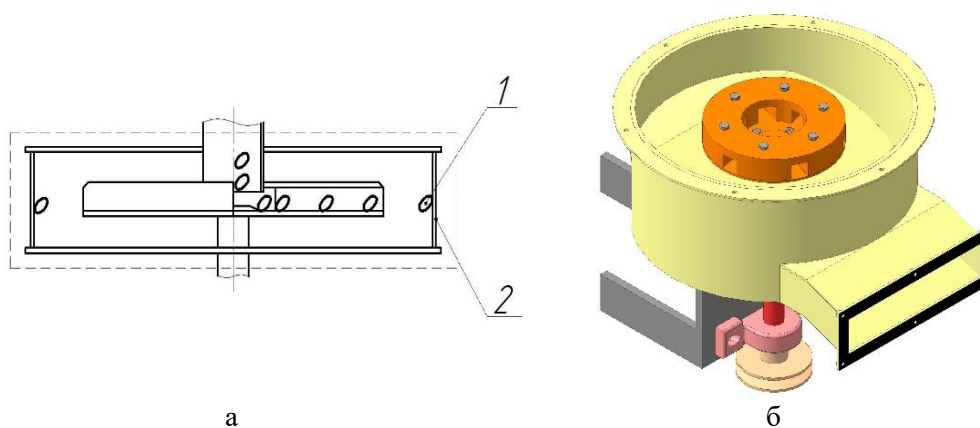


Рис. 3 – Принцип дії (а) та схематичне зображення обрушувача відцентрового типу (б):
1 – насіння; 2 – відбивна дека

Методика дослідження обрушування насіння відцентровим обрушувачем. Процес руйнування оболонки насіння у відцентрових обрушувачах є наслідком одноразового вільного удару насінини по бічній поверхні відбивної деки (рис. 3, а). Під час контакту насінини з декою відбувається деформація зовнішньої оболонки насінини. Це спричиняє порушення природних зв'язків між ядром та оболонкою. Якщо сила удару достатня для подолання пружних деформацій насіння, то відбувається руйнування оболонки. Якщо сила удару недостатня, то спостерігається часткове руйнування оболонки або утворення тріщин. Якщо ж сила удару перевищує пружні властивості насінини, то відбувається її руйнування і навіть розмелення.

Особливістю відцентрового механізму, який досліджувався, є конструкція робочого

колеса (рис. 4). Закритий секторальний тип цієї конструкції унеможливує утворення надлишкового повітряного потоку в робочій камері, що є небажаним ефектом. За рахунок секторів утворюються профільні отвори. Ці отвори забезпечують розгінну функцію, а саме надають насінинам необхідного значення швидкості. Це досягається внаслідок змінення напрямку руху насіння з вертикального на горизонтальний, як наслідок – неможливе подрібнення насіння конопель (Коропченко & Петраченко, 2018).

Дослідження проводились на насінні конопель без попереднього його калібрування. Змінними параметрами були налаштування обрушувача (частота обертання робочого колеса) та властивості насіння, зокрема, вологість. Насіння подавали на середину робочого диску у неорієнтованому стані.



Рис. 4 – Загальний вигляд робочого колеса закритого секторального типу

Вологість насіння становила $8,0 \pm 0,2\%$, $15 \pm 0,2\%$ та $20 \pm 0,2\%$. Збільшення вологості досягалося завдяки розпилюванню води на насіння з подальшим його природним підсушуванням (насіння повинно бути сухим, без слідів вологи та легко розсіпатися). Швидкість обертання робочого колеса була 2000 хв^{-1} . Повторність в усіх дослідах – п'ятикратна. Маса окремої наважки насіння для кожного з варіантів становила 10 г. Одержану після проходження через обрушувач наважку (рушанку) вручну розділяли на шість фракцій: ядро – звільнені від насінневих оболонок цілі та зруйновані ядра; ціляк – непошкоджені насінини коноплі; недорущ – пошкоджені насінини коноплі; січка – дрібно розрубане ядро; масляний пил – дрібно розмелене насіння; лушпиння – насінневі оболонки.

