УДК 621.928.15 DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).2.75-83

В.С. Кошулько, доц., канд. техн. наук, **Ю.О. Чурсінов,** проф., д-р техн. наук,
Н.А. Сова, доц., канд. техн. наук
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
e-mail: koshulko.v.s@dsau.dp.ua

Результати дослідження процесу віброударної сепарації вівса на кормові цілі

Експериментальними дослідженнями встановлено, що такі важливі параметри процесу як навантаження зерна на сепаруючу поверхню, амплітуда, частота коливань та кут нахилу робочого столу, кінематика його руху та зношування опорних поверхонь значно впливають на ефективність сепарування суміші вівса на лущені та не лущені зерна. Встановлено, що пропускна здатність комірок живильника зменшується по мірі віддалення від завантажувального бункера і розподіл зерна в робочі канали нерівномірні. Вологість зернової сировини та форма вікон живильника впливають на швидкість розподілу зерна по робочим каналам. Ефективність сепарування змінюється в залежності від амплітуди і частоти коливань робочого столу і досягає максимального значення відповідно при 190 мм та 50 – 53 коливання на хвилину. Кут нахилу робочого столу в значній мірі є одним з регулюваних параметрів, який впливає на продуктивність і якість процесу сепарування. Найбільш раціональні для ефективності процесу сепарування робочі параметри кута нахилу, які повинні знаходитися в межах 6,5 – 7,5 °.
зерно, корм, годівля, насіння, домішки, очищення, розділення, сепарація, падді-машина, параметри, ефективність

Постановка проблеми. Вівсяна крупа є продуктом харчування і кормом, який має високу цінність завдяки своїм поживним властивостям та приємному смаку. Ячмінь має вищу поживну цінність порівняно з вівсом через більший вміст жиру та менший вміст клітковини. Оболонка вівса містить близько 10 % клітковини, а некондиційний овес може містити до 40% клітковини. Вівсяну кормову суміш часто використовують для годівлі свиноматок та молодняку, а у дорослих птиц можна включати до 30-40% загальної суміші зерно-борошняних кормів у вигляді грубої крупки або цілого зерна. Однак, при годівлі каченят вівсом до 20-денного віку, його необхідно дрібно розмелювати та обмежувати кількість через високий вміст клітковини, яка може призвести до закупорки шлунково-кишкового тракту та загибелі молодняка. Варто відсівати вівсяну муку від оболонок, щоб зменшити вміст клітковини [1].

Тому для підвищення кормової цінності від зернової суміші вівса необхідно відокремлювати оболонки. Однак технологія виробітку вівсяної крупи залишається досить примітивною, що призводить до недостатньої чистоти крупи та ядра низької якості, яке не відповідає стандартам [2].

На сьогоднішній день, найбільш досконалою технологією є використання круповідокремлюючих машин, що дозволяють підвищити продуктивність підприємств і вихід крупи. Однак, якість крупи залишається незмінною, тому необхідне впровадження технологій, спрямованих на поліпшення якості вівсяної крупи [3, 4]. Це актуальне завдання, яке збільшить виробництво крупи, розширить асортимент, підвищить якість та живильну цінність круп'яних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після аналізування літературних даних та проведення досліджень ефективності виділення ядра на сучасних передових підприємствах встановлено, що операція контролю цільного ядра не є найбільш ефективною порівняно з іншими технологічними операціями, пов'язаними з очищенням зерна та ядра вівса від домішок [5].

