

Значення оптимізації пружних властивостей аеродинамічної поверхні після процесу розтягування

У статті виконана оптимізація пружних властивостей аеродинамічної поверхні. Із цією метою проведено моделювання процесу розтягування алюмінієвого профілю з використанням програмного забезпечення ABAQUS/CAE та методу кінцевих елементів. Для багатьох деталей сільськогосподарської техніки, автомобільної та аерокосмічної промисловості дана проблема є актуальною, а сам вибір їх оптимальних значень досить складний, тому що залежить від багатьох факторів. Раніше застосовувані дослідницькі методи ґрунтувалися на емпірично-інтуїтивному підході.

Основний зміст представленої роботи включає чисельне моделювання з детальним описом послідовних операцій, які виконуються для досягнення оптимального значення пружних властивостей. Випробування проводилися на традиційному лабораторному устаткуванні, на зразках стандартної форми для кожного виду випробувань при зміні технологічних факторів. У процесі пошуку оптимального значення пружності матеріалу використання програмного забезпечення ABAQUS/CAE дало змогу візуалізувати представлений процес на прикладі алюмінієвого сплаву, провести ряд експериментів з різними відстанями й кутами розтягування.

Застосування подібної системи моделювання на основі розрахунково-експериментальної бази для цілеспрямованого пошуку оптимального значення стосовно деталей сільськогосподарської техніки дозволить значно скоротити кількість експериментів, а отже, знизити матеріальні витрати на їх проведення.

програмне забезпечення ABAQUS, чисельне моделювання, аеродинамічна поверхня, розтягування

Received 25.10.17

УДК 631.362:532

С.О. Харченко, доц., канд. техн. наук, Ю.П. Борщ, інж., М.М. Абдуєв, доц., канд. техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна

E-mail: kharchenko_mtf@ukr.net

Ефективність розшарування зернових сумішей при їх очищенні в пневмосепарувальних каналах зернових сепараторів

Теоретичними дослідженнями визначені кінцеві математичні вирази динаміки компонентів зернових сумішей при їх розшаруванні на скатній повітропроникній поверхні розробленого пневмосепарувального каналу. Встановлені вирази траєкторій руху частинок домішок у зерновому шарі, за допомогою яких отримано залежності коефіцієнту розшарування розробленого пневмосепарувального каналу від параметрів розшаруючого пристрою та властивостей зернових сумішей. Експериментально підтверджено математичне моделювання та уточнено раціональні параметри розшаруючого пристрою при очищенні різних с.г. культур.

пневмосепарувальний канал, повітряний потік, коефіцієнт розшарування, зернова суміш, повітропроникна поверхня, луски

С.А. Харченко, доц., канд. техн. наук, Ю.П. Борщ, інж., М.М. Абдуєв, доц., канд. техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. арьков, Украина

Эффективность расслоения зерновых смесей при их очистке в пневмосепарирующих каналах зерновых сепараторов

© С.О. Харченко, Ю.П. Борщ, М.М. Абдуєв, 2017

Теоретическими исследованиями определены конечные математические выражения динамики компонент зерновых смесей при их расслоении на скатной чешуйчатой поверхности разработанного пневмосепарирующего канала. Установлены выражения траекторий движения частиц примесей в зерновом слое, при помощи которых получены зависимости коэффициента расслоения разработанного пневмосепарирующего канала от параметров расслаивающего устройства и свойств зерновых смесей. Экспериментально подтверждено математическое моделирование и уточнены рациональные параметры расслаивающего устройства при очистке различных с.х. культур.

пневмосепарирующий канал, воздушный поток, коэффициент расслоения, зерновая смесь, воздухопроницаемая поверхность, чешуйки

Постановка проблеми. Післязбиральна обробка зерна включає в себе очистку продовольчого зерна, калібрування насінневого матеріалу. Для виконання даних операцій використовують зерноочисні машини (сепаратори), більшість яких має два способи розділення компонентів зернових сумішей (ЗС). Розділення за аеродинамічними властивостями здійснюється на пневмосепарувальних каналах, за розмірами на решетах. Як правило, відділення легких домішок з ЗС відбувається перед решетами, що дає змогу зменшити кількість ЗС на решеті та полегшити його роботу.

Разом з тим, низка останніх досліджень [1-3] довела ефективність способів збільшення просіюваності решіт, підвищення їх продуктивності. Однак недостатня ефективність пневмосепарувальних каналів (ПК) є стримуючим фактором та потребує пошуку раціональних рішень.

Проведеним аналізом відомих досліджень і конструкцій встановлено перспективний напрям підвищення ефективності очищення ЗС від легких домішок шляхом інтенсифікації процесу та застосування нової конструкції ПК з розшаруючим пристроєм [4, 5]. Для цього в ПК встановлено розшаруючий пристрій, який складається зі скатної повітропроникної лускатої поверхні. Частилки легких домішок під дією повітряного потоку та лусок розшаруючого пристрою перерозподіляються до верхнього підшару ЗС. Отримана розшарована ЗС потрапляє до вертикального ПК, де відбувається заключний етап - основне очищення.

