

УДК 633.522:664.3.032

Петраченко Д.О.

Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України

Коропченко С.П.

Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

У статті охарактеризовано один із перспективних напрямів переробки насіння ненаркотичних конопель – отримання обрушеного насінневого ядра. В результаті вивчення різних за принципом дії конструкцій механізмів для обрушування визначено особливості, переваги, недоліки методів багатократного та однократного удару. Досліджено вплив форми робочого органу (колеса або диска) обрушуючого механізму на здатність руйнувати оболонку насінини. Визначено, що більш ефективним для обрушування насіння конопель є метод орієнтовного однократного удару, який реалізовано у конструкції відцентрового обрушувача. Встановлено, що робоче колесо закритого секторального типу має перспективу подальшого використання та потребує проведення глибоких досліджень.

Ключові слова: коноплі, насіння, ядро, обрушування, механізм, робоче колесо.

Постановка проблеми. Завдяки специфічним біологічним особливостям рослини конопель та унікальним споживчим властивостям конопляної продукції, коноплі були важливим складником добробуту населення впродовж багатьох століть. Тривалі кризові явища кінця ХХ-го сторіччя та їх негативні наслідки поступово і впевнено призвели до занепаду галузі коноплярства та витіснення коноплепродукції з повсякденного побуту населення [1, с. 5–7; 2, с. 6–7].

Ситуація сьогодення свідчить, що коноплі стають цікавими все більшому загалу населення, з'являються не традиційні для культури сфери застосування. Цікавим стає насіння конопель, яке привертає увагу як вчених-дослідників, так і прихильників натуральних харчових продуктів та здорового способу життя. Науковцями проведені дослідження, результати яких дозволяють віднести насіння конопель до «суперфудів» – продуктів з підвищеним вмістом корисних для людини речовин [3, с. 16–19; 4, с. 248–253].

Тенденція коноплярства України останніх років свідчить, що галузь має всі перспективи для поступового відродження. Виведені нові сорти з нульовим наркотичним ефектом, що робить вирощування конопель суспільно безпечним. Розроблені адаптовані до сучасних умов технології вирощування, збирання та переробки, що не потребують використання спеціальної техніки, збільшуються посівні площі під культуру [5]. Спостерігаються позитивні зрушення і на законодавчому полі [6]: відміна охорони, зняття тери-

торіальних обмежень посівів сприяє появі нових, раніше не задіяних в коноплярстві суб'єктів господарювання. Все це прогнозовано призводить до насичення ринку країни конопляною сировиною в достатній кількості. На фоні цього відкривається можливість впровадження однієї з перспективних технологій переробки насіння конопель – обрушеного насіння. На жаль, сьогодні в країні відсутні як технології, так і обладнання для обрушування насіння, а закордонні зразки окрім високої ціни, мають ряд вимог в обслуговуванні, потребують відповідного сервісу. Тому розробка адаптованого українського зразка механізму для обрушування насіння промислових конопель є важливим і зумовлює актуальність цього напряму наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обрушування насіння є основною технологічною операцією з розділення насінневого ядра та оболонки. Залежно від механічних властивостей, будови та форми насінини обирають метод обрушування: розчавлювання, розколювання, різання, удар, стискання, тертя. Значний вплив на ефективність обрушування чинить також задіяне під час цього обладнання. Для обрушування насіння соняшнику, яке серед олійних культур найбільш схоже за будовою з насінням конопель, в масложировій промисловості використовують бильні та відцентрові обрушуючі машини [7, с. 38].

В бильних машинах [7, с. 42] втілено метод багатократного удару, що досягається шляхом неодноразового контакту насіння з поверхнею бил та

відбивної деки. В даних машинах оброблювана сировина рухається по неконтрольованій траєкторії, характер руху частинок хаотичний, що призводить до повторних ударів не тільки насіння, а вже і обрушеного ядра. Істотний вплив в даному випадку на якість та ефективність роботи має співвідношення між фізико-механічними характеристиками насіння (вологість, масо-розмір) та режимами роботи машини (частота обертання, зазор, подача). Надмірність в налаштуваннях режимів роботи механізму призводить до подрібнення насіння та збільшення масляного пилу або зменшення ефективності внаслідок недостатньої сили удару.