© В.С. Кошулько, Ю.О. Чурсінов, Н.А. Сова, 2023

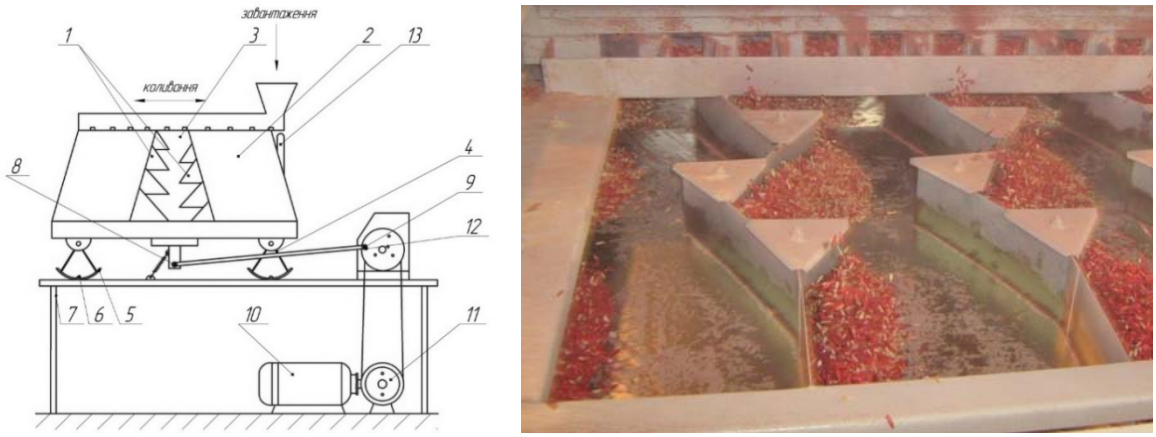
Найбільш ефективним способом відділення домішок зернової суміші вівса є віброфрикційні сепаратори. Процес розділення компонентів насіннєвих сумішей на фрикційній неперфорованій поверхні полягає в тім, що насіння округле, більш пружне і менш шорсткувате переміщується в низ по фрикційній робочій поверхні, а плоске, менш пружне та більш шорсткувате рухається нагору [6–8].

Одним з типів віброфрикційних сепараторів є падді-машини. Хоча вітчизняні машинобудівні підприємства не випускають падді-машин для промислових крупозаводів, але наукові організації проводять дослідження щодо цього методу сепарування [8-11]. Найбільш сучасні падді-машини випускаються компаніями «Бюлер» (Швейцарія), «Шуле» і ММВ (Німеччина). Круп'яні підприємства в Україні вже багато років використовують падді-машини від ММВ, і вдосконалені моделі цих машин продовжують виробляти і донині. Нещодавно виробництво падді-машин було запущено на Хорольському механічному заводі, де створена машина МСХ-М, що базується на технічних рішеннях машини ТА/1, яку випускає ММВ. Крім того, об'єднання «Марійагромаш» освоїло виробництво падді-машин для підприємств малої потужності. Падді-машини ТА/1 і ТТА/1 від ММВ доступні у варіантах одинарного (ТА/1) та подвійного (ТТА/1) типу. У машині МСХ-М Хорольського механічного заводу основні вузли, привід і органи керування схожі на машину ТА/1 від ММВ.

Однак всі зазначені падді-машини не забезпечують якісної сепарації зернової суміші вівса.

Постановка завдання. Метою є встановлення належних конструктивних та технологічних параметрів для машини віброударної дії з метою розділення продуктів лущення зерна вівса. Це дозволить збільшити виробіток вівсяної крупи високої якості.

Виклад основного матеріалу. Дослідження процесу віброударної сепарації зерна проводилися на експериментальному зразку падді-машини, конструктивно-технологічна схема і загальних вид якої приведено на рис. 1.



а б

1 – похилий стіл, 2 – стінки, 3 – зигзагоподібний канал, 4 – стійка, 5 – сегментно-подібний елемент, 6 – стопорний болт, 7 – станина, 8 – кронштейн, 9 – кривошипно-шатунний механізм, 10 – клинопасова передача, 11 – редуктор, 12 – болт, 13 – пристосування для регулювання амплітуди зворотно-поступального руху

Рисунок 1 – Конструктивно-технологічна схема (а) і загальних вид (б) експериментальному зразку падді-машини

Джерело: розроблено авторами

Для проведення експерименту використовувалась суміш зерен вівса, яка складалась з облущених та нелущених зерен вологістю 12,5–14 %, з вмістом смітних домішок (вівсюга) до 5 % та кількістю пилу, що становила 0,23 % від загальної маси.

Методика експериментальних досліджень передбачала завантаження насіння вівса після лущення в робочий елемент сортувального столу, де проводилась сепарація лущених та нелущених зерен.

Для проведення експерименту було встановлено наступні параметри:

– зміна ступеня подачі сировини на сепарування, тобто продуктивність завантаження робочого каналу сортувального столу (від 0,6 до 1,8 кг/хв.);

– зміна кута нахилу сортувального столу від 2 до 7 градусів;

– зміна частоти коливань сортувального столу від 45 до 55 коливань на хвилину;

– зміна амплітуди коливань сортувального столу від 180 до 220 мм;

– зміна ширини зигзагоподібного каналу від 200 до 220 мм.

Вихідним зразком для порівняння результатів була суміш лущеного зерна вівса з 25 % вмістом нелущеного та вологістю 12 %.

