

УДК. 633.522:664.3.032

ВПЛИВ РОЗМІРУ ФРАКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ
НА ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ*Петраченко Д. О., к.т.н.,**с.н.с. відділу інженерно-технічних досліджень,*<https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>*Коропченко С. П., к.т.н., с.н.с.,**завідувач відділу інженерно-технічних досліджень,*<https://orcid.org/0000-0003-4520-4763>

Інститут луб'яних культур НААН, м. Глухів, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-11>

Предмет. Насіння промислових конопель різних фракцій, конструктивні параметри обрушувача та технологічні режими його роботи. **Мета.** Дослідження процесу обрушування в залежності від фізичних властивостей насіння конопель та конструктивних і технологічних параметрів обрушувача. **Методи.** Характеристики насіння визначали згідно з ДСТУ 4138-2002. Для обрушування насіння використовували розроблений відцентровий механізм. Змінними параметрами виступали: зазор між робочим колесом та відбійною декою (15, 40 мм); частота обертання робочого колеса (1500, 2000, 2500 хв.⁻¹); фракція насіння за розміром – крупна (>3,0 мм), середня (2,5-3,0 мм), дрібна (<2,5 мм). **Результати.** Кожен з параметрів впливає на фракційний склад рушанки. Найважче обрушується дрібна фракція. Найефективнішим є обрушування крупної фракції насіння. Для всіх трьох розмірних фракцій збільшення зазору між робочим колесом і декою з 15 до 40 мм підвищує кількість обрушеного ядра. Збільшення частоти обертання робочого колеса неоднозначно впливає на процес. При збільшенні частоти обертання робочого колеса з 1500 до 2000 хв.⁻¹ в рушанці спостерігається підвищення кількості обрушеного ядра. Подальше збільшення частоти обертання колеса до 2500 хв.⁻¹ зменшує кількість обрушеного ядра. При даній швидкості обертання обрушувач виконує функцію подрібнювача, що призводить до розмелення насіння. При величині зазору між робочим колесом і декою 40 мм та частоті обертання робочого колеса 2000 хв.⁻¹ обрушувач має оптимальні робочі параметри переробки для трьох фракцій насіння. Крайні результати обрушування одержали при величині зазору 40 мм і частоті обертання колеса 2000 хв.⁻¹: для дрібної фракції насіння кількість обрушеного ядра складала 16,47%, для середньої – 19,67%, для крупної – 21,90%. **Сфера застосування результатів.** Отримані дані будуть важливими для подальшого вдосконалення конструкції обрушувача, а також для розробки рекомендацій з оптимізації технологічного процесу переробки насіння промислових конопель на обрушене.

Ключові слова: насіння, коноплі, переробка, параметри, механізм для обрушування.

INFLUENCE OF SIZE FRACTION AND PARAMETERS OF WORKING EQUIPMENT
ON INDUSTRIAL HEMP SEEDS SHELLING*Dmytro Petrachenko, Ph.D., Engineering,**Senior Researcher of the Department of Engineering and Technical Research,*<https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>*Serhiy Koropchenko, Ph.D., Engineering, Senior Researcher,**Head of the Department of engineering and technical research,*<https://orcid.org/0000-0003-4520-4763>

Institute of Bast Crops NAAS, Hlukhiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-11>

Subject. Industrial hemp seeds of different fractions, structural parameters of the sheller and technological modes of its operation. **Purpose.** To research the shelling process depending on the physical properties of hemp seeds and constructive and technological parameters of the sheller. **Methods.** Seed characteristics were determined according to DSTU 4138-2002. A developed centrifugal mechanism was used to shell the seeds. Variable parameters were: the gap between the working wheel and the