У відцентрових машинах [7, с. 44] для обрушування насіння використовується метод орієнтовного однократного удару. Він полягає в руйнуванні оболонки в момент удару насінини о відбивну деку. В даних машинах насіння під дією відцентрової сили набуває певного прискорення і рухається по заданій траєкторії, що забезпечується напрямними каналами робочого диску. Однократний орієнтовний удар з наступним швидким виведенням продуктів обрушування із робочої камери мінімізує можливість багатократної дії на сировину, що зменшує її подрібненість. Однак як і для бильних машин, ефективність роботи відцентрового обрушувача великою мірою залежить від оптимального співвідношення між оброблюваною сировиною та режимами налаштувань. Різниця формо-маси насіння зумовлює відмінність швидкостей в каналі робочого колеса, що забезпечує різну силу удару об поверхню деки. В результаті в частині насіння руйнується не тільки оболонка, а і ядро, а частина насіння лишається не пошкодженою.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є вивчення процесу обрушування насіння промислових конопель залежно від методу руйнування оболонки. Це надасть можливість виявити більш ефективний та перспективний спосіб обрушування, що стане в основу розробки працездатного зразка механізму для обрушування насіння конопель.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес обрушування насіння соняшнику застосовують для підвищення кількісних та покращення якісних показників під час вироблення олії [7, с. 38]. Обрушування ж насіння конопель спрямоване на покращення смакових якостей готового продукту та підвищення засвоюваності корисних речовин насінневого ядра. Адже в процесі обрушування ядро звільняється від неїстівної та важко перетравної оболонки.

Сьогодні не вирішеним лишається питання організації безпосередньо процесу обрушування насіння конопель. Оскільки даний напрям переробки відносно новий, бо основним спрямуванням було виробництво харчової або технічної олії, то результатом є відсутність обладнання для обрушування насіння конопель. В зв'язку з цим у відділі інженерно-технічних досліджень Інституту луб'яних культур НААН проведено ряд досліджень з пошуку ефективного методу обрушування насіння промислових конопель. На основі аналізу конструкцій відомих вітчизняних та закордонних механізмів для обрушування насіння олійних культур розроблено універсальний діючий макетний зразок механізму для обрушування насіння конопель. Завдяки заміні типу робочого органу з диску на колесо даний механізм дозволяє змінити метод руйнування насінневої оболонки з багатократного удару на однократний удар.

Механізм складається з робочої камери діаметром 400 мм, яка утворюється та обмежується розмірами відбивної деки. В центрі робочої камери знаходиться вал електродвигуна, для якого передбачена можливість плавної зміни частоти обертання в межах 100–3000 хв⁻¹. На вал електродвигуна монтується певний робочий орган, тип якого і зумовлює метод обрушування.

Для обрушування використовували насіння промислових конопель з виробничих посівів Інституту луб'яних культур. Насіння обрушували без попереднього калібрування шляхом безпосереднього подання на робочий орган. Отриману в процесі обрушування суміш (рушанку) вручну розділяли на складники: ядро – звільнене від оболонки ядро, готовий до вживання продукт; ціляк – насіння без видимих ознак обрушування, направляється на повторне обрушування; недоруж – насіння з видимими ознаками пошкодження оболонки, направляється на повторне обрушування; січка – дрібно розмелене насіння, побічний продукт обрушування; масляний пил – частини насіння у вигляді пилу, побічний продукт обрушування. Під час аналізу компонентного складу рушанки в результаті не враховували кількість в пробі насінневої оболонки. Даний показник прямопропорційно залежить від кількості обрушеного ядра, і до того ж дана фракція є відходом процесу обрушування.

Відомо [7, с. 41], що одним з факторів ефективності руйнування оболонки виступає вологість оброблюваного насіння, яка впливає на пружні властивості волокон та визначає крихкість або міцність насінини. Вологість насіння в дослідях

становила $8,0 \pm 0,2\%$, $15,0 \pm 0,2\%$, $20,0 \pm 0,2\%$. Підвищення вологості здійснювали штучно, шляхом поступового розпилювання води на насіння з послідовним природним висушуванням маси до сипучого стану. Зниження вологості здійснювали шляхом підсушування насіння на лабораторній сушарці. Чистота обрешуваного насіння становила $99,0\%$.

В процесі роботи досліджено ефективність обрешування насіння промислових конопель з використанням обрешувача бильного (рис. 1-а, б) та відцентрового (рис. 1-в) типів.