Методика проведення експерименту передбачала оцінку результатів сепарування, що здійснювалась шляхом відбору середньої проби лущених зерен масою 500 грам та методом розбору на розбірній дошці. Якість відокремлених лущених зерен (тобто наявність в них нелущених зерен) та якість не лущених зерен (тобто наявність в них лущених зерен) визначалися тим же способом. Результати фіксувались та обчислювались у відсотковому співвідношенні.

Розроблено спеціальний лоток для визначення продуктивності кожного каналу, в який засипався нижній шар (лущене зерно) на протязі хвилини. Під час експерименту змінювався кут нахилу сортувального столу, який визначався спеціальним кутоміром, а положення сортувального столу фіксувалося болтом та гайкою, зажатим в пазу кутоміра. Частота коливань сортувального столу регулювалась за допомогою редуктора та клинопасової передачі кінематичної схеми приводу. Амплітуда коливань налаштовувалась шляхом зміни довжини тяги кривошипно-шатунного механізму. Ступінь завантаження сировини (продуктивність завантаження) регулювався за допомогою відкривання та закривання щілинного дозатора знизу живильного пристрою. Амплітуда коливань налаштовувалась положенням точки з'єднання шатуна до кривошипно-шатунного механізму. Частота коливань сортувального столу регулювалась за допомогою частотного перетворювача. Відстань між стінками робочого каналу налаштовується шляхом пересування однієї з стінок каналу.

Метою роботи круповідокремлюючої машини є забезпечення збільшення концентрації лущених зерен у першому продукті та зниження концентрації нелущених зерен у другому продукті в порівнянні з початковим матеріалом.

На процес круповідокремлення впливають наступні фактори, а саме частота коливань сортувального столу ω, кут нахилу сортувального столу β, навантаження на канал q, амплітуда коливань сортувального столу А та початкова забрудненість матеріалу ε (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів			Інтервал
		–1	0	+1	
Частота коливань сортувального столу ω, хв.$^{-1}$	X_1	45	50	55	5
Кут нахилу сортувального столу β, град	X_2	2	4,5	7	2,5
Навантаження на канал сортувального столу q, кг/хв.	X_3	0,6	1,2	1,8	0,6
Амплітуда коливань А, мм	X_4	140	190	240	50
Початкова чистота вороху ε, %	X_5	68	74	80	6

Джерело: розроблено авторами

Якщо позначити концентрацію лущених зерен у вихідному продукті K, в першому K_1, а в другому K_2 то повинно бути $K_1 > K$, а $K_2 < K$. Для оцінки технологічної ефективності необхідно перед усім визначити кількість виділеного ядра в першому продукті за формулою [8]

$$E_{\text{кіл}} = \frac{K_1 A}{K}, \quad (1)$$

де K_1 – концентрація лущених зерен в першому продукті, кг;

A – кількість першого продукту, кг;

K – кількість лущеного зерна у вихідному продукті, кг.

Однак в першому продукті можуть бути виділені практично всі лущені зерна, що надійшли до машини, але серед них буде багато нелущених зерен. Це значно знижує технологічну ефективність круповідокремлення. Відповідно, необхідно технологічну ефективність круповідокремлення доповнити якісним показником процесу. Таким показником прийнято відношення фактичного підвищення концентрації лущених зерен в першому продукті, в порівнянні з вихідним, до максимально можливого підвищення концентрації. Якісна ефективність круповідокремлення може бути виражена наступним відношенням

$$E_{\text{якісне}} = \frac{K_1 - K}{1 - K}. \quad (2)$$

Загальна технологічна ефективність може бути представлена як:

$$E_{\text{с}} = E_{\text{кільк}} \cdot E_{\text{якісне}} = \frac{K_1 \cdot A}{K} \cdot \frac{K_1 - K}{1 - K} = \left\| A = \frac{K - K_2}{K_1 - K} \right\| = \frac{K1(K - K_2)}{K(1 - K)}. \quad (3)$$

Процес віброударної сепарації зерна на експериментальному зразку падді-машини приведено на рис. 2.