Таким чином, обґрунтування параметрів процесу очищення ЗС і розробка нової конструкції ПК є актуальним завданням для розвитку АПК України.

Аналіз літературних даних і існуючих досліджень. Теоретичні дослідження динамічних процесів ЗС проведено ґрунтуючись на аналогії руху в'язких рідин і сипких псевдозріджених середовищ [2, 4]. Продування ЗС повітряним потоком з певною швидкістю призводить до псевдозрідження шару ЗС. При псевдозрідженні пористість шару ЗС збільшується, що сприяє перерозподілу частинок легких домішок [5]. Останні рухаються до верхніх підшарів, тим самим відбувається розшарування. Подальша очистка розшарованої суміші дозволяє збільшити питоме завантаження ПК та продуктивність зернового сепаратору.

Моделювання процесу очистки ЗС на ПК полягає у наступному алгоритму: моделювання динаміки псевдозрідженої ЗС по нахиленій повітропроникній лускатій поверхні; моделювання розшарування двофазного потоку ЗС на повітропроникній лускатій поверхні; моделювання процесу очистки розшарованої ЗС у основному вертикальному каналі. Таким чином, кінцева продуктивність основного вертикального каналу визначається ефективністю попереднього розшарування, а саме від результатів першого та другого етапу моделювання.

Однак дані роботи з теоретичними дослідженнями є узагальнюючими. Для підтвердження їх адекватності потрібно провести чисельний прорахунок при конкретних властивостях ЗС та параметрів ПК.

Постановка завдання. Визначення ефективності розшарування зернових сумішей при їх очищенні в розробленому пневмосепарувальному каналі зернових сепараторів.

Виклад основного матеріалу. Системним аналізом чисельних концепцій, які розроблені для опису течій дисперсних середовищ запропонована модель, що узагальнює основні реологічні моделі нелінійних в'язкопластичних середовищ. Для вирішення першого етапу - опису руху ЗС по нахиленій поверхні, використано рівняння динаміки суцільних середовищ [6, 7].

Для моделювання динаміки псевдозрідженої ЗС прийнята схема розробленого ПК з розшаруючим пристроєм (рис.1), який продувається повітряним потоком та нахилений під кутом θ до горизонту. Для забезпечення необхідного рівня псевдозрідження розшаруючу поверхню розробленого ПК прийнято лускату з параметрами лусок: крок (l) та висота (a).

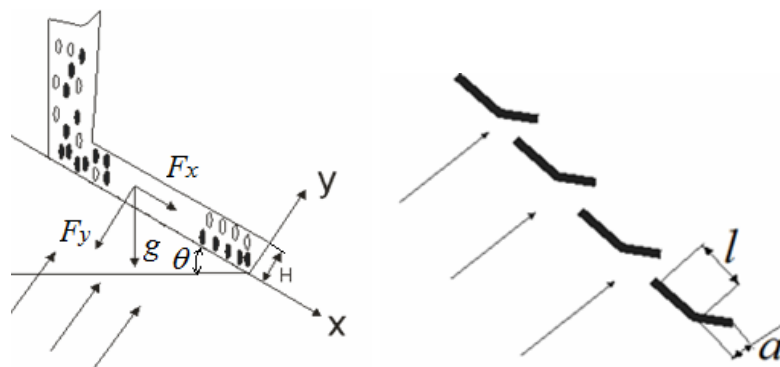


Рисунок 1 — Схема руху псевдозрідженої ЗС по скатній поверхні

Система рівнянь динаміки ЗС на розшаруючому пристрої ПК з урахуванням виразів Ланжевена, дії сил гравітації, Архімедової сили і сили в'язкого опору має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{18\mu_0}{\rho_p d_p^2} \left[u - \frac{dx}{dt} \right] + \left(1 - \frac{\rho}{\rho_p} \right) \cos \theta + \xi_x \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{18\mu_0}{\rho_p d_p^2} \left[-\frac{dy}{dt} \right] + \left(1 - \frac{\rho}{\rho_p} \right) g \sin \theta + \xi_y \end{cases}, \quad (1)$$

де $\bar{\xi} = \bar{\xi}(t)$ випадкова функція від часу:

$$\langle \bar{\xi}_i(t) \rangle = 0, \quad \langle \bar{\xi}_i(t), \bar{\xi}_i(t + \tau) \rangle = 2D\delta(\tau),$$

де D – коефіцієнт дифузії, який враховує вплив на рух частинки ЗС зіткнень з іншими частинками і флуктуації повітряного потоку;

d_p – еквівалентний діаметр частинки домішок ЗС;

ρ, ρ_p – щільність зерен і частинок домішок ЗС, відповідно;

μ_0 – в'язкість псевдозрідженого шару при малих швидкостях зсуву;

u – швидкість ЗС.

