

УДК 633.522: 664.7
UDC 633.522: 664.7

В.О. Шейченко¹, Д.О. Петраченко², В.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.

НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ: АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОБРУШУВАННЯ

У роботі на підставі аналізу існуючих способів відділення зовнішніх оболонок від ядер насіння різних сільськогосподарських культур встановлено перспективні техніко-технологічні рішення, застосування яких уможливить обрушування насіння промислових конопель з високим рівнем ефективності.

Відмічено, що ефективність обрушування досягається завдяки врахуванню фізико-технологічних властивостей насіння культури. До таких властивостей відносять геометричні розміри, структуру оболонки та ядра, їх міцність, абсолютну та об'ємну маси, фрикційні властивості, вологість, вміст олії тощо. Неврахування будь-якого з параметрів суттєво впливає на кінцевий результат процесу обрушування.

Виявлено, що техніко-технологічні рішення, які б із необхідним рівнем універсальності та ефективності забезпечували обрушування насіння різних культур, на даний час віднайти складно. Натомість компромісні рішення щодо налаштувань існуючих механізмів з урахуванням якості кінцевого продукту не забезпечують необхідний рівень ефективності оброблення. Отриманий результат характеризується або низькою якістю кінцевого продукту, або значними втратами сировини.

Встановлено, що кожний конкретний вид сільськогосподарської культури потребує використання такого способу обрушування, яким враховано фізико-технологічні властивості оброблюваного насіння. За умов розроблення обладнання для обрушування насіння конопель доцільно врахувати конструкційні особливості, переваги та недоліки існуючих технічних рішень обрушувачів насіння.

Найбільш перспективним для обрушування насіння промислових конопель є спосіб одноразового удару, який реалізовано у відцентрових механізмах. Орієнтований удар насіння об деку уможливить збереження м'яких конопляних ядер.

Ключові слова: насіння конопель, обрушення, способи обрушення насіння, відцентрові механізми

ВСТУП

Традиційним продуктом переробки насіння промислових конопель донедавна була конопляна олія. На фоні зростаючого попиту населення на продукти здорового харчування, виникають нові напрямки застосування конопляного насіння в харчовій промисловості. Серед іншого одним з таких напрямів є обрушене насіння (конопляне ядро). Конопляне ядро виступає як самостійний харчовий продукт багатий на корисні елементи та вітаміни, має приємний горіховий смак. Також ядро використовують для приготування різноманітних страв: супів, каші, напоїв, хлібопекарських виробів тощо. Попит на конопляне ядро збільшується [1], сфери використання розширюються, що підвищує його конкурентоспроможність на харчовому ринку та гарантує особливе місце серед продукції.

Операція обрушування призначена для руйнування оболонки з метою її відділення від ядрового продукту. До недавнього часу, обрушування асоціювалося як складова частина технологічного ланцюга отримання рослинних олій. Такі дії було направлено з метою підвищення якісних показників олії і викликано тим, що оболонки містить речовини (воски та ін.), перехід яких в олію небажаний; шрот з високим вмістом лузги має низьку якість; видалення лушпиння сприяє зменшенню зношування обладнання; наявність оболонки в насінні, що піддається пресуванню, зменшує вихід олії.

Проте в останній час акценти змінилися. Обрушування насіння, з точки зору харчового напрямку, ґрунтується, в першу чергу, на підвищенні поживної цінності продукту. Завдяки звільненню насінневих ядер від лушпиння, всі поживні речовини, якими багате насіння, легко засвоюються організмом.

Обрушене насіння конопель є відносно новим напрямом перероблення, який потребує вивчення. На сьогодні існує певний інформаційний вакуум щодо результатів досліджень технологічних прийомів та обладнання для обрушування конопляного насіння. Тому обґрунтування найбільш раціональних способів обрушування насіння промислових конопель є актуальним науковим завданням.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Процес відділення ядра (зернівки) від його зовнішнього захисного шару (лушпиння, оболонки) називають обрушуванням. Відповідно, обрушене насіння являє собою звільнене від неїстівної твердої оболонки ядро. Процес обрушування насіння виконують або як підготовчу операцію для подальшої переробки, або для покращення смакових якостей та кондитерських властивостей готового продукту.