Рисунок 2 – Процес віброударної сепарації зерна на експериментальному зразку падді-машини
Джерело: розроблено авторами

За результатами математичної обробки даних в програмному пакеті Wolfram Cloud, отримане рівняння регресії другого порядку для кінцевої чистоти вороху в закодованому вигляді із відхиленими коефіцієнтами регресії за критерієм Стьюдента (рис. 3):

$$\varepsilon` = 88{,}81 + 1{,}09 \cdot X_1 + 1{,}61 \cdot X_2 - 1{,}85 \cdot X_3 + 1{,}02 \cdot X_4 + 2{,}66 \cdot X_5 + 0{,}5 \cdot X_1^2 +$$
$$+ 0{,}73 \cdot X_2^2 - 0{,}2 \cdot X^2{}_3 + 0{,}04 \cdot X^2{}_4 + 0{,}20 \cdot X^2{}_5 + 0{,}29 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0{,}29 \cdot X_1 \cdot X_4. \quad (4)$$

Аналіз отриманого рівняння показує наступне. Вплив кінематично-конструктивних параметрів (X_1, X_2, X_4) на процес чищення близький за величиною, але якщо у X_4 залежність близька до лінійної, то у X_1 та X_4 вона наближається до квадратичної, тобто зміна частоти коливань і кута нахилу столу більш інтенсивно впливає на процес.

Слід відмітити, що одночасне збільшення всіх трьох параметрів в межах аргументованих діапазонів робить залежність більш лінійною.

Початкова забрудненість вороху (X_5) має найбільший вплив на кінцевий результат. Залежність практично лінійна, що дає нам підстави розповсюдити значення цього параметру для чистоти 92 %.

Вплив навантаження на чистоту кінцевого вороха теж носить практично лінійний характер. Але з точки зору економічної ефективності виконаної роботи приймаємо більше значення.

В ході проведення експериментальних досліджень враховувалось, що в експериментальній установці застосовувались елементи конструкції удосконаленого живильника, в якому досягалось рівномірний розподіл вівса перед сепаруванням.

Однак в реальних умовах експерименту виявилось, що у випадку завантаження з бункера в живильник вівса з більшою продуктивністю, відбувається «згущення» або через мірне заповнення живильника сировиною і, таким чином овес не встигає просипатися на робочу поверхню се парувального столу, відбувається надлишкове заповнення комірок та гальмування крупи шляхом створення в прямокутних вікнах щільних зон.

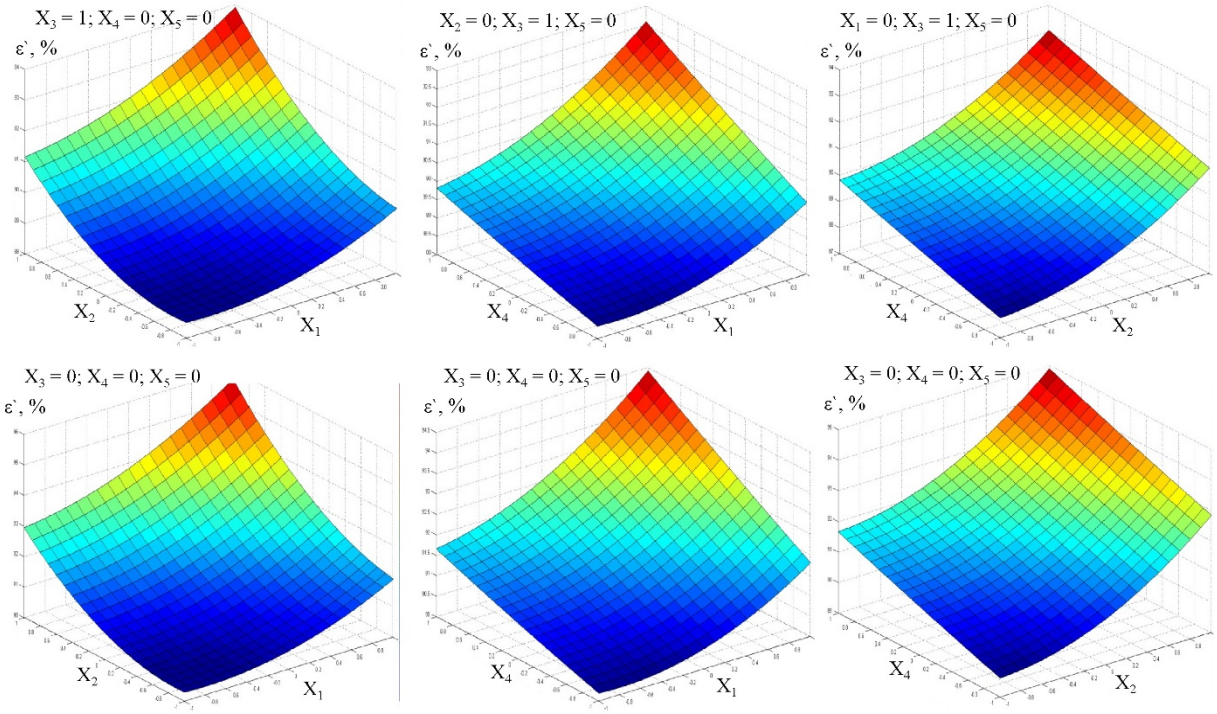


Рисунок 3 – Залежність кінцевої чистоти вороху від факторів досліджень процесу сепарації зерна на експериментальному зразку падді-машини

