УДК 631.362.3 DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.20-27

О.В. Нестеренко, доц., канд. техн. наук, **О.М. Васильковський,** проф., канд. техн. наук, **Д.І. Петренко,** доц., канд. техн. наук, **Д.Ю. Артеменко,** доц., канд. техн. наук
Центальноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: nov_78@ukr.net

Дослідження режимних характеристик гравітаційної напрямної кривої живильного пристрою

Враховуючи взаємозв'язок між швидкістю введення зернового матеріалу до пневмосепараційного каналу (ПСК) та його питомим навантаженням є необхідним дослідження режимних характеристик пристроїв, які встановлюються безпосередньо перед введенням в ПСК. В статті висвітлені експериментальні дослідження руху зернового матеріалу по гравітаційній напрямній кривій живильного пристрою пневмосепаратора з метою визначення її раціональних параметрів при забезпеченні заданої швидкості введення зерна в канал. Отримані експериментальні залежності, які дозволяють обґрунтувати основні параметри напрямної поверхні живильного пристрою.
швидкість введення, гравітаційна напрямна крива, пневмосепаруючий канал (ПСК), зерновий матеріал, живильний пристрій, багаторівневе введення зерна

А.В. Нестеренко, доц., канд. техн. наук, **А.М. Васильковский,** проф., канд. техн. наук, **Д.И. Петренко,** доц., канд. техн. наук, **Д.Ю. Артеменко,** доц., канд. техн. наук
Центральноукраинский национальный технический университет

Исследование режимных характеристик гравитационной направляющей кривой питательного устройства

Учитывая взаимосвязь между скоростью введения зернового материала в пневмосепарационный канал (ПСК) и его удельной нагрузкой, существует необходимость исследования режимных характеристик устройств, которые устанавливаются непосредственно перед вводом в ПСК. В статье освещены экспериментальные исследования движения зернового материала по гравитационной направляющей кривой питательного устройства пневмосепаратора с целью определения её рациональных параметров при обеспечении заданной скорости введения в канал. Получены экспериментальные зависимости, которые позволяют обосновать основные параметры направляющей поверхности питательного устройства для многоуровневого введения зерна.
скорость введения, гравитационная направляющая кривая, пневмосепарационный канал (ПСК), зерновой материал, питательное устройство, многоуровневое введение зерна

Постановка проблеми. Величина швидкості введення до пневмосепараційного каналу і питомого навантаження пневмосепаратора взаємопов'язані, і завжди потрібно раціонально підходити до питання їх вибору, оскільки при зменшенні швидкості введення, збільшується товщина зернового потоку, що негативно впливає на ефективність розділення зерна в зоні сепарації, але при цьому обмежується продуктивність сепаратора [1].

Натомість, при підвищенні питомого навантаження спостерігається зменшення повноти розділення, що пояснюється збільшенням товщини і опору шару зернового матеріалу [2, 3]. Це призводить до зростання кількості взаємодій компонентів зерносуміші та негативно впливає на рівномірність поля швидкостей повітряного потоку, внаслідок чого погіршуються умови виділення легких домішок, які знаходяться в нижніх шарах зернового матеріалу [4, 5].

© О.В. Нестеренко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, Д.Ю. Артеменко, 2020

Відповідно, товщина шару зернового матеріалу, що подається в пневмосепаруючий канал (ПСК), залежить не тільки від питомого навантаження, а також від його швидкості введення $v_в$ і об'ємної ваги γ [3]. Якщо прийняти початкову швидкість і об'ємну вагу матеріалу постійними, то величина питомого навантаження буде повністю визначати товщину шару зернового матеріалу.

Тому, враховуючи це, є необхідним створення таких умов руху зернового матеріалу при яких загальна товщина шару зерна, що вводиться в ПСК, не буде впливати на умови виділення домішок та рівномірність поля швидкостей повітряного потоку.

Аналіз останніх досліджень і публікації. Дослідженню проблеми обґрунтування необхідної швидкості введення зернового матеріалу в ПСК присвячені роботи значної кількості дослідників, при цьому їх думки стосовно вибору оптимальної швидкості дещо розходяться. На основі досліджень [3] стверджується, що швидкість введення матеріалу повинна бути близька до мінімальної, а автор [2] вважає, що ефект очистки буде максимальний при швидкості введення $v_в$= 0,3 м/с. При цьому очевидно, що дослідження проводились в різних умовах.