chopping board (15, 40 mm); frequency of impeller rotation (1500, 2000, 2500 min⁻¹); seed fraction by size – large (>3.0 mm), medium (2.5-3.0 mm), small (<2.5 mm). **Results.** Each of the parameters effects the fractional composition of shelled seeds. The small fraction is the hardest while shelled. The most effective is the shelling of the large fraction of seeds. For all three size fractions, increasing the gap between the impeller and the tray from 15 to 40 mm increases the number of shelled seeds. Increasing of the frequency of rotation of the impeller has an ambiguous effect on the process. When the frequency of rotation of the impeller is increased from 1500 to 2000 min⁻¹, an increase in the number of shelled seeds is observed. A further increase of the frequency of impeller rotational to 2500 min⁻¹ reduces the number of shelled seeds. At this speed of rotation, the sheller performs the function of a grinder, which leads to the grinding of seeds. With a gap between the working wheel and the tray of 40 mm and a rotation frequency of the impeller rotational of 2000 min⁻¹, the shelling mechanism has optimal processing parameters for three seed fractions. The best shelling results were obtained with a gap size of 40 mm and frequency of impeller rotational of 2000 min⁻¹: for the small fraction of seeds, the number of shelling seeds was 16.47%, for medium – 19.67%, for large – 21.90%. **Scope of results.** The obtained data will be important for the further improvement of the design of the shelling mechanism, as well as for the development of recommendations for optimizing the technological process of industrial hemp seeds processing into shelled seeds.

Key words: seeds, hemp, processing, parameters, shelling mechanism.

Постановка проблеми. Разом з використанням насіння промислових конопель для виготовлення олії, в Україні активно розвивається напрям переробки насіння для одержання звільненого від неїстівної оболонки ядра (обрушеного насіння) [1]. Обрушене насіння промислових конопель має високий вміст жирів, білків, клітковини, мінералів та вітамінів, що робить його цінним харчовим продуктом [2, 3]. Перевага обрушеного насіння конопель полягає в тому, що воно має поживні речовини в легкозасвоюваній формі та під час вживання відсутні неприємні смакові якості, які притаманні насінню в лушпинні.

В Інституті луб'яних культур було досліджено ряд способів обрушування насіння промислових конопель [4]. Вивчалася можливість механічного розділення лушпиння та ядра з використанням різних конструкцій обрушуючого механізму. Було досліджено обрушувач вальцювого типу в якому реалізовано метод розколювання; обрушувач стрічкового типу, в якому реалізовано метод розчавлювання; обрушувач бильного типу, в якому реалізовано метод багатократного удару; обрушувач відцентрового типу, в якому реалізовано метод орієнтовного однократного удару. В результаті встановлено, що кожен з чотирьох досліджених механізмів дозволяє провести процес механічного відділення лушпиння від ядра. Більш ефективним при обрушуванні насіння конопель та перспективним для подальшого використання виявився обрушувач відцентрового типу, в якому втілено принцип орієнтовного однократного удару [5].

Оскільки зразок розробленого відцентрового обрушувача знаходиться на початковому етапі експериментів, а процес обрушування насіння конопель не є належно дослідженим, існує необхідність його вивчення. Зокрема, є необхідність визначення впливу фізичних властивостей насіння, конструктивних характеристик та технологічних властивостей обрушувача на сам процес обрушування. Дослідження цих факторів сприятиме оптимізації процесу обрушування насіння конопель та розвитку вітчизняної галузі переробки конопляного насіння. Це також посприє створенню додаткових робочих місць та підвищенню конкурентоспроможності української продукції.

Мета роботи полягає у дослідженні процесу обрушування насіння промислових конопель в залежності від фізичних властивостей насіння та конструктивних і технологічних параметрів обрушувача.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень використовували насіння промислових конопель селекції Інституту луб'яних культур, яке вирощене на полях установи.

При аналізі насіння використовували ДСТУ 7695:2015 «Насіння конопель. Технічні умови» [6]. Відбір проб окремих зразків проводили відповідно до методики згідно з ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [7].

Для визначення вологості використовували загальноприйнятну методику визначення вологості насіння сільськогосподарських культур згідно з ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» з використанням сушильної шафи [7].