Масу кожної фракції визначали шляхом зважування. Результати експериментальних досліджень підлягали попередньому та основному обробленню. Перше передбачало перевіряння на наявність грубих помилок з їх вибракуванням за допомогою відомих методик. Основне оброблення результатів експериментальних досліджень виконувалося з використанням програмного середовища Microsoft Excel. Визначали такі величини: середнє значення, стандартну похибку, дисперсію, медіану, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнти ексцесу та асиметрії. Перевіряння відповідності отриманих даних нормальному теоретичному закону розподілу виконували за допомогою порівнянь критичних та фактичних значень коефіцієнтів

ексцесів та асиметрії за рівня значимості 0,05. Розподіл вважався нормальним, якщо фактичне значення коефіцієнта асиметрії та ексцесу менші за критичні.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Візуалізацію результатів обрушування насіння конопель в обрушувачі вальцьового типу подано на **рис. 5** (проміжок 0,5 мм) та **рис. 6** (проміжок 1,0 мм). Отримані рівняння (1), (2), (3) для проміжку 0,5 мм та (4), (5), (6) для проміжку 1,0 мм:

$$y = 7,82x - 17,58; R^2 = 0,8053; \quad (1)$$

$$y = 6,16x - 14,32; R^2 = 0,9791; \quad (2)$$

$$y = 16,96x - 51,077; R^2 = 0,9977; \quad (3)$$

$$y = 3,52x - 9,8233; R^2 = 0,7882; \quad (4)$$

$$y = 3,12x - 6,6867; R^2 = 0,4413; \quad (5)$$

$$y = 5,16x - 13,17; R^2 = 0,8021. \quad (6)$$

Результати статистичного оброблення отриманих даних подано у **таблицях 1** та **2**.

Аналізуючи результати, відмітимо вплив проміжку між вальцями на показники обрушування. Збільшення проміжку між вальцями від 0,5 до 1,0 мм спричинило зменшення ефективності обрушування для трьох досліджуваних фракцій насіння. За проміжку між вальцями 0,5 мм (**рис. 5, таблиця 1**) вихід ядра для фракцій насіння конопель 3,25, 3,5 та 3,75 мм становив 4,16–12,64%. Рівень пошкодження насіння був 7,28–11,19%, кількість необрушеного цілого насіння 55,13–78,56%. Для крупної фракції одержали найбільшу кількість розчавленого і найменшу кількість необрушеного насіння.

Збільшення розміру насіння підвищувало вихід ядра. Найбільшу кількість ядра (12,64%) отримали для найбільшої (3,75 мм) фракції насіння. Відповідно, найгірший (5,83%) результат одержали для найменшої (3,25 мм) фракції насіння.

За варіанту проміжку між вальцями 1,0 мм (**рис. 6, таблиця 2**) встановлено зменшення ефективності процесу обрушування для трьох фракцій насіння. Кількість необрушеного насіння після проходження через вальці

збільшилася і складала 79,4–87,97%. Відсоток обрушеного ядра зменшився майже вдвічі та складав 3,97–6,55%. Також зменшилася й кількість розчавленого насіння (1,88–3,64%). Варто відзначити, що найбільшу кількість обрушеного ядра (5,52%) також одержали для крупної (3,75 мм) фракції насіння.

Збільшення проміжку між вальцями спричиняло зменшення недорученого насіння, тобто ефективний вплив вальців на зовнішню насінневу оболонку зменшувався. За проміжку 0,5 мм кількість недорученого насіння була 5,83–8,91% залежно від фракційного розміру насіння, а за проміжку 1,0 мм – 3,22–5,22%.

Зі збільшенням фракції насіння від 3,25 до 3,75 мм ефективність обрушування вища, ніж за проміжку 0,5 мм та проміжку 1,0 мм. Найгірші показники отримали для дрібного насіння, тобто фракція 3,25 мм. Аналізуючи результати досліджень відмітимо вплив розмірів фракцій насіння на ефективність обрушувачів вальцьового типу. Необхідний рівень ефективності обрушування досягають завдяки ретельному калібруванню насіння та налаштуванню проміжку між вальцями з урахуванням розмірів фракцій.