Дослідженнями [6] пропонується збільшити швидкість введення, з використанням пристроїв, які покращують умови розділення зернового матеріалу під час руху в ПСК, при цьому наголошується, що введення в канал горизонтально збільшує розсіюваність траєкторій зернових часток [7]. Авторами встановлено, що для отримання максимальної ефективності розділення зернового матеріалу раціональне значення швидкості введення в ПСК знаходитись в межах 0,4…0,6 м/с [4, 6, 7, 8].

Більш ефективне вирішення задачі, спрямоване на зменшення товщини зернового потоку в зоні сепарації, досягається при використанні пневмосепараційних каналів з кільцеподібним та колоподібним перерізом, в яких введення зерна в канал здійснюється радіально від центру до периферії, або навпаки по всьому периметру каналу. При рівнозначній продуктивності такі канали мають значно менше питоме навантаження на одиницю ширини фронту зернового потоку, а також значно кращі умови для вирівнювання опору і швидкості повітряного потоку по поперечному перерізу [2, 3].

Для пневмосепаруючих каналів прямокутної форми, які є більш поширеними внаслідок зручного компонування з площинно-коливальними решітними сепараторами, необхідні конструктивні рішення, що дозволяють зменшити питоме навантаження на ПСК не збільшуючи при цьому швидкість введення зернового матеріалу.

В ПСК пневмосепаратора МПО-50 застосований гравітаційний живильник решітного типу завдяки якому важка фракція просипається крізь решето, тому крупні домішки вводяться над основним зерном [9].

Авторами [10] запропонований дворівневий гравітаційний живильник, лотки якого виконані ступінчасто, в шаховому порядку, тому зерновий матеріал, крім того, що розподілений на окремі потоки, потрапляє в ПСК на різній висоті і з різною швидкістю.

Нами запропоновано вирішення цієї проблеми шляхом застосування живильного пристрою для багаторівневого введення зерна в ПСК. Такий пристрій включає в себе гравітаційні напрямні криві, розташовані одна над одною і за допомогою яких відбувається розшарування загальної товщини зернового шару на декілька обмежених за продуктивністю зернових потоків, які надходять в різні по висоті робочі зони з однаковою швидкістю введення [11].

При використання такого пристрою є необхідним проведення досліджень для визначення відповідних режимів його руху по напрямній гравітаційній кривій для забезпечення одношарового введення зернового матеріалу в ПСК.

Постановка завдання. Метою даних досліджень є визначення раціональних параметрів напрямної гравітаційної поверхні живильного пристрою з забезпеченням відповідних режимних характеристик зернового потоку при його багаторівневому введенні в ПСК.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи те, що при застосуванні живильного пристрою для багаторівневого введення зерна загальна товщина зернового потоку розділяється на кількість задіяних рівнів введення, основною умовою є забезпечення одношарової подачі зерна з такою швидкості введення, при якій відбувається найінтенсивніше виділення легких домішок.

Забезпечення умови одношарового введення визначається параметрами напрямної поверхні живильника (кутом нахилу розгінної ділянки α, її довжиною L_p та радіусом дугоподібної ділянки r) (рис. 1). Відповідно, змінюючи вказані параметри, можна встановити величину питомого навантаження на рівень живильного пристрою q_{bi}, при якій буде забезпечено одношарову товщину зернового потоку.

Для виконання вище означених умов введення були проведені дослідження впливу параметрів напрямної поверхні живильника (кута нахилу розгінної ділянки α, її довжини L_p та радіуса дуги r) на швидкість введення $v_в$ зернового матеріалу в ПСК.

Параметри розгінної ділянки змінювали в наступних межах: кут нахилу α, α_1 = 30 º; α_2 = 33 º; α_3 = 36º, довжину розгінної ділянки L_p – від 0,05 до 0,3 м з інтервалом в 0,05 м. Радіус дуги направляючої – r_1 = 0,1 м; r_2 = 0,15 м; r_3 = 0,2 м.

Швидкість введення визначали шляхом вимірювання реальних координат зернової частки в каналі [8], при цьому, не враховувався опір повітряному потоку.