Обрешувач бильного типу (рис. 1-а, б) являє собою закріплений на валу електродвигуна диск з встановленими лопатями, що імітують біла та виконують ударну функцію. Насіння в сипучому стані подається зверху через завантажувальний отвір на край лопаті, найдалішу ділянку від центру диска. В основу роботи даного механізму покладено метод багатократного удару. Процес руйнування насінневої оболонки відбувається в момент неконтрольованого багаторазового контакту насіння з лопатями та відбійною декою. В процесі роботи досліджено два диски діаметром 250 мм, що різняться за розміром та формою ударної лопаті. Перший варіант (рис. 1-а) має скошу форму верхньої частини, що утворена за рахунок різниці висоти лопаті: 30 мм біля центру диску, 65 мм на кінці диску. Загальна довжина лопаті 100 мм. Другий варіант (рис. 1-б), що є результатом удосконалення першого, прямокутної форми, має довжину 100 мм та висоту 10 мм. Кожен з дисків має шість лопатей для обрешування насіння [8].

Обрешувач відцентрового типу (рис. 1-в) являє собою закріплене на валу електродвигуна колесо закритого типу діаметром 250 мм. За рахунок чотирьох секторів з внутрішньою поверхнею

гіперболічної форми, що знаходяться між двох дисків, утворюються чотири профільні канали розміром 10×10 мм, які призначені для надання насінніні кінетичної енергії. Насіння в сипучому стані подається зверху через завантажувальний отвір в центр диска. Процес руйнування оболонки насіння відбувається за рахунок деформування в момент контакту з твердою поверхнею відбійної деки внаслідок орієнтовного однократного удару [9, 10].

Оскільки напрям обрешування насіння конопель відносно новий вид переробки, то відсутні будь-які технічні вимоги та стандарти до процесу та виходу продукції. Під час аналізу результатів роботи за контроль обрано вимоги до відсоткового складу рушанки насіння соняшнику. Також орієнтувалися і на технічні характеристики роботи машин для обрешування насіння соняшнику, зокрема на рекомендовані оберти робочого органу – $2100\text{--}2400 \text{ хв}^{-1}$ [11, с. 75].

Зведені дані компонентного складу рушанки насіння конопель, що були отримані в процесі дослідження роботи механізмів з урахуванням змінних параметрів діапазону частоти обертання робочого органу та вологості насіння, представлені в таблиці 1. Отримані дані характеризують потенційну можливість кожного з механізмів руйнувати насіння конопель на певні складові частини.

Першим випробувано обрешувач бильного типу з косою формою лопаті. Встановлено, що використання даного типу обрешувача, хоча і з деякими перепонами, але дає змогу одержати вільне від оболонки насіннєве ядро, тобто здійснити процес обрешування. Виявлено, що за збільшення частоти обертання робочого колеса спостерігається підвищення ефективності руй-

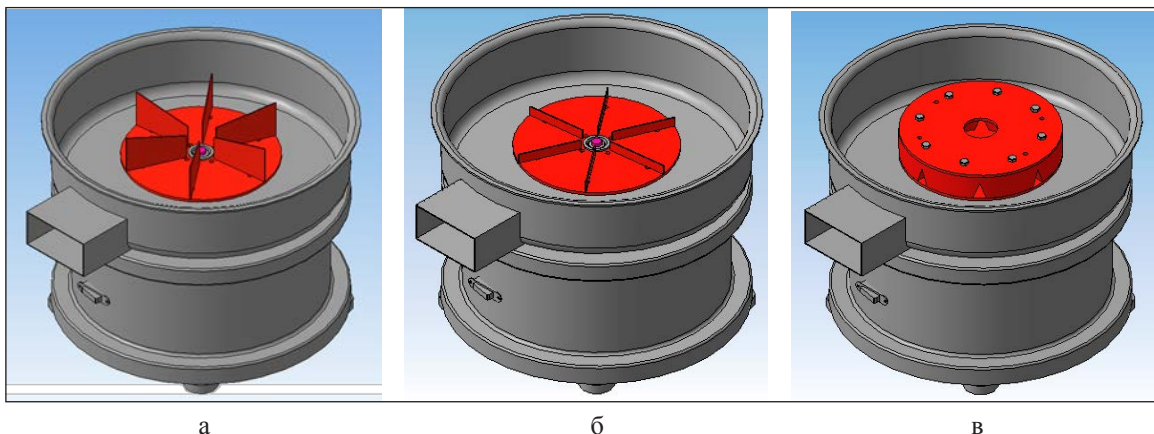


Рис. 1. Загальний вигляд досліджених механізмів для обрешування насіння конопель: а – бильного косоного типу, б – бильного прямокутного типу, в – відцентрового типу