Джерело: розроблено авторами

Швидкість розшарування суміші з живильника по сепарувальній площині змінюється в залежності від основних параметрів роботи машини: частоти, амплітуди коливань, відстані між робочими зигзагоподібними стінками, продуктивністю та інтенсивністю заповнення живильника сировиною, динамічною зрівноваженістю се парувального сита, тобто нерівномірністю зворотно-поступальних рухів та в особливості, в кінцевих точках гальмування та розгону.

Результатами досліджень встановлено, що при постійно збільшуваному навантаженні від 0,3 до 2,5 кг/хв завантаження зерен вівса після лущення, зерна спочатку розподіляються в початковій частині комірок від місця завантаження а потім переміщуються на сепаруючу поверхню. Це можна спостерігати з відеограми

спостережень (від центра розподілу сировини з бункера кожна секція робочого сортувального каналу має три вивантажувальних, регульованих по величині спеціальною заслінкою, вікна). При збільшенні продуктивності завантаження постійно збільшується «навантаження» тобто кількість зерна в комірці, на перші комірки та знижується до останньої комірки.

При проведенні експериментальних досліджень визначали вплив амплітуди та частоти коливань сортувального столу на ефективність процесу сепарування.

Дослідження проводилися в діапазоні амплітуд від 140 до 240 мм, а частота коливань від 40 до 60 коливань на хвилину.

Отримані дані показують, що виходячи з графіка (рис. 4) коефіцієнт ефективності сепарування при амплітуді коливань 140 мм має значення 0,68 – 0,69. По мірі збільшення амплітуди підвищується і ефективність сепарування. Найбільше її значення досягається при амплітуді від 180 до 200 мм.

Проаналізований також взаємозвязок амплітуди та чатоти коливань робочого стола на ефективність сепарування. При змінній амплітуді коливань 140 – 180 мм та чатоті коливань 40 коливань на хвилинуефективність сепарування невисока, разом тим при збільшенні частоти коливань від 40 до 55 – 60 коливань на хвилину, ефективність сепарування збільшується. В результаті експериментів встановлені найбільш раціональні для процесу сепарування вівса значення величини амплітуди коливань та частоти, при яких процес сепарування зерен стабілізується (рис. 4). Для частоти коливань це відповідає 50 – 55 коливань на хвилину, а для амплітуди більш доцільно використати значення 185 – 195 мм.

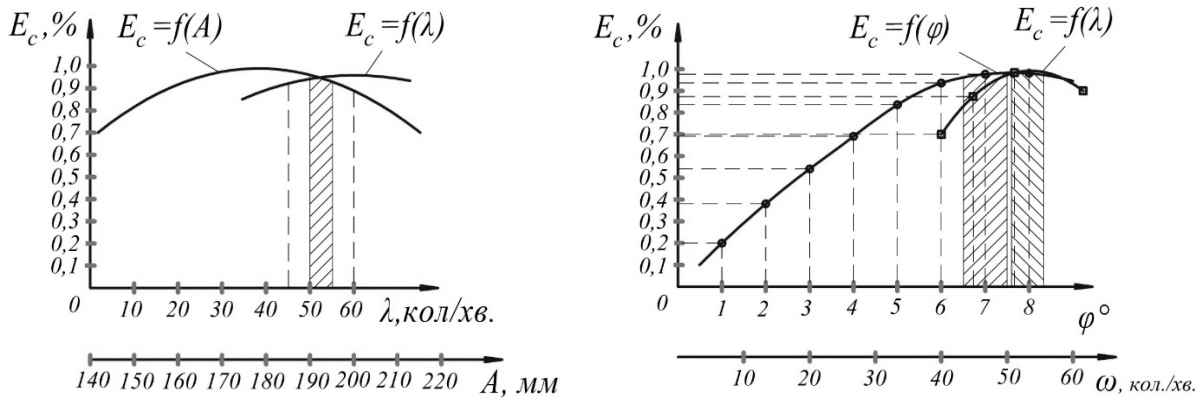


Рисунок 4 – Залежність ефективності сепарування від факторів досліджень процесу сепарації зерна на експериментальному зразку падді-машини