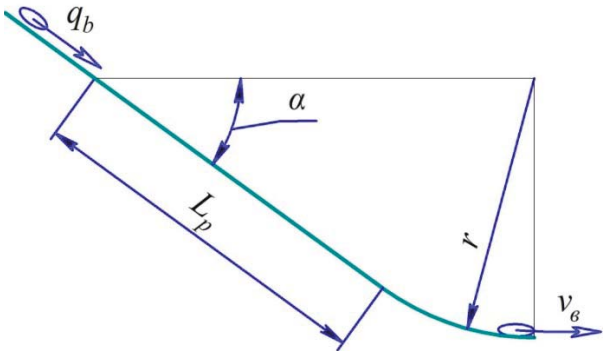


Рисунок 1 – Параметри напрямної поверхні живильного пристрою ПСК
Джерело: розроблено авторами з використанням [13]

При дослідженні одношарового руху зернового матеріалу регулювання початкової швидкості введення в канал здійснювали шляхом зміни довжини розгінної ділянки напрямної поверхні L_p та кута її нахилу $\alpha_в$, при цьому, радіус дуги направляючої не змінювали (r = 0,2 м).

Величину питомого навантаження живильного пристрою q_B, кг/дм·год, визначали шляхом зважування маси зернового матеріалу G, яка проходила через одиницю ширини каналу B за проміжок часу t, завантажуючи бункер експериментальної установки навіскою масою G=10 кг. При дослідженні використовувався зерновий матеріал сорту «Вікторія», вологістю 14,6% та засміченістю 12%.

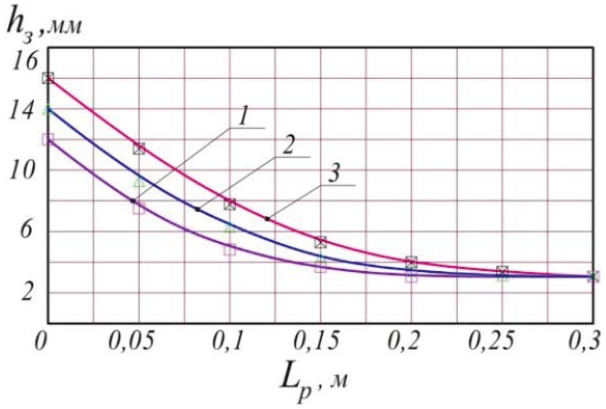
Повторюваність дослідів була п’ятикратною з допустимою похибкою ±5%.

За результатами отриманих експериментальних залежностей (рис. 2.) можна стверджувати, що для питомих навантажень q_B = 250 – 350 кг/дм·год одношаровий рух матеріалу спостерігається при досягненні довжини розгінної ділянки L_p = 0,2 м для всього діапазону досліджуваних кутів нахилу поверхні, а для навантажень q_B = 500

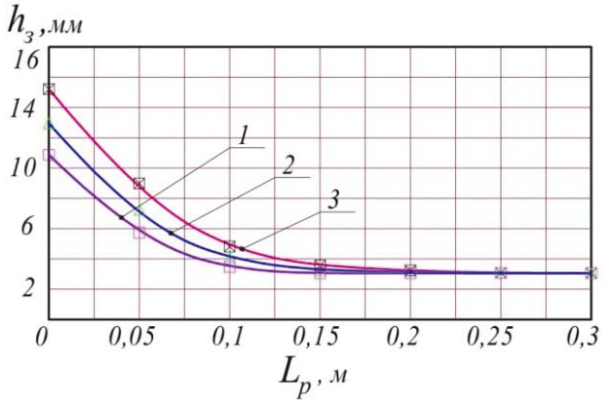
кг/дм·год, товщина шару в одне зерно забезпечується при L_p = 0,25 м для кутів нахилу α = 33…36°.

Враховуючи дослідження [12], можна сказати, що діапазон питомих навантажень при багаторівневому введенні буде варіювати в межах q_B = 250 – 350 кг/дм·год, при яких і спостерігається найвищий відсоток виділення легких домішок. Тому, для означених умов та завантаження ПСК до 2000 кг/дм·год, раціональною величиною є довжина розгінної ділянки L_p = 0,2 м.