Одержання обрушеного насіння складається з двох послідовних самостійних операцій. Перша операція (обрушування) передбачає механічне відділення оболонки від ядра, в результаті чого отримують рушанку. Друга операція (сепарація) передбачає розділення рушанки на фракції: ядра (готовий продукт), оболонки (відходи), недорушене насіння.

Вибір того чи іншого способу обрушування ґрунтується на біологічних особливостях насіння та його фізико-механічних характеристиках. Адже для насіння та його складових характерна значна різноманітність властивостей не тільки для різних видів, а навіть в межах одного сорту.

В [2] наведено результати з розроблення універсального механізму, придатного обрушувати насіння різних культур. Зокрема для звільнення від зовнішньої оболонки насіння спельти та емеру використовували ряд обрушувачів призначених для інших культур (вівса, рису, ячменю, соняшника, клеверу). Для цього були проведені роботи з модернізації та налаштування механізмів, адже кожне насіння має специфічні особливості обробки, які необхідно регулювати. Проте розроблення універсального обладнання для обрушування виявилось складним завданням, що вимагає значних компромісів, які не завжди відповідають ідеальним параметрам оброблення кожного окремого виду зерна. Відмічається, що навіть при обробці різного насіння спельти доводилося здійснювати переналаштування механізму. Використання обрушувача без внесення конструктивних змін призводило до одержання нестандартного продукту з погіршеними характеристиками. Отримували зруйноване насіння непридатне до подальшого використання. Серед інших недоліків значне зниження продуктивності та збільшення втрат продукції. Аналогічні негативні результати щодо обробки зерна спельти нецільовим обрушувачем згадуються і в [3].

Проведений аналіз дозволив виявити відсутність універсальних механізмів, придатних для обробки насіння з різними фізико-механічними властивостями. Обрушування кожного окремого виду насіння вимагає спеціальних підходів і технічних рішень. Особливо це актуально для обрушування насіння промислових конопель, якому притаманна складна геометрична форма та відмінні властивості компонентів.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. На підставі аналізу існуючих способів відділення зовнішньої оболонки від ядер насінин визначити найбільш раціональний спосіб обрушування насіння промислових конопель, що уможливить підвищити ефективність систем їх виробництва.

Задачі досліджень:

–здійснити аналіз існуючих способів обрушування насіння різних сільськогосподарських культур;

– встановити можливість застосування відомих способів для обрушування насіння промислових конопель.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В залежності від виду та будови насіння відокремлення зовнішньої оболонки від ядер (зернівок) здійснюють різанням, тертям, розчавлюванням, розколюванням або ударом [4]. Вибір конкретного способу відділення оболонки залежить від форми насінин, її механіко-технологічних властивостей, до яких відносять пластичність, міцність, еластичність. На ефективність обрушування також впливає ступінь стиглості насіння, його вологість, технологічні параметри робочого органу [5].

У дослідженнях [6] наведено спосіб обрушування насіння завдяки двох паралельних вальців, які обертаються на зустріч один одному (рис. 1).

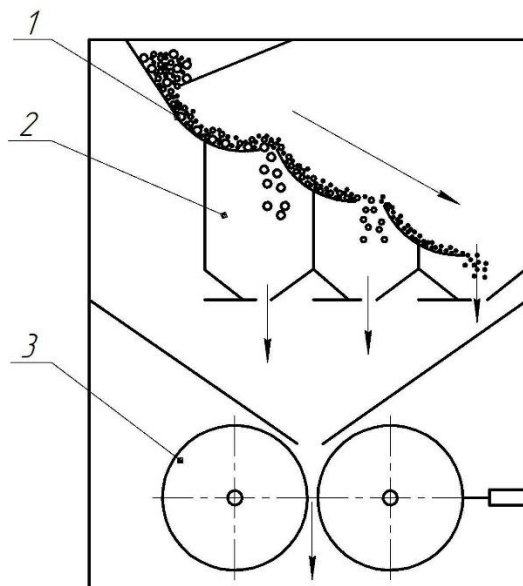


Рисунок 1. Загальна схема механізму для обрешування
1 – розгінна поверхня; 2 – бункер; 3 – вальці