Джерело: розроблено авторами

Для розділення суміші вівса після лущення на лущені та не лущені зерна, тобто на дві фракції, кут встановлення сорбуючої поверхні регулюється спеціальним пристроєм і діапазон регулювань коливається від 0 до 10 °. На елементарну частинку (зернину), як і на ввесь шар, впливають кут нахилу робочого столу, ширина робочого каналу, кут встановлення робочих зигзагоподібних стінок, амплітуда та частота коливань стола, вологість вихідної сировини що потрапляє на сортувальний стіл, продуктивність його подачі через вікна живильника, динаміка роботи столу. Ці фактори визначають в цілому як буде здійснюватися процес сепарування на вібраційній поверхні робочого каналу. В результаті зворотно-поступальний коливань робочого каналу, зигзагоподібні стінки, в залежності від кута нахилу сепаруючої поверхні по різному відбивають більш легкі за вагою не лущені зерна змінюючи їх швидкість переміщення вверх по похилій поверхні. Лущені зерна, як більш важкі та мають

менший коефіцієнт тертя з загальної суміші переміщуються в нижній шар на робочу поверхню та «сповзають» вниз до вихідного патрубка лущених зерен.

З графіка (рис. 4) видно (крива $E_c=f(\varphi)$), що при горизонтальному розташуванні сортувальної поверхні робочого столу ефективність сепарування близька коефіцієнту 0,1, тобто практично спостерігається невисока продуктивність і незначна ефективність розділення лущених та не лущених зерен. Зі збільшенням кута нахилу швидкість сепарування збільшується, що підвищує продуктивність та поліпшує ефективність сепарування, максимальне значення якої досягається при куті нахилу робочої сепарувальної поверхні в 6,5–7,5 ° (заштриховано на графіку).

При розгляді взаємозв'язку кута нахилу робочого столу та частоти коливань на ефективність сепарування виявлено, що при незначних кутах нахилу від 0 до 1,5 ° та коливаннях стола від 10 до 40 коливань на хвилину, ефективність сепарування незначна та не перевищує коефіцієнт 0,3 – 0,35. Збільшення частоти коливань до 50 – 55 коливань на хвилину при збільшенні кута нахилу, сприяють більшій продуктивності та кращій якості розділення суміші на лущені та нелущені зерна вівса.

Як видно з графіка (рис. 4) найбільш вагомими для раціональних режимів роботи та високої ефективності розділення суміші можна рахувати кут нахилу робочого столу 6,5 – 7,5 °, а частоту коливань 52 – 55 коливань на хвилину.

Висновки. Експериментальними дослідженнями встановлено, що такі важливі параметри процесу як навантаження зерна на сепаруючу поверхню, амплітуда, частота коливань та кут нахилу робочого столу, кінематика його руху та зношування опорних поверхонь значно впливають на ефективність сепарування суміші вівса на лущені та не лущені зерна.

Встановлено, що пропускна здатність комірок живильника зменшується по мірі віддалення від завантажувального бункера і розподіл зерна в робочі канали нерівномірні. Вологість зернової сировини та форма вікон живильника впливають на швидкість розподілу зерна по робочим каналам.

Ефективність сепарування змінюється в залежності від амплітуди і частоти коливань робочого столу і досягає максимального значення відповідно при 190 мм та 50 – 53 коливання на хвилину.

Кут нахилу робочого столу в значній мірі є одним з регулюваних параметрів, який впливає на продуктивність і якість процесу сепарування. Найбільш раціональні для ефективності процесу сепарування робочі параметри кута нахилу, які повинні знаходитися в межах 6,5 – 7,5 °.

Список літератури

1. Ляшенко Н. О. Економічна ефективність виробництва зерна вівса в Україні. *Таврійський науковий вісник.* 2015. № 90. С. 254-260.
2. Кустов І. О., Кузьменко Ю. Я., Чернишова О. О. Особливості очищення та переробки зерна голозерного вівса. Science, Research, Development. 26: Technics and Technology: monografia poconferencyjna. Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. Poznan – Warszawa. 2020. P. 22–25.
3. Соц С.М., Жигунов Д.О., Кустов І.О. Показники якості голозерного вівса. *Зернові продукти і комбікорми*. 2013. № 1 (49). С. 10-13.
4. Буранова С.В., Дмитренко Л.Д., Євдокимова Г.Й., Урвачов О.В. Обгрунтування раціональної схеми очищення зерна голозерного вівса. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій.* 2009. Вип. 36, т. 1. С. 76-79.
5. Абдуєв М. М., Манчинський Ю. О. Теоретичне визначення доцільної області параметрів повітряного горохоочисника. *Механізація сільськогосподарського виробництва: зб. наук. праць НАУ*. Київ: НАУ. 2000. Т. VII. С. 127–132.
6. Aliiev E., Gavrilchenko A., Tesliuk H., Tolstenko A., Koshul'ko V. Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *Acta Periodica Technologica, APTEFF*. 2019. 50. P. 12-22.