Візуалізацію результатів обрушування насіння конопель у відцентровому обрушувачі подано на **рис. 7**. Отримані рівняння регресії (7), (8), (9) та (10):

$$y = -1,5266x + 34,615; R^2 = 0,9682; \quad (7)$$

$$y = 1,0394x + 11,168; R^2 = 0,9507; \quad (8)$$

$$y = 0,4275x + 2,2055; R^2 = 0,1602; \quad (9)$$

$$y = -0,9592x + 18,648; R^2 = 0,8794. \quad (10)$$

Статистичне оброблення результатів обрушування насіння конопель відцентровим обрушувачем подано у **таблиці 3**.

Аналізуючи результати досліджень (**рис. 7**, **таблиця 3**) відзначимо вплив вологості насіння на процес обрушування. За вологості насіння $8,0 \pm 0,2\%$ вихід ядра був 2,84%. Одночасно спостерігався підвищений рівень руйнування насіння: розмеленого насіння – 23,24%; масляного пилу – 12,04%. За таких умов цей механізм виконував функцію подрібнювача, а не обрушувача. Кількість недорученого насіння була 18,82%, а кількість необрушеного цілого – 22,35%.

За збільшення вологості оброблюваного насіння до $15 \pm 0,2\%$ встановлено підвищення ефективності обрушування насіння. Вихід ядра збільшився на 12,52% та був 15,36%. Істотно зменшилася кількість зруйнованого насіння. Вдвічі зменшилася кількість розмеленого насіння (9,79%), у шість разів (до рівня 1,82%) зменшилась кількість масляного пилу. Однак кількість недорученого і цілого необрушеного насіння збільшилися до рівня, відповідно, 28,36% та 26,01%.

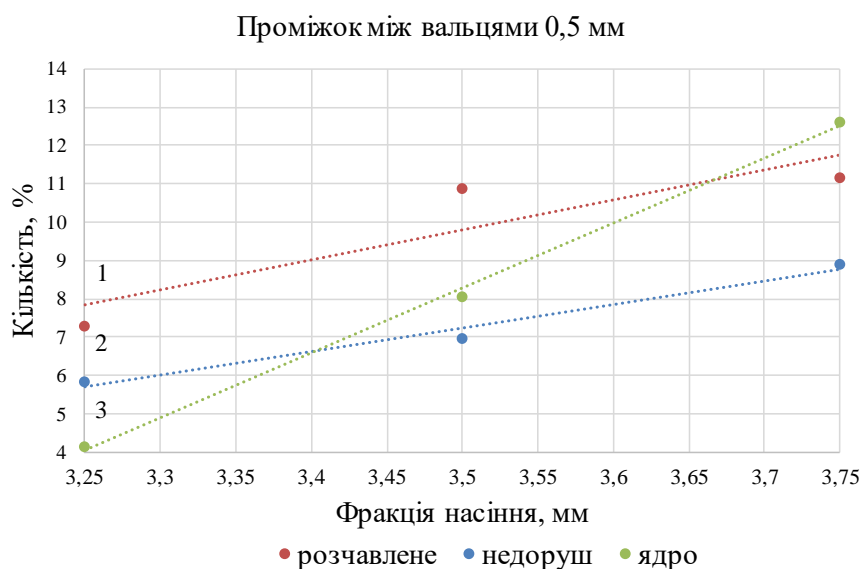


Рис. 5 – Компонентний склад рушанки, одержаної у вальцьовому обрушувачі (проміжок між вальцями 0,5 мм)

Таблиця 1 – Результати статистичного оброблення даних (вальцьовий обрушувач з проміжком між вальцями 0,5 мм)

Показник	Назва компоненту			
	Ціле насіння	Розчавлене насіння	Недорушене насіння	Ядро
Проміжок 0,5 мм; фракція 3,25 мм				
Середнє значення	78,56	7,28	5,83	4,16
Середнє квадратичне відхилення	0,78	0,34	0,34	0,42
Дисперсія	0,612	0,116	0,113	0,175
Медіана	78,63	7,32	5,73	4,22
Коефіцієнт ексцесу	-1,681	-1,256	-1,146	-1,617
Коефіцієнт асиметрії	-0,111	0,245	0,582	-0,163
Проміжок 0,5 мм; фракція 3,5 мм				
Середнє значення	67,20	10,90	6,98	8,05
Середнє квадратичне відхилення	0,52	0,43	0,47	0,29
Дисперсія	0,266	0,180	0,222	0,081
Медіана	67,05	10,82	6,84	7,98
Коефіцієнт ексцесу	-0,476	-0,302	-0,723	-1,323
Коефіцієнт асиметрії	0,755	0,881	0,809	0,407
Проміжок 0,5 мм; фракція 3,75 мм				
Середнє значення	55,13	11,19	8,91	12,64
Середнє квадратичне відхилення	0,45	0,28	0,26	0,42
Дисперсія	0,201	0,077	0,069	0,176
Медіана	55,11	11,15	8,81	12,47
Коефіцієнт ексцесу	-1,020	-1,711	-1,141	-1,619
Коефіцієнт асиметрії	0,376	0,116	0,531	0,363