Процес відділення оболонки від ядер відбувається під час проходження насінини між вальцями. Принцип роботи механізму полягає в рівномірному надходженні насіння на розгінну поверхню, де йому надають необхідне значення швидкості та розділяють на три розмірні фракції. Спочатку відділяють насіння великих розмірів, а потім середніх та дрібних. Завдяки цьому збільшують однорідність кожної фракції. Під кожну фракцію відводять окремий бункер. Таким чином забезпечують почергове оброблення кожної фракції по мірі заповнення бункерів. Оброблення кожної фракції здійснюють завдяки змінненню робочого проміжку між вальцями без зупинення технологічного процесу.

Відомий спосіб відокремлення зовнішньої оболонки насіння за рахунок використання тиску та тертя [7]. Механізми в яких втілено даний спосіб називають фрикційними. Робочий орган складається з двох дисків, які розташовані один відносно одного з певним проміжком. Робочим органом є металевий диск з канавками. Відокремлення оболонки відбувається внаслідок тертя під час проходження сировини між дисками. Загальний вигляд робочих фрикційних дисків наведено на рис. 2.



Рисунок 2. Загальний вигляд фрикційних дисків обрешувача

До переваг такої конструкції відносять легке змінненя швидкості робочого органу завдяки регулюванню кутової швидкості обертових валів. Обладнання має значний діапазон регулювання, що уможливує налаштувати його під оброблення насіння різного розміру та типу. Використання різних

матеріалів поверхонь тертя дозволяє одержати продукт з різними характеристиками без змінення основної конструкції системи.

Відомі також механізми в яких для відділення зовнішньої оболонки використовують абразивні робочі органи [7-8]. Абразивні механізми працюють за принципом схожим на фрикційні обрушувачі. Процес відокремлення зовнішньої оболонки у зазначених механізмах відбувається за допомогою тертя. Проте зерниста структура поверхні робочого органу зменшує необхідну для відокремлення оболонки силу тертя.

Відділення зернівок від лущиння відбувається внаслідок дії двох абразивних дисків, які обертаються з певною кутовою швидкістю. Структура абразивних дисків може бути різною в залежності від призначення та характеру оброблюваного зерна. Вони можуть мати відносно грубу або середню зернистість, що дозволяє ефективно видаляти оболонку без значного пошкодження самої зернівки. Диски встановлюють паралельно до підлоги з певним проміжком між собою, який регулюють в заданому діапазоні.

В основу роботи механізму покладено принцип абразивного тертя насінин по дискам. За різних значень питомої ваги зернівок та зовнішніх оболонок, а також центробіжних сил, які надають диски, відбувається розділення траєкторій руху ядер та оболонок.

Спосіб відокремлення зовнішньої оболонки за рахунок розчавлювання описано в роботі [9]. Робочими органами є два ролики, які встановлюють на одній горизонтальній осі за умов обертання на зустріч один одному. Поверхню роликів виконано у вигляді архімедової спіралі (рис. 3). Застосування у конструкції зазначених робочих органів уможливило збільшити зони обробітку сировини та її транспортування до центру механізму.



Рисунок 3. Загальний вигляд роликів

Принцип роботи механізму полягає у тому, що за умов потрапляння стручка між роликами, що обертаються, відбувається розчавлювання стручка та вивільнення насіння.

В роботі [10] наведено спосіб відокремлення зовнішньої оболонки внаслідок різання. Для руйнування оболонки насіння горгони евриале використовують кільцевий різак (рис. 4).