Розміри індивідуальних насінин конопель визначали шляхом безпосередніх замірів насіння за допомогою штангенциркуля. Масу 1000 штук насінин визначали у відповідності до методики згідно ДСТУ 4138-2002 [7] шляхом зважування окремих проб.

Розділення насіння на фракції за шириною здійснювали на лабораторних решетах з отворами довгастої форми розміром 3,0x20 мм та 2,5x20 мм. Розділення здійснювали шляхом засипання насіння на решета з подальшим зворотньо-поступальним коливанням останніх. В результаті просіювання отримали три фракції насіння: крупне ($\geq 3,0$ мм), середнє (2,5-3,0мм), дрібне ($\leq 2,5$ мм). Кожну з отриманих фракцій насіння окремо піддавали обрушуванню.

Для обрушування використовували розроблений в інституті експериментальний відцентровий обрушувач з робочим колесом закритого секторального типу [8]. Процес руйнування лушпиння (обрушування) відбувається в процесі розколювання під час удару насінини об тверду поверхню відбійної деки.

Маса кожного окремого зразка насіння, яке піддавали обрушуванню, складала 100 г. Повторюваність для кожного варіанту дослідження трикратна. Наважка конопляного насіння піддавалася обробці в обрушуючому механізмі з метою одержання рушанки. Далі одержана рушанка вручну піддавалася розділенню, в результаті чого одержували три окремі фракції: недоруш (ціле, тріснуте, частково пошкоджене насіння), готове ядро (звільнене від оболонки насіннєве ядро), відходи (оболонка, насіннєва плівка, розмелене насіння, насіннєвий пил). Після розділення кожна фракція аналізувалась, вимірювалась її вага та визначали вміст кожної окремої фракції у відсотковому співвідношенні у зразку. Математична обробка даних виконувалась за загальноприйнятою методикою.

Результати та обговорення. Основним технологічним етапом у процесі виготовлення обрушеного насіння є механічне відокремлення лушпиння від ядра. Найбільш суттєвою вимогою до обрушування насіння є отримання продукту з максимальною кількістю вільного ядра. Проте, відокремлення лушпиння від ядра є складним через ряд чинників, таких як нерівномірність властивостей насіння різних фракцій, відмінності геометричних параметрів та різниця ступеня зрілості. На процес обрушування суттєвий вплив мають фізико-механічні характеристики насінини. Ефективність обрушування значною мірою залежить від рівня зрілості насіння. Також важливу роль у процесі відокремлення лушпиння від ядра відіграє вологість насіння. Процес обрушування значно залежить від фракційного розміру насіння [9, 10].

Окрім фізико-механічних властивостей насіння, на процес обрушування впливають конструктивні параметри обрушуючого механізму та режими його роботи. Такі параметри як зазор між робочим колесом та відбійною декою, швидкість обертання робочого колеса можуть бути налаштовані для оптимізації процесу обрушування насіння. Врахування конструктивних характеристик дозволяє забезпечити рівномірне навантаження на насіння під час обрушування, знижуючи ймовірність пошкодження ядра та забезпечуючи більш ефективне відділення оболонки. У свою чергу, регулювання робочих параметрів механізму може допомогти врахувати відмінності у властивостях насіння та покращити якість обрушування.

Однією з особливостей, яка відіграє важливу роль у процесі обрушування насіння конопель, є його форма. Насінини конопель характеризуються еліптичною, округло-яйцеподібною формою, зі стисненням по боках [11]. Розміри насінин варіюються за

трьома параметрами, що можуть суттєво змінюватися навіть в межах одного сорту: довжина (2,0-5,4 мм), ширина (2,0-4,1 мм) та товщина (2,0-3,5 мм) [12].

На першому етапі дослідження з метою розділення насіння конопель на більш однорідні групи проведено його сортування на фракції. В результаті одержали три групи насіння: крупне ($\geq 3,0$ мм), середнє (2,5-3,0 мм), дрібне ($\leq 2,5$ мм). Маса 1000 штук насіння за фракціями представлена на рис. 1.