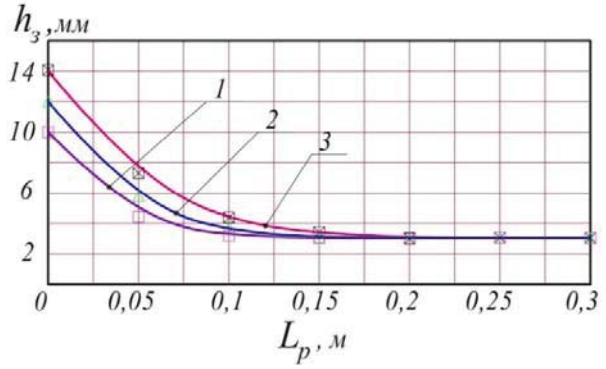
Наступним етапом досліджень було встановлення параметрів напрямної гравітаційної кривої для забезпечення швидкості введення зернового матеріалу в ПСК в межах $v_в$ = 0,4…0,6 м/с.



а)



б)



в)

Рисунок 2. Залежність зміни товщини шару зернового потоку $h_з$ по довжині розгінної ділянки напрямної кривої живильного пристрою ПСК, L_p при: 1– q_B = 250 кг/дм·год; 2 – q_B = 350 кг/дм·год; 3 – q_B = 500 кг/дм·год; а) – α = 30°; б) – α = 33°; в) – α = 36°.

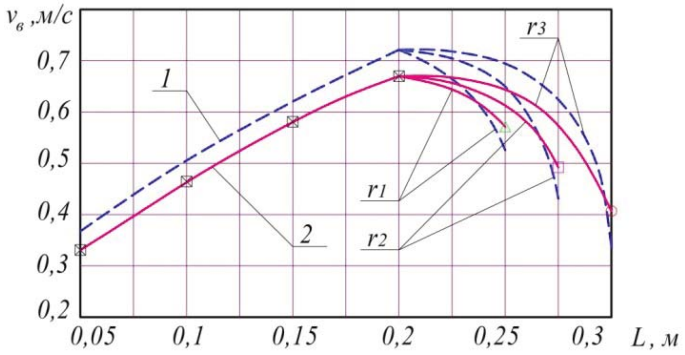
Джерело: розроблено авторами

В результаті отримані графічні залежності (рис. 3) з фіксованою довжиною розгінної ділянки L_p = 0,2 м, при якій забезпечується одношаровий рух зернового матеріалу для питомих навантажень q_B = 250…350 кг/дм·год.

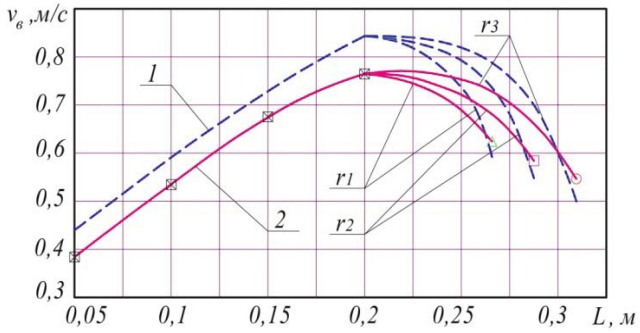
На основі отриманих залежностей (рис. 3) можна зробити висновок, що збільшення кута нахилу α призводить до підвищення швидкості руху матеріалу, при цьому, при потраплянні зернового матеріалу на дугоподібну ділянку, швидкість стрімко спадає. При чому, чим більший радіус, тим більше зменшується швидкість введення.

Це явище можна пояснити тим, що при потраплянні на дугоподібну ділянку на зерновий матеріал починає діяти відцентрова сила інерції, що призводить до зростання сили тертя, і, відповідно, до зменшення лінійної швидкості руху.