Проміжок між вальцями 1,0 мм

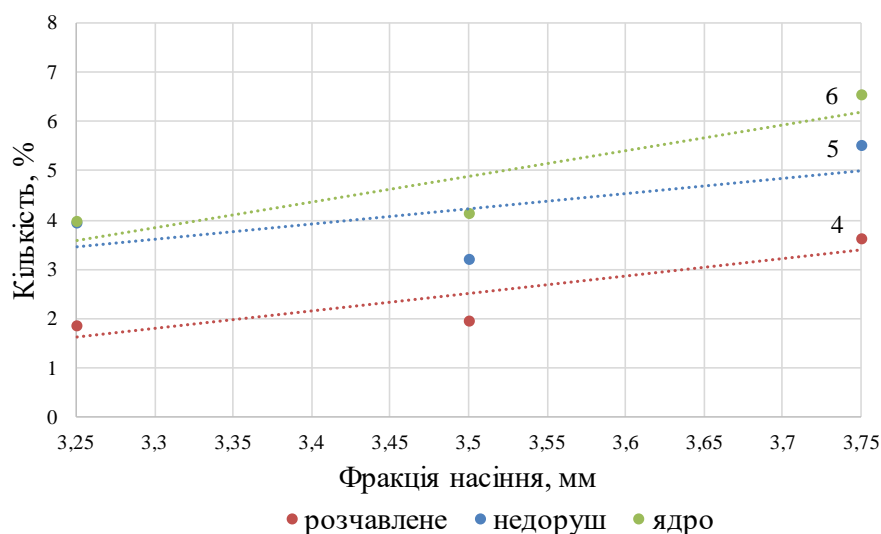


Рис. 6 – Компонентний склад рушанки, одержаної у вальцьовому обрушувачі (проміжок між вальцями 1,0 мм)

Таблиця 2 – Результати статистичного оброблення даних (вальцовий обрушувач з проміжком між вальцями 1,0 мм)

Показник	Назва компоненту			
	Ціле насіння	Розчавлене насіння	Недорушене насіння	Ядро
Проміжок 1,0 мм; фракція 3,25 мм				
Середнє значення	87,90	1,88	3,96	3,97
Середнє квадратичне відхилення	0,26	0,18	0,17	0,22
Дисперсія	0,065	0,033	0,027	0,050
Медіана	87,93	1,90	4,02	4,09
Коефіцієнт ексцесу	-1,221	-1,356	-1,528	-1,711
Коефіцієнт асиметрії	0,311	-0,236	-0,032	-0,271
Проміжок 1,0 мм; фракція 3,5 мм				
Середнє значення	87,97	1,97	3,22	4,15
Середнє квадратичне відхилення	0,21	0,16	0,17	0,13
Дисперсія	0,044	0,026	0,029	0,018
Медіана	88,05	1,96	3,23	4,14
Коефіцієнт ексцесу	-1,357	-1,356	-1,081	-0,946
Коефіцієнт асиметрії	-0,344	-0,064	-0,468	-0,350
Проміжок 1,0 мм; фракція 3,75 мм				
Середнє значення	79,40	3,64	5,52	6,55
Середнє квадратичне відхилення	0,46	0,29	0,31	0,36
Дисперсія	0,209	0,087	0,098	0,129
Медіана	79,58	3,56	5,60	6,54
Коефіцієнт ексцесу	-0,240	-1,044	-1,269	-1,525
Коефіцієнт асиметрії	-1,088	0,492	-0,054	0,038