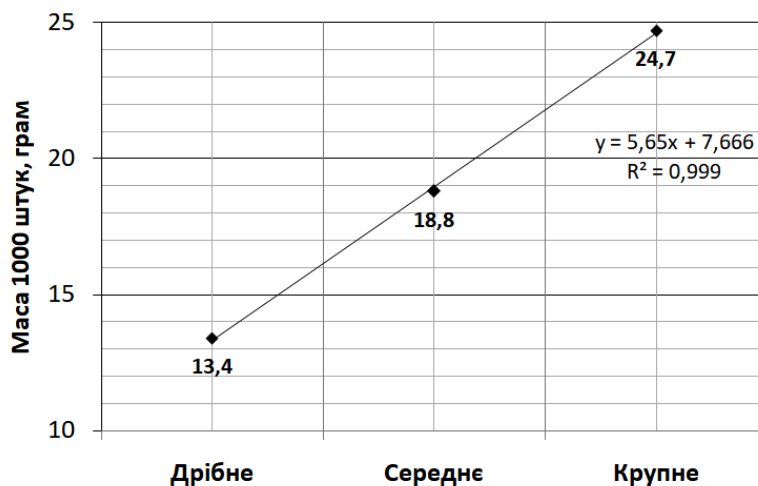


Рис. 1. Маса 1000 штук насіння в залежності від розміру фракції

Представлені на рис. 1 дані показують, що розмір насіння виступає визначальним фактором, який впливає на його масу. Маса 1000 штук насіння дрібної фракції дорівнює 13,4 г, середньої – 18,8 г, крупної – 24,7 г. Як бачимо різниця за масою між дрібним та крупним насінням складає 11,3 г. Це безумовно відобразиться на процесі обрушування насіння, а саме налаштуванні режимів роботи обрушувача.

Аналіз відсоткового вмісту кожної фракції в загальній масі насіння показав наступне. В насіннєвій масі найменший відсоток становить крупне насіння: фракція з розміром понад 3 мм складає лише 7,9%. Дрібне насіння, а саме фракція з розміром менше 2,5 мм, утворює третину насіннєвої маси, становлячи 33,9%. Значна частина насіннєвої маси 58,2% належить середній фракції насіння з розмірами від 2,5 до 3 мм.

Наступний етап дослідження передбачав вивчення процесу обрушування. В процесі дослідження змінними параметрами виступали (табл. 1): конструктивні параметри обрушувача, а саме зазор між робочим колесом та відбійною декою, який дорівнював 15 та 40 мм; режими роботи обрушувача, а саме частота обертання робочого колеса, яка дорівнювала 1500, 2000 та 2500 хв.⁻¹; фізичні властивості насіння, а саме фракція насіння за розміром – крупна, середня, дрібна. Вологість насіння в досліді дорівнювала 8,8%.

Таблиця 1

Параметри, які досліджувалися в процесі обрушування

№ з/п	Параметри	Змінні значення		
1	Зазор між декою та робочим колесом, мм	15	40	
2	Фракція насіння (за шириною), мм	крупна > 3,0	середня 2,5-3,0	дрібна < 2,5
3	Вологість насіння, %	8,8		
4	Частота обертання робочого колеса, хв. ⁻¹	1500	2000	2500

Отримані результати з обрушування насіння конопель представлені на рис. 2. Аналіз представлених на рисунку даних показує, що кожен з досліджуваних параметрів (фракція насіння, зазор між робочим колесом і декою, частота обертання робочого колеса) впливає

на фракційний склад рушанки. Змінюючи будь-який із цих параметрів, ми спостерігаємо істотні зміни в обрешуванні та одержуємо рушанку з різним кількісним складом ядра, недоруш та відходів.