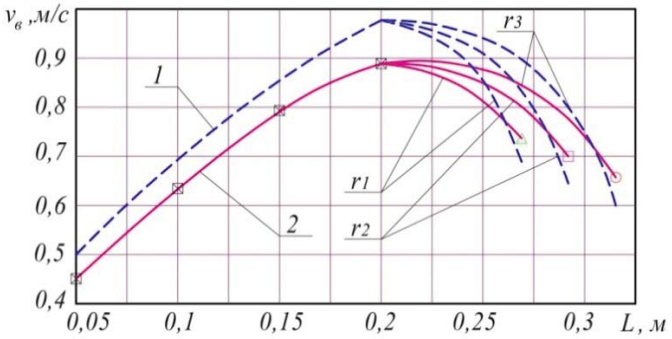
Так, можна спостерігати, що після сходу з розгінної ділянки, при куті її нахилу α =33°, швидкість зернового матеріалу зменшується від 0,76 м/с до 0,55…0,62 м/с в залежності від радіусу r дугоподібної ділянки гравітаційної напрямної кривої.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Зміна швидкості руху зернового матеріалу по напрямній гравітаційній кривій живильного пристрою ПСК. 1 – теоретична залежність [13]. 2 – експериментальна залежність при: q_B = 250 кг/дм·год; r_1 – 0,1 м; r_2 – 0,15 м; r_3 – 0,2 м. Кут нахилу розгінної ділянки: а) – α =30°; б) – α =33°; в) – α =36°

Джерело: розроблено авторами з використанням [13]

З отриманих експериментальних залежностей (рис. 3) видно, що під час руху по прямолінійній розгінній ділянці швидкість зернового матеріалу зростає по параболічному закону, і чим більший кут нахилу α та довжина розгінної ділянки L_p, тим динамічніше відбувається збільшення швидкості.

Так, при куті нахилу α = 33° та L_p = 0,2 м швидкість в кінці розгінної ділянки v_1 досягає 0,87 м/с, а при введенні в ПСК $v_в$ = 0,55 м/с.

Збільшення радіусу дуги напрямної кривої призводить до зменшення швидкості введення зернового матеріалу в ПСК $v_в$. З одного боку збільшення радіусу сприяє зменшенню величини сили інерції, що призводить до зменшення сили тертя, але при цьому збільшується час руху частинки, тому величина швидкості введення матеріалу в ПСК $v_в$ зменшується.

Відповідно, чим менший радіус r, тим менше змінюється величина швидкості введення в ПСК $v_в$ по відношенню до тієї, яка отримується в кінці розгінної ділянки v_1. Так, при довжині розгінної ділянки L_p = 0,2 м, куті її нахилу α = 30° та радіусі дуги r = 0,1 м швидкість введення зернового матеріалу буде $v_в$ = 0,48 м/с, тобто зміна по відношенню до v_1 становить 0,24 м/с. Але при такому радіусі, як підтверджують попередні дослідження, вказаної довжини дуги недостатньо для отримання стабільного горизонтального напрямку подачі матеріалу в канал, оскільки частина зернового потоку спрямовується лише на її крайню частину.

Розбіжність між теоретичними і експериментальними залежностями пояснюється тим, що при теоретичних дослідженнях знехтувано аеродинамічним опором часток, а також не враховано внутрішній коефіцієнт тертя між зерновими шарами.

Також необхідно відмітити, що при введенні зернового матеріалу по дузі спостерігається значно ширший діапазон розсіювання часток, ніж при введенні по прямолінійній ділянці. Тому, безпосередньо перед потрапляння матеріалу в ПСК доцільно встановлювати дугоподібну ділянку.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено параметри гравітаційної напрямної поверхні при яких досягається одношаровий режим руху зернового матеріалу для діапазону питомих навантажень q_B = 250 – 500 кг/год.

Відповідно, для умов руху зернового матеріалу товщиною в одне зерно зі швидкістю введення в ПСК $v_в$ = 0,5…0,6 м/с, раціональними параметрами напрямної гравітаційної кривої для зернових культур з коефіцієнтом внутрішнього тертя $\varphi_{тер}$= 0,47…0,73 є: довжина розгінної ділянки L_p = 0,2 м, кут її нахилу α= 33° та радіус дугоподібної ділянки r = 0,15 м.