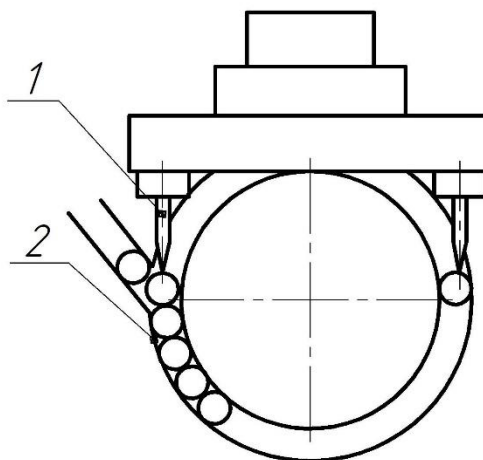


Рисунок 4 Схема робочого органу механізму руйнування оболонки насінин різанням

1 – ніж; 2 – кільцева камера

В якості робочого органу використовують вертикально закріплений ніж, який обертається навколо власної осі. Сам процес відділення оболонок від ядер відбувається в два етапи. Спочатку насіння потрапляє в кільцеву камеру, де тверда оболонка розрізається кільцевим різаком. Далі насіння з порушеною цілісністю оболонки надходить у модуль пристрою для витискання, який безпосередньо відокремлює оболонки та ядра.

Для відділення плодів олійної камелії від оболонки [11] використовують механізми (рис. 5), в основі яких покладено принцип розколювання. Оболонку плодів за таких умов розколюють завдяки обробці останніх між пасом та гнучкою дошкою.

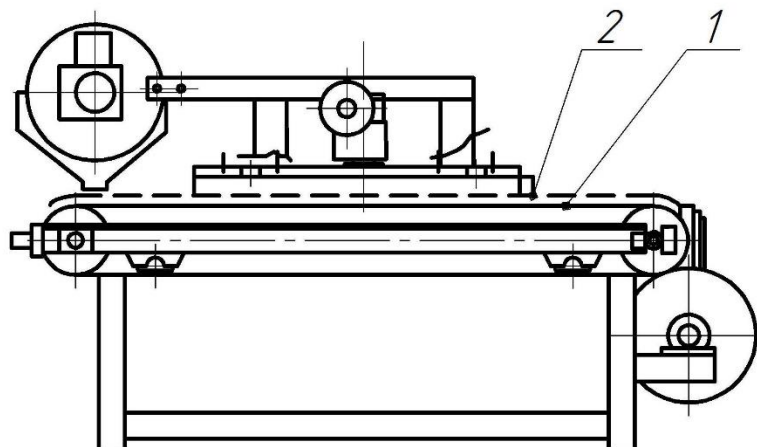


Рисунок 5. Конструкційна схема очищувача плодів олійної камелії за принципом розколювання
1 – пас; 2 – гнучка дошка

Процес звільнення від оболонки базується на принципі м'якого витискання та тертя під час взаємодії плоду з динамічним транспортуючим пасом та гнучкою дошкою тертя.

Відомі технічні рішення [12-14], що використовують в своїй роботі спосіб удару (неорієнтований багаторазовий та орієнтовний одноразовий). Відповідні способи реалізуються в бічевих (багаторазовий удар) та відцентрових (одноразовий удар) рушках. Варто відмітити, що обрушування насіння способом одноразового удару є більш ефективним, адже менше пошкоджує насіння.

Відомий спосіб [12] обрушування насіння за допомогою бильної машини (рис. 6), в якій відділення оболонки від ядра відбувається внаслідок удару.

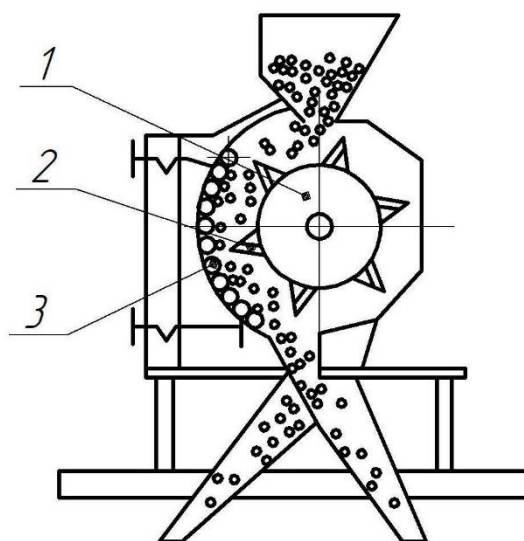


Рисунок 6. Схема бильної машини
1 – ротор; 2 – пластини; 3 – дека

Робочий орган представляє собою закріплений на валу в центрі робочої камери ротор з пластинами. Вал ротора розташовано паралельно до підлоги. Насіння подають в робочу камеру зверху. Пластини ротора захоплюють насіння та спрямовують його на деку. Дека може змінювати своє положення відносно ротора, що впливає на робочий проміжок. Внаслідок удару насіння об поверхню деки відбувається руйнування оболонок та вивільнення ядер.