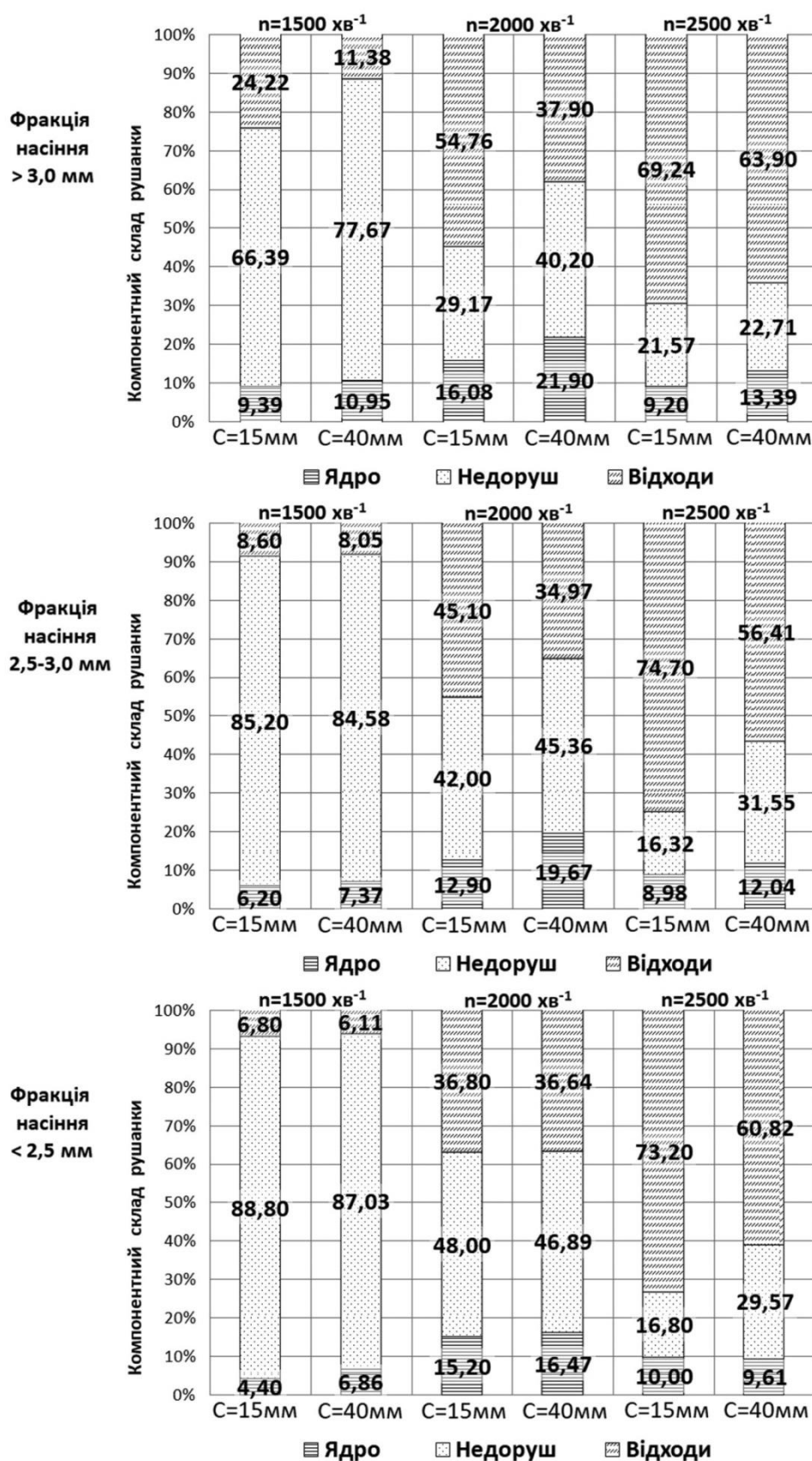


Рис. 2. Фракційний склад рушанки насіння конопель в залежності від досліджуваних параметрів (*C* – зазор між декою та робочим колесом, мм)

Серед досліджених розмірних фракцій найважче обрушується дрібна фракція розміром менше 2,5 мм. Переробка даної фракції дозволяє одержати від 4,40 до 16,47% обрушеного ядра в залежності від налаштованих параметрів. Крупніші фракції насіння піддаються обрушуванню краще. Переробка середньої фракції насіння з розміром 2,5-3,0 мм забезпечує від 6,20 до 19,67% обрушеного ядра. Найефективнішим є обрушування крупної фракції насіння з розміром понад 3,0 мм, що дозволяє одержати від 9,20 до 21,90% обрушеного ядра в залежності від налаштованих параметрів.