Список літератури

1. Підвищення ефективності роботи пневмосепаруючих каналів зерноочисних машин / Васильковський М.І. та ін. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж.міжвід.наук.-техн. зб*. 2004 . Вип. 34. С.84-88.
2. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. М. : Машгиз, 1962. 176 с.
3. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов / Под ред. З.Л. Тица. М.: Машиностроение, 1967. 447 с.
4. Злочевский В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов : дисс. … доктора техн. наук : 05.20.01. Барнаул, 1985. 498 с.
5. Матвеев А.С. Изучение процесса взвешивания и сепарирования зернистого материала вертикально-восходящим воздушным потоком. *Труды ВИМ*. Т.37. М.: 1965. С. 231-241.
6. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях. М. : Колос. 1980. С. 103-140.
7. Бабченко В.Д. Корн А.М., Матвеев А.С. Высокопроизводительные машины для очистки зерна. М.: ВНИИТЭИСХ, 1982. 50 с.

8. Сабірзянов Т.Г., Васильковський М.І. Нестеренко О.В. До методики визначення швидкості введення зерна в пневмосепараційний канал. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*: *зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту.* Кіровоград : КНТУ, 2008. Вип. 21. С. 263-267.
9. Машина предварительной очистки МПО-50С. Каталог продукции ОАО Головное специализированное конструкторское бюро (ГСКБ) «ЗЕРНООЧИСТКА».
10. Пат. 2223829 Рос. Федерация, МПК7 B07B 11/06, B07B 4/02. Пневматический сепаратор / Саитов В.Е., Бурков А.И., Гатауллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Вятская гос. с.-х. академия. - № 2002108084/03; заявл. 29.03.02; опубл. 20.02.04, Бюл. № 5. 5 с.
11. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна / Нестеренко О.В. та ін. *Зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. Кіровоград : КНТУ, 2012. Вип. 25. Ч.1. С.49-53.
12. Нестеренко О.В., Лещенко С.М., Петренко Д.І. Дослідження якісних показників пневмосепарації при багаторівневому введенні зерна. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст.* Ред.-вид. відділ ЛНТУ. Луцьк, 2015. Вип. 32. С. 143–151.
13. Нестеренко О.В., Сисоліна І.П., Яценко В.Е. Обгрунтування параметрів напрямної гравітаційної кривої живильного пристрою пневмосепаратора. *Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції:* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Кропивницький : ЦНТУ. 2018. С. 54–55.

Referencis

1. Vasylkovskyi, M.I., Vasylkovskyi, O.M., Moroz, S.M., Kosinov, M.M. & Nesterenko, O.V. (2004). Improving the efficiency of pneumatic separation channels of grain cleaning machines. *Design, production and operation of agricultural machines. National interdepartmental scientific and technical collection. Issue 34*, 84-88 [in Ukrainian].
2. Malis, A.Ya. & Demidov, A.R. (1962). *Mashiny dlja ochistki zerna vozdushnym potokom* [*Machines for cleaning grain by air flow*. Moskow: Mashgiz [in Russian].
3. Tits, Z.L. (Eds.). (1967). *Machines for post-harvest seed processing. Theory and calculation of machines, technology and automation processes.* Moskow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Zlochevskiy, V.L. (1985). Intensification of the process of aerodynamic separation of grain materials. Doctor's thesis. Barnaul [in Russian].
5. Matveev, A.S. (1965). Study of the process of weighing and separation of granular material by a vertically ascending air flow. *Proceedings of VIM, Vol. 37*, 231-241. [in Russian].
6. Gortinskiy, V.V., Demskiy, A.B. & Boriskin, M.A. (1980). *Separation processes at grain processing enterprises*. Moskow: Colos [in Russian].
7. Babchenko, V.D. Korn, A.M., & Matveev, A.S. (1982). *High-performance grain cleaning machines.* Moskow: VNIITEISH [in Russian].
8. Sabirzyanov, T.G., Vasylkovskyi, M.I. & Nesterenko, O.V (2008). To the methodology of identifying the feeding velocity of grain into the pneumo-separation channel. *Machinery in agricultural production, industrial engineering, automation: Coll. of Scien. Works, Vol. 21*, 263-267 [in Ukrainian].
9. Machine of preliminary cleaning MPO-50C. Product catalog of JSC Main Specialized Design Bureau (MSDB) "ZERNOOCHISTKA". [in Russian].
10. Patent 2223829 Russian Federation, МПК7 B07B 11/06, B07B 4/02. Pneumatic separator / Saitov V.E., Burkov A.I., Gataullin R.G.; applicant and patent holder is Vyatka state. agricultural academy. № 2002108084/03; declared 29.03.02; publ. 20.02.04, Bull. № 5. 5 p. [in Russian].
11. Nesterenko, O.V., Vasylkovskyi, O.M., Leshchenko, S.M., Petrenko, D.I. & Bogatyrev D.V. (2012). Perspective direction of intensification of air grain separation . *Engineering in agricultural production, industry engineering, automation: Coll. of Scien. Works of Kirovohrad National Technical University, Issue. 25, Part 1*, 49-53 [in Ukrainian].
12. Nesterenko, O.V., Leshchenko, S.M. & Petrenko, D.I. (2015). Research of qualitative indicators of pneumoseparation at multilevel grain feeding. *Agricultural machinery: collection. Of Scien. Works: publishing department of LNTU, Issue 32*, 143–151 [in Ukrainian].
13. Nesterenko, O.V., Sysolina, I.P. & Yatsenko, V.E. (2018). Substantiation of parameters of guide gravitational curve of the feeding unit of a pneumatic separator. Achievements and prospects of production, processing and storage of agricultural products : *Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference.* (pp. 54–55). Kropyvnytskyi: CUNTU [in Ukrainian].