В роботі [13] для обрушування плодів фісташок, а в роботі [14] для обрушування насіння соняшнику використовують відцентрові механізми, в яких реалізовано спосіб одноразового удару. Не зважаючи на те, що принципи дії зазначених механізмів і засновано на орієнтовному ударі, проте конструкційне їх виконання різне, як в залежності від типу оброблюваної сировини різняться і режими роботи. Загальну схему відцентрового механізму наведено на рис. 7.

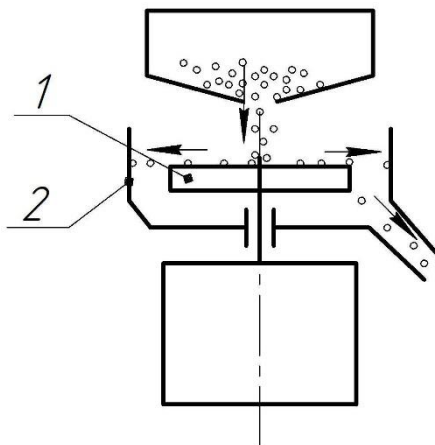


Рисунок 7 Схема відцентрового механізму
1 – ротор; 2 – дека

Робочим органом відцентрового механізму є розміщений на валу в центрі робочої камери диск (ротор). Проте на відміну від бильної машини у відцентровій вал ротора розміщують перпендикулярно до підлоги. Насіння рівномірно подають зверху на середину ротору. Взаємодіючи з ротором, який обертається, насіння змінює напрямок руху з вертикального на горизонтальний. За таких умов насіння набуває певної радіальної швидкості, вилітає з ротора та зіштовхується з декою. Під час зіткнення з декою відбувається деформація оболонки, наступне її руйнування та вивільнення ядра.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Спосіб обрушування насіння з використанням двох паралельних вальців характеризується складністю конструкції, що ускладнює її обслуговування та налаштування. Якість обрушування є функцією фізико-технологічних характеристик оброблюваного насіння (вологості, геометричних розмірів, рівня травмування тощо). Відмічене потребує додаткових налаштувань в залежності від конкретного типу насіння, що природньо призводить до збільшення як пошкодження насіння, так і тривалості та собівартості перероблення. Саме тому ефективність обрушування насіння конопель з використанням вальців буде низькою.

Для фрикційних механізмів характерне швидке зношування робочих органів. За таких умов регулярне змінювання фрикційних накладок є необхідним чинником їх функціонування. Оскільки поверхні тертя швидко зношуються, постійно контролюють робочий проміжок та його регулювання відповідно до розмірів насіння. За інших умов зменшується ефективність та збільшується кількість сировини, яка зовсім не піддається впливу дисків внаслідок збільшення проміжку. Умовою працездатного стану обладнання є постійний контроль і налаштування необхідних для даного виду сировини значень проміжків. Відмітимо, що значні розбіжності розмірів окремих конопляних насінин та високий вміст олії унеможливають застосовувати фрикційний спосіб для обрушування культури.

Для абразивних механізмів властива неможливість одночасного обробітку насіння без попереднього калібрування. Так як проміжок між дисками сталий, то насіння більшого за проміжок розміру буде розчавлюватися, а меншого – не буде обрушуватися. Окрім попереднього калібрування насіння, такий механізм потребує постійного регулювання проміжку відповідно до розмірів фракцій насіння. Суттєвим недоліком зазначеного способу є руйнування цілісності обрушеного продукту. Це

призводить до пошуку шляхів швидкого його використання. В іншому випадку – високі ризики втрати продукції внаслідок деградації та інфікування пліснявою.

Для насіння конопель обрушування методом абразивного тертя неможливо застосувати внаслідок особливої геометрії насінин, значних розбіжностей розмірів конопляного насіння. Зношування робочих дисків призводить до забруднювання готових ядер абразивними частками. Вміст в насінні конопель олії призводить до замаслювання робочих поверхонь, що унеможливує руйнування оболонки.