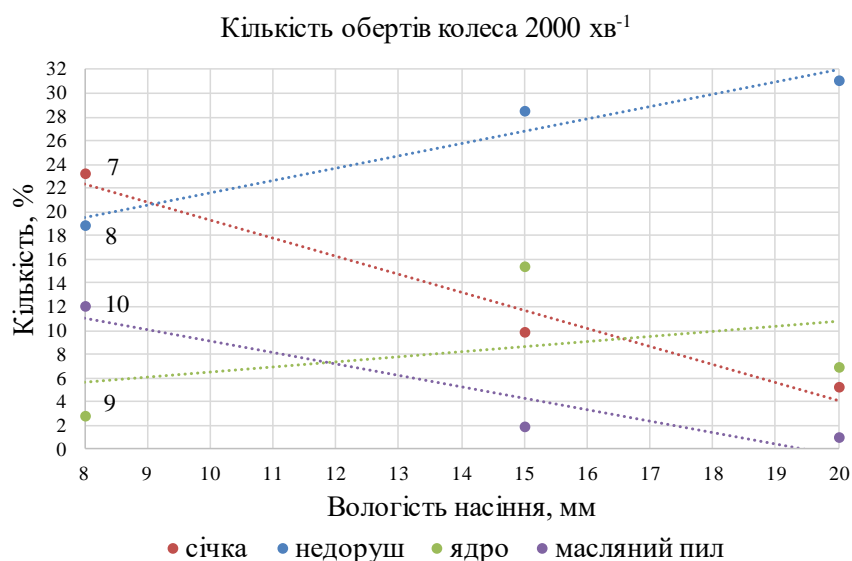


Рис. 7 – Компонентний склад рушанки, одержаної у відцентровому обрушувачі

Таблиця 3 – Результати статистичного оброблення даних (відцентровий обрушувач)

Показник	Назва компоненту				
	Ціле насіння	Розмелене насіння	Недорушене насіння	Ядро	Масляний пил
Вологість насіння 8,0±0,2%					
Середнє значення	22,35	23,24	18,82	2,84	12,04
Середнє квадратичне відхилення	0,354	0,274	0,321	0,314	0,261
Дисперсія	0,125	0,075	0,103	0,099	0,068
Медіана	22,34	23,34	18,74	2,71	12,05
Коефіцієнт ексцесу	-1,445	-1,168	-0,737	-1,532	-1,539
Коефіцієнт асиметрії	0,214	-0,391	0,552	0,358	-0,162
Вологість насіння 15,0±0,2%					
Середнє значення	26,01	9,79	28,36	15,36	1,82
Середнє квадратичне відхилення	0,247	0,251	0,319	0,301	0,161
Дисперсія	0,061	0,063	0,102	0,091	0,026
Медіана	25,91	9,74	28,36	15,34	1,740
Коефіцієнт ексцесу	-1,597	-0,460	-1,048	-0,532	-0,775
Коефіцієнт асиметрії	0,351	0,934	-0,479	0,383	0,816
Вологість насіння 20,0±0,2%					
Середнє значення	45,44	5,24	31,30	6,81	0,94
Середнє квадратичне відхилення	0,451	0,272	0,472	0,267	0,093
Дисперсія	0,203	0,074	0,222	0,071	0,009
Медіана	45,32	5,12	31,12	6,95	0,91
Коефіцієнт ексцесу	-0,877	-1,634	-0,634	-0,341	-1,328
Коефіцієнт асиметрії	0,349	0,244	0,910	-1,118	0,457

Подальше збільшення вологості насіння конопель до 20±0,2% спричинило зменшення ефективності відцентрового обрушувача. Кількість обрушеного ядра була 6,81%, що менше кількості ядра (15,36%) за вологості 15±0,2%, але більше ніж за вологості 8±0,2% – 2,84%. Зменшилася кількість зруйнованого насіння (5,24%) та масляного пилу (0,94%). Збільшилася кількість недорушеного (31,30%) та цілого необрушеного (45,44%) насіння.

Використання одноразового вільного удару для обрушування насіння конопель має перспективу, адже зменшує затрати праці та часу на підготовчі операції насіння у вигляді ретельного сортування за фракційним складом. Використання робочого колеса закритого секторального типу унеможливує створення надлишкового повітряного потоку в робочій камері, завдяки чому усувається небажане подрібнення насіння.