7. Shevchenko I., Aliiev E., Viselga G., Kaminski J. R. (2021). Modeling Separation Process for Sunflower Seed Mixture on Vibro-Pneumatic Separators. *Mechanika,* 27(4), 311−320. doi: 10.5755/j02.mech.27647
8. Алієв Е. Б. Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС, 2019. 196 с.
9. Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Бакум М.В., Михайлов А.Д., Крекот М.М. Обґрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насіннєвого матеріалу гірчиці. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 2021. 31. С. 142-151. DOI: doi: 10.36710/ioc-2021-31-13.
10. Адаптивний вібропневматичний сепаратор: пат. 122809 Україна: МПК (2006), B03B 4/02 (2006.01), B07B 4/00, B07B 13/18 (2006.01) ; заявник: Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, № a201807029; заявл. 22.06.2018; опубл. 06.01.2021, бюл. № 1.
11. Круповідокремлююча машина (падді-машина): пат. 70722 Україна: МПК (2012.01) B07B 1/00, № u201113888; заявл. 25.11.2011; опубл. 25.06.2012, бюл. № 12.

Referencis

1. Lyashenko, N. O. (2015). Ekonomichna efektyvnist′ vyrobnytstva zerna vivsa v Ukrayini [Economic efficiency of oat grain production in Ukraine]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk – Taurian scientific bulletin, No. 90*. P. 254-260 [in Ukrainian].
2. Kustov, I. O., Kuzmenko, Yu. Ya. & Chernyshova, O. O. (2020). *Osoblyvosti ochyshchennya ta pererobky zerna holozernoho vivsa [Peculiarities of cleaning and processing of whole grain oat grain]*. Science, Research, Development. 26: Technics and Technology: monografia poconferencejna. Zbiór artykłów naukowych recenzowanych. Poznan – Warszawa [in Ukrainian].
3. Sots, S.M., Zhigunov, D.O. & Kustov, I.O. (2013). Pokaznyky yakosti holozernoho vivsa [Indicators of quality of bare oats]. *Zernovi produkty i kombikormy – Cereal Products and Compound Feed*, *1 (49)*, 10-13 [in Ukrainian].
4. Buranova, S.V., Dmytrenko, L.D., Yevdokymova, G.Y. & Urvachev, O.V. (2009). Obgruntuvannya ratsional′noyi skhemy ochyshchennya zerna holozernoho vivsa [Justification of the rational scheme of grain cleaning of bare oats]. *Naukovi pratsi Odes'koi natsional'noi akademii kharchovykh tekhnolohij – Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies, Issue 36, vol. 1,* 76-79 [in Ukrainian].
5. Abduyev, M. M. & Manchinsky, Yu. O. (2000). Teoretychne vyznachennya dotsil′noyi oblasti parametriv povitryanoho horokhoochysnyka [Theoretical determination of the appropriate range of air pea cleaner parameters]. *Mekhanizatsiia sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva: zb. nauk. prats' NAU – Mechanization of agricultural production: Coll. of science works of NAU, Vol. VII*, 127–132 [in Ukrainian].
6. Aliiev, E., Gavrilchenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A. & Koshul'ko, V. (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *Acta Periodica Technologica, APTEFF, 50*, P. 12-22 [in English].
7. Shevchenko, I., Aliiev, E., Viselga, G. & Kaminski, J. R. (2021). Modeling Separation Process for Sunflower Seed Mixture on Vibro-Pneumatic Separators. *Mechanika, 27(4)*, 311−320. doi: 10.5755/j02.mech.27647 [in English].
8. Aliiev, E. B. (2019). *Fizyko-matematychni modeli protsesiv pretsyziynoyi separatsiyi nasinnyevoho materialu sonyashnyku. [Physico-mathematical models of processes of precision separation of sunflower seed material]*. Zaporizhzhia: STATUS [in Ukrainian].
9. Kozachenko, O.V., Aliev, E.B., Bakum, M.V., Mykhaylov, A.D. & Krekot, M.M. (2021). Obgruntuvannya efektyvnosti vykorystannya vibrofryktsiynoho separatora pry pidhotovtsi nasinnyevoho materialu hirchytsi [Justification of the effectiveness of using a vibro-friction separator in the preparation of mustard seed material*]. Naukovo-tekhnichnyj biuleten' Instytutu olijnykh kul'tur NAAN – Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences, 31,* 142-151. DOI: doi: 10.36710/ioc-2021-31-13 [in Ukrainian].
10. Shevchenko, I. A. & Aliyev, E. B. (2021). Patent of Ukraine for the invention 122809, IPC (2006), B03B 4/02 (2006.01), B07B 4/00, B07B 13/18 (2006.01). *Adaptyvnyy vibropnevmatychnyy separator [Adaptive vibropneumatic separator]*. Applicant: Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, No. a201807029. Application 06/22/2018. Publ. 06.01.2021, Bull. No. 1. [in Ukrainian].
11. Koshulko, V. S., Naumenko, M. M., Chursinov, Y. O. & Mishchenko, M. I. (2012). Patent of Ukraine for the invention 70722, IPC (2012.01) B07B 1/00. *Krupovidokremlyuyucha mashyna (paddi-mashyna) [Grain-separating machine (paddy machine)]*. Applicant: V. S. Koshulko, M. M. Naumenko, Yu. O. Chursinov, M. I. Mishchenko, No. u201113888. Application 25.11.2011. Publ. 25.06.2012, Bull. No. 12. [in Ukrainian].