Аналізуючи вплив величини зазору між робочим колесом і декою, можна відзначити, що зі збільшенням величини зазору з 15 до 40 мм кількість обрушеного ядра збільшується. Для всіх трьох розмірів фракцій насіння збільшення робочого зазору сприяє підвищенню одержаного обрушеного ядра. Для дрібної фракції при збільшенні зазору з 15 до 40 мм кількість обрушеного ядра зростає з 4,40-15,20% до 6,86-16,47% в залежності від налаштованих параметрів. Для середньої фракції насіння зі збільшенням зазору кількість обрушеного ядра зростає з 6,20-12,90% до 7,37-19,67%. Для крупної фракції кількість обрушеного ядра збільшується з 9,39-16,08% до 10,95-21,90% залежно від налаштованих параметрів. Разом з тим, при збільшенні величини зазору спостерігається зменшення в рушанці кількості недорученого насіння та відходів.

Аналізуючи вплив швидкості обертання робочого колеса на процес обрушування насіння, можемо сказати, що збільшення даного параметру неоднозначно впливає на процес. З одного боку, при збільшенні швидкості обертання робочого колеса з 1500 до 2000 хв^{-1} в рушанці спостерігається підвищення кількості обрушеного ядра, що свідчить про певну ефективність збільшення даного параметру. Однак подальше збільшення швидкості обертання колеса з 2000 до 2500 хв^{-1} призводить до зменшення кількості обрушеного ядра в рушанці та підвищення кількості відходів. Це може бути пов'язано з надмірною силою удару насінини об відбійну деко, що призводить до руйнування не тільки лушпиння, а й самого ядра.

При частоті обертання робочого колеса 1500 хв^{-1} для кожної з трьох фракцій отримали рушанку з високим вмістом необрушеного насіння та низьким вмістом обрушеного ядра. Для дрібної фракції недоруч склав 88,80% при зазорі 15 мм та 87,03% при зазорі 40 мм. Для середньої фракції кількість недоручу склала 85,20% та 84,58% відповідно. Для крупної фракції – 66,39% при зазорі 15 мм та 77,67% при зазорі 40 мм. Кількість обрушеного ядра при цьому знаходилась в найменших межах серед всіх досліджених варіантів.

Зі збільшенням частоти обертання робочого колеса з 1500 до 2000 хв^{-1} кількість необрушеного насіння скорочується в 1,8-2,2 рази з одночасним збільшенням обрушеного ядра в 1,7-3,4 рази в залежності від налаштованих параметрів. Зокрема, при зазорі 15 мм кількість недоручу та ядра склали: дрібна фракція – 48,0% та 15,20% відповідно, середня фракція – 42,0% та 12,9%, крупна фракція – 29,17% та 16,08%. При величині зазору 40 мм кількість недоручу та ядра склали: дрібна фракція – 46,89% та 16,47% відповідно, середня фракція – 45,36% та 19,67%, крупна фракція – 40,20% та 21,90%.

Результати показують, що оптимальна частота обертання робочого колеса та величина зазору між робочим колесом та відбійною декою мають значний вплив на процес обрушування насіння. Зі збільшенням частоти обертання робочого колеса спостерігається зменшення кількості необрушеного насіння та збільшення обрушеного ядра, що свідчить про підвищення ефективності процесу обрушування. Величина зазору між робочим колесом та відбійною декою також впливає на обрушування насіння: при зазорі 15 мм та 40 мм спостерігаються різні показники обрушеного ядра для різних фракцій насіння.