Спосіб відокремлення зовнішньої оболонки за рахунок розчавлювання для насіння конопель має певні обмеження. Відносно велика робоча площа контакту насінин з роликками збільшує час перебування матеріалу в робочій зоні. Як наслідок це призводить до розчавлювання (руйнування) м'яких конопляних ядер, а також до замаслювання робочих органів. Сталий робочий проміжок між роликками унеможливує обробіток насіння без калібрування. Умовою досягнення високого рівня ефективності обрушування є постійне налаштування робочих параметрів (проміжку), що складно досягти внаслідок особливостей фізико-механічних характеристик конопляного насіння.

Спосіб відокремлення зовнішньої оболонки внаслідок різання для обрушування насіння конопель має певні обмеження. Дійсні розміри конопляного насіння та його форма унеможливають переробки без пошкодження ядра. Також для ядер конопель характерним є м'яка структура та значний вміст олії.

Хоча принцип розколювання дозволяє обробіток плодів камелії різного діаметру, проте він не може бути втілений для обрушування насіння конопель. Суттєвою перешкодою є відмінності фізичних характеристик зазначених насінин. Для оболонки плодів камелії характерна м'якість та високий вміст вологи, а насіння характеризується твердою структурою. Насіння ж конопель навпаки має тверду оболонку та м'яке ядро, якому притаманна висока олійність. Даний метод на забезпечить повноцінного відокремлення твердої оболонки конопель без пошкодження насіння.

До недоліків обрушування ударом відносять неоднорідність оброблення, що викликано різницею розмірів та показників міцності насіння. Відсутність можливостей індивідуального регулювання інтенсивності удару призводить до руйнування не тільки оболонки, а й пошкодження ядер. Не всі частини лущиння ефективно відділяються від ядер, що призводить до потреби додаткового оброблення. Проте даний спосіб є найбільш оптимальним для обрушування насіння промислових конопель. Щоб вивільнити ядро потрібен лише один удар, що мінімізує кількість взаємодій на насіння та знижує час на обробку. Конструкція відцентрових обрушувачів дозволяє змінювати режими роботи без зупинки механізму. Таким чином є можливість регулювання сили удару, що сприяє більш точному та ефективному обрушуванню. Відцентрові обрушувачі мають простішу конструкцію та меншу кількість рухомих частин, що знижує ймовірність зупинок та поломок.

ВИСНОВКИ.

На підставі аналізу існуючих способів обрушування насіння різних сільськогосподарських культур, відмічено:

–ефективність обрушування досягається завдяки врахуванню фізико-технологічних властивостей насіння культури (геометричних розмірів, структури оболонки та ядер, їх міцності, абсолютної та об'ємної маси, фрикційних властивостей, вологості, вмісту олії, тощо). Техніко-технологічні рішення, які б із необхідним рівнем універсальності та ефективності забезпечували обрушування насіння різних культур, на даний час віднайти складно. Компромісні рішення щодо налаштувань існуючих механізмів з урахуванням якості кінцевого продукту не забезпечують необхідний рівень ефективності оброблення;

–кожний конкретний вид насіння потребує такого способу обрушування, яким враховано фізико-технологічні властивості оброблюваного насіння;

–за умов розроблення обладнання для обрушування насіння конопель доцільно врахувати конструкційні особливості, переваги та недоліки існуючих технічних рішень обрушувачів насіння.