Olexandr Nesterenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olexiy Vasylkovskyi,** Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Petrenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Artemenko,** Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Study of Performance Characteristics of the Gravitational Guide Curve of Feeder Unit

The rate of the feed velocity and specific load in the air separator are interrelated and require a rational approach to their choice, because reducing the rate of velocity increases grain flow thickness, which adversely affects the efficiency of grain separation in the separation zone, but limits separator performance.

Based on the research of many authors, it was concluded that the feed velocity of grain material into the pneumatic separation channel should be in the range of 0.4… 0.6 m/s.

Taking into account that using a feeder unit for multilevel grain input, the total thickness of grain flow is divided by the number of the involved levels of input. The main condition is to ensure a single layer of grain feed at the velocity at which the most intense release of light impurities.

Therefore, the purpose of the study is to identify rational parameters of the guide gravitational surface of the feeder unit with the provision of appropriate performance characteristics of the grain flow during its multilevel feeding into the pneumatic separating channel.

As a result of experimental research, the dependences of the modes of movement of grain material on the gravitational guide curve on its main parameters, namely, the length of the acceleration section L_p, its angle α and the radius of the arcuate section r. On the basis of the carried-out research parameters of a gravitational guide surface at which a single-layer mode of movement of grain material for a range of specific loadings is reached are established q_B = 250 – 500 kg/hour.

Accordingly, for the conditions of movement of grain material with a thickness of one grain with the velocity of feeding into the pneumatic separation channel $v_в$ = 0.5…0.6 m/s, the rational parameters of the guide gravity curve for cereals with the internal friction coefficient $\varphi_{тер}$ = 0.47…0.73 there are: the length of the acceleration section L_p = 0.2 m, the angle of its inclination α = 33° and the radius of the arcuate section r = 0.15 m.

input velocity, gravitational guide curve, pneumatic separation channel (PSC), grain material, feeder unit, multilevel grain input

Одержано (Received) 30.11.2020 *Прорецензовано (Reviewed) 05.12.2020*
Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020

УДК 631.362.3 DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.27-35

Е. Б. Алієв, ст. досл., д-р техн. наук
Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: aliev@meta.ua
К. О. Лупко, асп.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна, e-mail: kristinal97@ukr.net

Морфологічні ознаки і фізико-механічні властивості насіння дрібнонасінних культур

Актуальність роботи полягає в дослідженні закономірностей впливу фізико-механічних властивостей насіння дрібнонасінних культур на їх подальшу очистку та сепарацію. Досліджено вплив вологості насіння на їх фізико-механічні властивості. Встановлено, що щільність насіння зростає з підвищенням вологості, що призводить до збільшення кута природнього ухилу насіння. В результаті досліджень аеродинаміки насіння отримані залежності швидкостей витання від геометричних параметрів насіння, з яких встановлено що із збільшення геометричних розмірів насіння швидкість їх витання збільшується лінійно для кожної дрібнонасінної культури.

дрібнонасінні культури, насіння, очищення, сепарація

© Е. Б. Алієв, К. О. Лупко, 2020