Подальше збільшення частоти обертання робочого колеса з 2000 до 2500 хв^{-1} для трьох фракцій насіння (дрібна, середня, крупна) зменшує в рушанці кількість обрушеного ядра, кількість недорученого насіння при одночасному збільшенні кількості відходів до

56,41-74,70%. При даній частоті обертання обрушувач починає виконувати функцію подрібнювача, що призводить до розмелення насіння.

Висновки. Такі параметри як фракція насіння, зазор між робочим колесом і декою, частота обертання робочого колеса впливають на фракційний склад рушанки та істотно змінюють процес обрушування насіння. Дрібна фракція насіння найгірше піддається обрушуванню, тоді як крупніші фракції мають кращі показники обрушування. Найефективніше обрушується крупна фракція насіння з розміром понад 3,0 мм. Збільшення зазору з 15 до 40 мм між робочим колесом і декою сприяє збільшенню кількості обрушеного ядра для всіх фракцій насіння. Частота обертання робочого колеса неоднозначно впливає на обрушування насіння. Оптимальна частота обертання робочого колеса для трьох фракцій насіння дорівнює 2000 хв⁻¹.

При величині зазору між робочим колесом і декою 40 мм та частоті обертання робочого колеса 2000 хв⁻¹ обрушувачий механізм має оптимальні робочі параметри переробки для трьох фракцій насіння. Кращі результати обрушування одержали при величині зазору 40 мм і частоті обертання колеса 2000 хв⁻¹: для дрібної фракції насіння кількість обрушеного ядра склала 16,47%, для середньої – 19,67%, для крупної – 21,90%.

Загалом, отримані результати свідчать про важливість вивчення та оптимізації параметрів обрушування насіння промислових конопель для досягнення найкращих можливих результатів. Дослідження має значний потенціал для практичного використання в галузі виробництва та переробки промислових конопель.

Бібліографія

1. Сова Н. А., Луценко М. В., Терещенко Т. В. Дослідження технологічних властивостей обрушеного насіння промислових конопель. Аграрна наука та освіта в XXI столітті: проблеми, перспективи та інновації. 2018. № 9. С. 248-253.
2. Oseyko M., Sova N., Petrachenko D., Mykolenko S. Technological and chemical aspects of storage and complex processing of industrial hemp seeds. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9 (3). p. 545-560. doi: 10.24263/2304-974X-2020-9-3-5.
3. Alonso-Esteban J., Pinela J., Ćirić A., Calhella R., Soković M., Ferreira I., Barros L., Torija-Isasa E., Sánchez-Mata M., Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds, *Food Chemistry*, Volume 374, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>.
4. Петраченко Д. О., Коропченко С. П. Результати дослідження дієвого методу обрушування насіння промислових конопель. Луб'яні та технічні культури. Збірник наукових праць. 2019. №6 (11). С. 124-130.
5. Петраченко Д. О., Коропченко С. П. Дослідження конструкції механізму для обрушування насіння промислових конопель. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. № 2. С. 167-171.
6. ДСТУ 7695:2015 Насіння конопель. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2015. 23 с.
7. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Держспоживстандарт України. Київ, 2003. 170 с.
8. Пат. №122649 Україна, МПК (2018. 01) B02B 3/02 C11B 1/04. Пристрій для обрушування насіння конопель. С.П. Коропченко, Д.О. Петраченко; заявник і патентовласник Інститут луб'яних культур НААН. № u201705606; заявл. 06.06.2017; опубл. 25.01.2018. 6 с.
9. Подпрятков Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва : підручник. Київ, 2014. 393 с.
10. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв : навч. посіб. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488 с.
11. Saini, P., Panghal, A., Mittal, V., Gupta, R. Hempseed (*Cannabis sativa* L.) bulk mass modeling based on engineering properties. *Journal of Food Process Engineering*. 2022. № 45 (1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13929>.
12. Мигаль М. Д. Біологія формування насінневої продуктивності конопель: монографія. Суми: Видавничий будинок “Еллада”, 2015. 233 с.