Найбільш перспективним для обрушування насіння промислових конопель є спосіб одноразового удару, який реалізовано у відцентрових механізмах. Орієнтований удар насінини об деку уможливить збереження м'яких конопляних ядер.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 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>
2. 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.
3. Wright, G. (2014). Selling grains at the farmers market. Paper presented at the NOFA-NY Winter Conference. Saratoga Springs, NY. January 24, 2014.
4. 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>
5. Перевалов Л.І., Фадєєв Л.В., Півень О.М., Тимченко В.К., Дьяченко М.В. (2020) Теоретичні та експериментальні дослідження процесу обрушування насіння соняшнику кондитерського сорту. Інтегровані технології та енергозбереження. №2. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2020.2.07>
6. Гвоздєв О.В., Клевцова Т.О., Петриченко С.В., Паляничка Н.О. (2015) Пат. № 102922 UA. Установка для обрушування насіння. МПК (2015.01), В02В 3/00, В07В 1/06 (2006.01) № u 2015 05070; заявл. 25.05.2015; опубл. 25.11.2015, Бюл.№ 22, 4.
7. Brian Baker Dehulling Ancient Grains: Economic Considerations and Equipment. Available at: <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*, Volume 42, Part 2, Pages 781-785, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.314>.
9. Hasantabar, S., Seyedi, S., Kalantari, D. (2019). Design, construction and evaluation of a seed pod husker and testing with soybean and mung bean. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal*, 21, 90-99.
10. Junyan Zhang. (2019) Design of the gordon euryale seed automatic shelling machine. *International Conference on Applied Machine Learning and Data Science*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1423/1/012053>
11. Kang, Di., Wang, Y., Fan, Y., Chen, Z. (2018). Research and development of *Camellia oleifera* fruit sheller and sorting machine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/108/4/042051>
12. Калюжний В.В., Срьоміна Н.В., Леванічев А.В. (2013) пат. № 81263 UA. Установка для обрушування насіння та виготовлення паливних пелетів (брикетів). МПК В30В 11/22 (2006.01), В30В 9/02 (2006.01) № u 2012 15165; заявл. 29.12.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл.№ 12, 6.
13. Khodabakhshian, R., Bayati, M.R., Shakeri, M. (2011). Performance Evaluation of a Centrifugal Peeling System for Pistachio Nuts. *International journal of food engineering*. Volume7, Issue4. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.2135>
14. Гросул Л.Г., Гапонюк О.І., Писцов Б.О., Гросул О.Л., Яцкова Т.Й., Кудашев С.М. (2011) пат. № 94419 UA. Пристрій для обрушування насіння соняшника. МПК В02В 3/08 (2006.01) А01F 12/28 (2006.01) № a200803082; заявл. 11.03.2008; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9, 5.

REFERENCES

1. 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>
2. 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.
3. Wright, G. (2014). Selling grains at the farmers market. Paper presented at the NOFA-NY Winter Conference. Saratoga Springs, NY. January 24, 2014..
4. 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>
5. Perevalov L.I., Fadieiev L.V., Piven O.M., Tymchenko V.K., Diachenko M.V. (2020) Teoretychni ta eksperymentalni doslidzhennia protsesu obrushuvannia nasinnia soniashnyku kondyterskoho sortu. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberzhennia*. №2. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2020.2.07>

6. Hvozdiev O.V., Klevtsova T.O., Petrychenko S.V., Palianychka N.O. (2015) Pat. № 102922 UA. Ustanovka dlia obrushuvannia nasinnia. MPK (2015.01), B02B 3/00, B07B 1/06 (2006.01) № u 2015 05070; zaiavl. 25.05.2015; opubl. 25.11.2015, Biul.№ 22, 4.
7. Brian Baker Dehulling Ancient Grains: Economic Considerations and Equipment. Available at: <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, Volume 42, Part 2, Pages 781-785, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.314>.
9. Hasantabar, S., Seyedi, S., Kalantari, D. (2019). Design, construction and evaluation of a seed pod husker and testing with soybean and mung bean. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal, 21, 90-99.
10. Junyan Zhang. (2019) Design of the gordon euryale seed automatic shelling machine. International Conference on Applied Machine Learning and Data Science. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1423/1/012053>
11. Kang, Di., Wang, Y., Fan, Y., Chen, Z. (2018). Research and development of Camellia oleifera fruit sheller and sorting machine. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science <https://doi.org/10.1088/1755-1315/108/4/042051>
12. Kaliuzhnyi V.V., Yeromina N.V., Levanichev A.V. (2013) pat. № 81263 UA. Ustanovka dlia obrushuvannia nasinnia ta vyhotovlennia palyvnykh peletiv (bryketiv). MPK B30B 11/22 (2006.01), B30B 9/02 (2006.01) № u 2012 15165; zaiavl. 29.12.2012; opubl. 25.06.2013, Biul.№ 12, 6.
13. Khodabakhshian, R., Bayati, M.R., Shakeri, M. (2011). Performance Evaluation of a Centrifugal Peeling System for Pistachio Nuts. International journal of food engineering. Volume7, Issue4. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.2135>
14. Hrosul L.H., Haponiuk O.I., Pystsov B.O., Hrosul O.L., Yatskova T.I., Kudashev S.M. (2011) pat. № 94419 UA. Prystrii dlia obrushuvannia nasinnia soniashnyka. MPK B02B 3/08 (2006.01) A01F 12/28 (2006.01) № a200803082; zaiavl. 11.03.2008; opubl. 10.05.2011, Biul. № 9, 5.