Vitaliy Koshul'ko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Yuriy Chursinov,** Prof., DSc., **Natalia Sova,** Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Results of the Study of the Process of Vibro-Impact Separation of Oats for Fodder Purposes

The goal is to establish the proper structural and technological parameters for the vibration impact machine for the purpose of separating products of oat grain husking. This will increase the production of high-quality oat groats.

The goal is to establish the proper structural and technological parameters for the vibration impact machine for the purpose of separating products of oat grain husking. This will increase the production of high-quality oat groats. Experimental studies have established that such important process parameters as the grain load on the separating surface, the amplitude, frequency of oscillations and the angle of inclination of the work table, the kinematics of its movement and the wear of the support surfaces significantly affect the efficiency of separating the oat mixture into hulled and unhulled grains. It was established that the throughput of the feeder cells decreases with distance from the loading hopper and the distribution of grain in the working channels is uneven. The moisture content of grain raw materials and the shape of the feeder windows affect the speed of grain distribution along the working channels. The separation efficiency varies depending on the amplitude and frequency of the desktop vibrations and reaches its maximum value, respectively, at 190 mm and 50-53 vibrations per minute. The angle of inclination of the working table is to a large extent one of the adjustable parameters that affects the productivity and quality of the separation process.

The working parameters of the tilt angle, which should be in the range of 6.5-7.5 °, are the most rational for the efficiency of the separation process.

grain, fodder, feeding, seeds, impurities, cleaning, separation, separation, paddy machine, parameters, efficiency

Одержано (Received) 23.05.2023 *Прорецензовано (Reviewed) 26.05.2023*
Прийнято до друку (Approved) 29.05.2023

УДК 631.362 DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).2.83-90

О. В. Козаченко, проф., д-р техн. наук, **М. В. Бакум,** доц., канд. техн. наук,
А. Д. Михайлов, доц., канд. техн. наук, **М. М. Крекот,** доц., канд. техн. наук,
О. С. Чала, доц., канд. с.-г. наук, **О.І. Завгородній,** проф., д-р техн. наук
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
e-mail: o.v.kozachenko21@gmail.com

Підвищення посівних властивостей насіння сафлору красильного на вібраційній насіннєочисній машині

Мета роботи є дослідження можливості підвищення посівних властивостей насіння сафлору красильного за рахунок його сепарації на вібраційній насіннєочисній машині з неперфорованими фрикційними робочими площинами. У статті наведені результати доочищення і сортування насіннєвої суміші сафлору красильного на вібраційній насіннєочисній машині після її попередньої сепарації на існуючих зерноочисних машинах. За один пропуск некондиційної насіннєвої суміші сафлору красильного через вібраційну насіннєочисну машину отримано 91,94 % (від маси вихідного матеріалу) насіння основної культури з високими посівними показниками, яке відповідає вимогам державного стандарту України. Посів таким насінням дає можливість зменшити його норму висіву та підвищити врожайність сафлору красильного.

сепарація, розділення, очищення, вібраційна насіннєочисна машина, параметри, насіння, властивості, якість, сафлор красильний

© О. В. Козаченко, М. В. Бакум, А. Д. Михайлов, М. М. Крекот, О. С. Чала, О.І. Завгородній, 2023