References

1. Sova, N. A., Lutsenko, M. V., Tereshchenko, T. V. (2018). Doslidzhennia tekhnologichnykh vlastyvostei obrushenoho nasinnia promyslovykh konopel. [Study of the technological properties of the dehulled seed of industrial hemp]. *Ahrarna nauka ta osvita v XX stolitti: problemy, perspektyvy ta innovatsii*. [Agricultural science and education in the 21st century: problems, prospects, and innovations]. №. 9. P. 248-253. [in Ukrainian].
2. Oseyko, M., Sova, N., Petrachenko, D., Mykolenko, S. (2020). Technological and chemical aspects of storage and complex processing of industrial hemp seeds. *Ukrainian Food Journal*. Vol. 9 (3). p. 545-560. doi: 10.24263/2304-974X-2020-9-3-5.
3. Alonso-Esteban, J., Pinela, J., Ćirić, A., Calhelha, R., Soković, M., Ferreira, I., Barros, L., Torija-Isasa, E., Sánchez-Mata, M. (2022). Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*. Vol. 374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>.
4. Petrachenko, D. O., Koropchenko, S. P. (2019). Rezultaty doslidzhennia diievoho metodu obrushuvannia nasinnia promyslovykh konopel. [The results of the study of an effective method of crushing the seeds of industrial hemp]. *Lubiani ta tekhnichni kultury. Zbirnyk naukovykh prats*. [Bast and technical crops]. №6(11). P. 124-130. [in Ukrainian].
5. Petrachenko, D. O., Koropchenko, S. P. (2019). Doslidzhennia konstruksii mekhanizmu dlia obrushuvannia nasinnia promyslovykh konopel. [Research on the design of a mechanism for threshing industrial hemp seeds]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Serii: tekhnichni nauky*. [Scientific notes of V. I. Vernadsky TNU. Series: Technical Sciences]. № 2. P. 167-171. [in Ukrainian].
6. DSTU 7695:2015 Nasinnia konopel. Tekhnichni umovy. [DSTU 7695:2015 Hemp seeds. Specifications.] DP «UkrNDNTs». Kyiv, 2015. 23 p. [in Ukrainian].
7. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. [DSTU 4138-2002 Seeds of farm crops. Methods for determination of quality.] *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*. Kyiv, 2003. 170 p. [in Ukrainian].
8. Koropchenko, S. P., Petrachenko, D. O. Patent №122649 Ukraina, MPK (2018. 01) B02B 3/02 C11B 1/04. Prystrii dlia obrushuvannia nasinnia konopel. [A device for dehulling hemp seeds]; Applicant and patent attorney Institute of bast crops NAAS. № u201705606; stated. 06.06.2017; Bjul. 25.01.2018. 6 p. [in Ukrainian].
9. Podpriatov, H. I., Rozhko, V. I., Skaletska, L. F. (2014). Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky produktii roslynnytstva: pidruchnyk. [Technology of storage and processing of plant products: textbook]. Kyiv, 393 p. [in Ukrainian].
10. Datsyshyn, O. V., Tkachuk, A. I., Hvozdiev, O. V. (2008). Tekhnologichne obladnannia zernopererobnykh ta oliinykh vyrobnytstv: navch. posib. [Technological equipment for grain processing and oil plants: a textbook]. Vinnytsia, 488 p. [in Ukrainian].
11. Saini, P., Panghal, A., Mittal, V., Gupta, R. (2022). Hempseed (*Cannabis sativa* L.) bulk mass modeling based on engineering properties. *Journal of Food Process Engineering*. № 45 (1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13929>.
12. Myhal, M.D. (2015). Biolohiia formuvannia nasinnievoi produktyvnosti konopel: monohrafiia. [Biology of the formation of seed productivity of hemp: monograph]. Sumy: Vydavnychiy budynok "Ellada", 233 p. [in Ukrainian].