нування оболонки. Кращі результати отримали за вологості насіння $W=15,0\pm 0,2\%$. Частка обрушеного ядра в даному випадку складала 1,1% за частоти обертання диска 500 хв^{-1} , 2,4% при 1000 хв^{-1} , 4,5% при 1500 хв^{-1} . Зі зміною вологості насіння ефективність обрушування зменшувалась. Низька вологість $W=8,0\pm 0,2\%$ підвищує крихкість насіння та сприяє значному його подрібненню. В результаті отримуємо рушанку з підвищеним вмістом січки та масляного пилу. Підвищена вологість насіння $W=20,0\pm 0,2\%$ зміцнює оболонку, що погіршує процес обрушування. Як результат отримуємо рушанку, де основна частина – це ціле та недорушене насіння.

Слід зазначити, що під час проведення досліджень з частотою обертання робочого диска 1500 хв^{-1} спостерігалось поступове збільшення часу перебування насінневої маси в робочій камері. Внаслідок надлишкового повітряного потоку, що створюється лопатями, значна частина насінневої маси закручується в робочій камері навколо диска. Це призводить до наявності постійного хаотичного руху обрушеного насіння, оболонки, ядра, які стикаються між собою та з необрушеним насінням, в результаті значна частина насіння (до 40%) вилітає з робочої камери без контакту з декою.

Для усунення виявлених недоліків проведена модернізація лопаті робочого диску. З метою усунення впливу небажаного аеродинамічного ефекту на процес обрушування змінена форма та розмір робочої частини лопаті (рис. 1-б). В результаті форма змінена з косої на прямокутну, а висота зменшена до мінімального значення 10 мм, що забезпечує роботу механізму.

Використання удосконаленого варіанту робочого диска показало позитивний ефект від проведених змін. За частоти обертання 1500 хв^{-1} небажаний аеродинамічний ефект мінімізувався, а кількість насінин, що вилетіла без контакту з декою, зменшилася на 11,0% і становила 29,0%.

Також на 2,1% збільшився вихід готового обрушеного ядра, який дорівнює 7,6%. Як і для першого варіанту досліджень, кращі показники роботи механізму отримали за вологості насіння $W=15,0\pm 0,2\%$. Зменшення або збільшення вологості насіння аналогічним чином позначається на фракційному складі рушанки.

Подальше збільшення обертів удосконаленого робочого диска до 2000 хв^{-1} призводить до погіршення якості обрушування. Так, суттєво збільшується (до 51,2%) частка перемеленого насіння, утворюється значна частина (до 20,0%) масляного пилу. Спостерігаються багаторазові удари лопатями диску по насінню, що знаходиться в підвищеному стані і обертається в напрямку його обертання. Таким чином, механізм починає виконувати функцію подрібнювача, що для нас є зовсім небажаним.

Третім досліджено здатність відцентрового обрушувача з робочим колесом закритого секторального типу руйнувати оболонку насіння конопель. Встановлено, що даний тип механізму краще серед досліджених варіантів забезпечує процес руйнування оболонки. Використання відцентрового обрушувача дозволило одержати 15,4% готового обрушеного ядра, що на 10,9% та 7,8% більше порівняно з першим і другим варіантом досліджень відповідно. Встановлено, що метод орієнтовного однократного удару забезпечує найменший відсоток подрібнення насіння (23,2%) та найменшу кількість масляного пилу (до 12,0%). Водночас значним недоліком в роботі даного механізму є частина одержаного цілого (до 45,0%) та недорушеного (до 31,0%) насіння. Слід зазначити, що характер процесу обрушування насіння різної вологості аналогічний вище описаним. Як і в перших дослідках, найбільший вихід обрушеного ядра отримали за вологості насіння $W=15,0\pm 0,2\%$.