V. Sheichenko, D. Petrachenko, V. Shevchuk, D. Sheichenko. Hemp seeds: analysis of cropping methods

In the study, based on the analysis of existing methods for separating outer shells from the cores of seeds of various agricultural crops, promising technical and technological solutions have been identified. The application of these solutions will enable the efficient threshing of industrial hemp seeds.

It has been noted that the efficiency of shelling is achieved by considering the physical and technological properties of the seeds of the crop. Such properties include geometric dimensions, the structure of the shell and core, their strength, absolute and volumetric mass, frictional properties, moisture, oil content, etc. Ignoring any of these parameters significantly affects the final result of the shelling process.

It has been found that technical and technological solutions, which would provide shelling of seeds of different crops with the necessary level of universality and efficiency, are currently difficult to find. Instead, compromise solutions regarding the settings of existing mechanisms, taking into account the quality of the final product, do not provide the necessary level of processing efficiency. The obtained result is characterized by either low quality of the final product or significant losses of raw materials.

It has been established that each specific type of agricultural crop requires the use of a shelling method that takes into account the physical and technological properties of the seeds being processed. When developing equipment for hemp seeds shelling, it is advisable to consider the design features, advantages, and disadvantages of existing technical solutions for seed shelling machine.

The most promising method for shelling of industrial hemp seeds is the single impact method, which is implemented in centrifugal mechanisms. Targeted impact of the seed against a hard surface will enable the preservation of soft hemp cores.

Key words: hemp seeds, shelling, methods of seed shelling, centrifugal mechanisms.

ШЕЙЧЕНКО Віктор Олександрович, доктор технічних наук, професор, кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту, Полтавський державний аграрний університет E-mail: vsheychenko@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-2751-6181>

ПЕТРАЧЕНКО Дмитро Олександрович, кандидат технічних наук, відділення агроінженерії, Відокремлений структурний підрозділ Глухівський агротехнічний фаховий коледж Сумського

національного аграрного університету E-mail: dpetrachenko@i.ua <https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>

ШЕВЧУК Віталій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії, Уманський національний університет садівництва, E-mail: Shevchuk1611@ukr.net <http://orcid.org/0000-0001-8305-4714>

ШЕЙЧЕНКО Денис Вікторович, здобувач вищої освіти доктор філософії, кафедра механічної та електричної інженерії, Полтавський державний аграрний університет E-mail: denys.sheichenko@pdau.edu.ua <https://orcid.org/0009-0002-0427-479X>

Viktor SHEICHENKO, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Agricultural Engineering and Road Transport, Poltava State Agrarian University E-mail: vsheychenko@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-2751-6181>

Dmytro PETRACHENKO, PhD, Department of Agroengineering, Separate Structural Unit of the Hlukhiv Agrotechnical Vocational College of Sumy National Agrarian University E-mail: dpetrachenko@i.ua <https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>

Vitaliy SHEVCHUK, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering, Uman National University of Horticulture, E-mail: Shevchuk1611@ukr.net <http://orcid.org/0000-0001-8305-4714>

Denys SHEICHENKO, Applicant, Department of agricultural engineering, Poltava State Agrarian University E-mail: denys.sheichenko@pdau.edu.ua <https://orcid.org/0009-0002-0427-479X>

DOI 10.36910/automash.v1i22.1381