Порівнюючи результати дослідження необхідно зазначити, що:

- ефективність обрушування насіння конопель на обладнанні вальцьового типу залежить від проміжку між вальцями та фракції насіння; за проміжку між вальцями 1,0 мм спостерігається зменшення ефективності процесу обрушування порівняно з проміжком 0,5 мм;

- ефективність використання вальцьового і відцентрового обладнання для обрушування насіння конопель залежить від його вологості;

- у випадку відцентрового обрушування збільшення вологості насіння від 8,0±0,2% до 15±0,2% спричиняє збільшення частки обрушеного ядра на 12,52%.

Узагальнюючи результати досліджень необхідно відзначити встановлені переваги відцентрових обрушувачів з робочим колесом закритого секторального типу порівняно з

обрушувачами вальцювого типу. Для більш ґрунтовних висновків необхідне проведення додаткових досліджень з урахуванням множини конструкційних варіантів виконання обрушувачів, а також дослідження фізико-технологічних властивостей насіння конопель.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлені переваги відцентрових обрушувачів з робочим колесом закритого секторального типу порівняно з обрушувачами вальцювого типу. Найбільший (15,36%) вихід цілого обрушеного насіння конопель вологістю 15% отримано за відцентрового способу, а найбільшу кількість обрушеного ядра (12,64%) – за вальцювого способу. На обладнанні вальцювого типу ефективність обрушування насіння конопель залежить від проміжку між вальцями та фракційного розміру насіння. За проміжку 0,5 мм для фракцій насіння конопель 3,25, 3,5 та 3,75 мм кількість обрушеного ядра була в межах 4,16–12,64%. За проміжку між вальцями 1,0 мм цей показник був 3,97–6,55%. Найвищі результати отримали для крупної фракції насіння 3,75 мм.

Як на обладнанні вальцювого типу, так і відцентрового типу ефективність обрушування залежить від вологості насіння конопель. За відцентрового обрушування збільшення вологості насіння від 8% до 15% спричиняє збільшення відсотку обрушеного цілого ядра від 2,84 до 15,36%.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Baker, B. (2015). Dehulling ancient grains: economic considerations and equipment. Retrieved April 15, 2024, from <https://eorganic.org/node/13028>
- Zhang, J. (2019). Design of the gordon euryale seed automatic shelling machine. *Journal of Physics: Conference Series*, 1423, 012053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1423/1/012053>
- Manjunath, M., Ullegaddi, N. C., Babu, M., Faisal, A. R., Mohammad, M., Shreenidhi, M. S., & Anjum, S. (2021). Design and development of compact Foxtail millet deshelling machine. *Materials Today: Proceedings*, 42(2), 781-785. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.314>
- 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*, 30. <https://doi.org/10.1051/ocl/2023025>
- 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*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
- 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>
- Вировець, В., & Лайко, І. (та ін.). (2018). *Коноплярство: наукові здобутки і перспективи (Hemp cultivation: scientific achievements and prospects)*. Суми.
- Гросул, Л. Г., Гапонюк, О. І., Писцов, Б. О., Гросул, О. Л., Яцкова, Т. Й., & Кудашев, С. М. (2011). Пристрій для обрушування насіння соняшника (*Device for crushing sunflower seeds*). Патент України 94419. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Калужний, В. В., Срьоміна, Н. В., & Леванічев, А. В. (2013). Установа для обрушування насіння та виготовлення паливних пелетів (брикетів) (*Plant for crushing seeds and making fuel pellets (briquettes)*). Патент України 81263. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Коропченко, С. П., & Петраченко, Д. О. (2018). Пристрій для обрушування насіння конопель (*Device for crushing hemp seeds*). Патент України 122649. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Москаленко, Б. І., Коропченко, С. П., & Лук'яненко, П. В. (2016). Дослідження ефективності вальцювого обрушувача насіння конопель (*Research on the effectiveness of a hemp seed roller*). *Технічні культури в умовах сучасного аграрного виробництва: матеріали науково-практичної конференції молодих вчених (Глухів, 30-31 жовтня 2013 року)* (С. 63-64).