Висновок. В результаті проведення комплексу досліджень з пошуку ефективного методу обрушування насіння конопель встановлено, що більш

Таблиця 1

Фракційний склад рушанки залежно від методу обрушування

Назва фракції	Значення, %			
	Контроль	Бильний косий	Бильний прямокутний	Відцентровий
Ядро (готове обрушене насіння)	45,0	0,5–4,5	1,0–7,6	2,8–15,4
Ціляк (непошкоджені насінини)	25,0	19,4–51,3	15,4–48,3	22,4–45,4
Недоруш (пошкоджені насінини)		10,1–27,6	15,7–34,8	18,8–31,0
Січка (подрібнене насіння)	15,0	6,3–42,1	7,3–51,2	5,2–23,2
Масляний пил (розмелене насіння)	15,0	0,3–16,4	0,5–20,0	0,2–12,0

придатним для обрушування є метод орієнтовного однократного удару, який реалізовано в конструкції відцентрового обрушуючого механізму. Встановлена закономірність впливу вологості насіння та частоти обертання робочого органу на якість обрушування. Використання робочого колеса

закритого секторального типу за частоти обертання 2000 хв^{-1} і вологості насіння $W=15,0\pm 0,2\%$ дозволяє одержати 15,4% готового до вживання обрушеного ядра. Відцентровий обрушувач показав кращі результати, що говорить про необхідність його більш глибокого подальшого вивчення.

Список літератури:

1. Вировець В.Г. Коноплі: монографія / за ред. М.Д. Мигалья, В.М. Кабанця. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.
2. Коноплярство: наукові здобутки та перспективи: монографія / за ред. І.О. Маринченка, Guo Chunjing. Суми : ФОП Щербина І.В., 2018. 158 с.
3. Сова Н.А., Луценко М.В., Єніна Н.Ю., Васараб-Кожушна Л.Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. *Хранение и переработка зерна*. 2017. Вип. 9 (217). С. 16–19.
4. 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*. №9. С. 248 – 253.
5. Примаков О.А. Ненаркотичні коноплі: перспективи застосування. *Аграрний тиждень*. URL: <http://a7d.com.ua/plants/14427-nenarkotichn-konopl-perspektivi-zastosuvannya.html> (дата звернення: 03.04.2019).
6. Постанова КМУ від 22 серпня 2012 року №800 про внесення змін до Постанови КМУ від 6 травня 2000 р. № 770 «Про затвердження переліку наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2012-p> (дата звернення: 03.04.2019).
7. Акаева Т.К. Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Технология получения растительных масел. Иваново, 2007. 124 с.
8. Обґрунтувати перспективні технології переробки продукції льону-довгунця та конопель: звіт про НДР / Інститут луб'яних культур НААН; наук. керівник С.П. Коропченко., Глухів, 2015.
9. Грачев А.В. Совершенствование процесса селективной дезинтеграции семян масличных культур: дис. на соиск. уч. степени канд. техн наук. Кемерово, 2014. 169 с.
10. Пристрій для обрушування насіння конопель: пат. 122649 Україна: МПК51 В02В 3/02, С11В 1/04; заявл.06.06.2017; опубл. 25.01.2016, Бюл.№2.
11. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. Москва, 1992. 207 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ДЛЯ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН ПРОМЫШЛЕННОЙ КОНОПЛИ

В статье охарактеризовано одно из перспективных направлений переработки семян ненаркотической конопли – получение обрушенного семенного ядра. В результате изучения разных по принципу действия конструкций механизмов для обрушивания выявлено особенности, преимущества, недостатки методов многократного и однократного удара. Исследовано влияние формы рабочего органа (колеса или диска) обрушивающего механизма на способность к разрушению семенной оболочки. Установлено, что более эффективным для обрушивания семени конопли есть метод ориентированного однократного удара, который реализован в конструкции центробежного обрушивателя. Выявлено, что рабочее колесо закрытого секторального типа имеет перспективу дальнейшего использования и нуждается в более глубоких исследованиях.

Ключевые слова: конопля, семена, ядро, обрушивание, механизм, рабочее колесо.

RESEARCH OF THE CONSTRUCTION OF MECHANISM FOR SHELLING OF INDUSTRIAL HEMP SEEDS

The article describes one of the promising directions for the processing of seeds of non-narcotic hemp - the production of a shelled seed nucleus. Due to its biological properties and easy digestibility, shelled hemp seed are of interest to the general public. As a result of the study of the various construction of mechanisms for shelling, features, advantages, drawbacks of methods of multiple and one-time impact were determined. The influence of the form of the working body (wheel or disk) of the shelling mechanism on the ability to destroy the shell of the seed is studied. It is determined that more effective for shelling of hemp seeds is a method of approximate single impact, which is implemented in the construction of a centrifugal collider. It has been established that the closed sector type impeller has a prospect of further use and requires in-depth research.

Key words: hemp, seeds, core, shelling, mechanism, impeller.