Інтегруванням отримані кінцеві рівняння траєкторій руху частинок домішок у шарі ЗС:

$$\begin{aligned}
x - x_0 = & -tg\theta \cdot (y - y_0) - \frac{1}{w \cos \theta} \frac{\mu_0}{4\mu_\infty} (y^2 - y_0^2) + \\
& + \frac{2}{3w} \sqrt{\frac{\rho g \cdot tg\theta}{\mu_\infty}} \left[\left(\frac{\mu_0^2}{4\mu_\infty \rho g \sin \theta} + H \right)^{\frac{3}{2}} y + \frac{2}{5} \left(\frac{\mu_0^2}{4\mu_\infty \rho g \sin \theta} + (H - y) \right)^{\frac{5}{2}} \right] - \\
& - \frac{2}{3w} \sqrt{\frac{\rho g \cdot tg\theta}{\mu_\infty}} \left[\left(\frac{\mu_0^2}{4\mu_\infty \rho g \sin \theta} + H \right)^{\frac{3}{2}} y_0 + \frac{2}{5} \left(\frac{\mu_0^2}{4\mu_\infty \rho g \sin \theta} + (H - y_0) \right)^{\frac{5}{2}} \right] + \\
& + \frac{\beta}{w \cos \theta} \cdot \frac{-\mu_0 + \sqrt{\mu_0^2 + 4\mu_\infty \rho g H \sin \theta}}{2\mu_\infty} \cdot (y - y_0),
\end{aligned} \quad (2)$$

де $w = w_0 \frac{1 + k(1 - \varepsilon_0)}{1 + k(1 - \varepsilon)}$ – швидкість спливання частинок домішок ЗС;

ε_0 – початкова порозність шару ЗС при мінімальній швидкості псевдозрідження;

$\varepsilon \approx \left(\frac{18 \text{Re} + 0,36 \text{Re}^2}{Ar} \right)^{0,21}$ – порозність шару при псевдозрідженні;

w – швидкість “спливання” частинок домішок; $w_0 = \frac{d_p^2 (\rho - \rho_p)}{18 \left(\mu_0 - \gamma \frac{\omega a}{1 + \omega a} \right)} g$;

k – емпіричний коефіцієнт форми частинок домішок ЗС;

ω, a – частота та амплітуда вібрацій шару ЗС при русі по лускатій поверхні;

γ – коефіцієнт, що ураховує вплив лускатої поверхні на в’язкість шару ЗС;

H – товщина шару ЗС; $Ar = \frac{d^3 (\rho - \rho_p)}{\rho_p \nu_p^2} g \cos \theta$ – критерій Архімеда;

$\text{Re} = \frac{ud}{\nu_p}$ – критерій Рейнольдса;

ν_p – кінематична в’язкість повітря;

β – коефіцієнт, який визначає взаємодію властивостей сипкого середовища і поверхні ковзання.

Перетворенням нелінійного рівняння (2), використанням чисельних методів (зокрема, методу ітерацій) отриманий вираз щодо визначення товщини нижнього підшару ЗС, який звільнений від домішок:

$$h \approx \frac{w \cos \theta}{\bar{u} - w \sin \theta} L, \quad (3)$$

де $\bar{u} = \frac{1}{H} \int_0^H u(y) dy \approx \sqrt{\frac{\rho g H \sin \theta}{\mu_\infty}} \left[\beta + \frac{2}{5} H \right]$ – середня по перетину швидкість руху

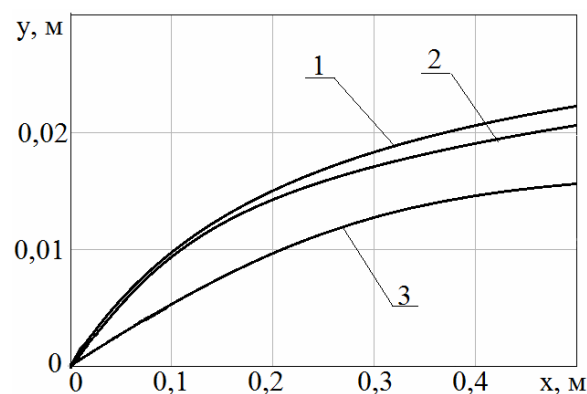
шару ЗС;

L – довжина скатної поверхні розшаруючого пристрою.

Введений коефіцієнт ефективності розшаруючого пристрою ПК визначаємо як відношення товщини підшару ЗС, з якого частинки домішок перерозподілились до верхньої частини шару ЗС, до загальної товщини шару:

$$k_1 \approx \min \left(\frac{w \cos \theta}{H(u_x)_{cp} \left(1 - \frac{w}{(u_x)_{cp}} \sin \theta \right)} L, 1 \right). \quad (4)$$

Результати моделювання отримані у вигляді траєкторій руху частинок ЗС по скатній повітропроникній поверхні (рис.2), залежностей коефіцієнту розшарування (рис.3) від конструктивних параметрів поверхні, технологічних параметрів - швидкості повітряного потоку та завантаження, властивостей ЗС.



1 - $\rho_p=100 \text{ кг/м}^3$; 2 - $\rho_p=200 \text{ кг/м}^3$; 3 - $\rho_p=600 \text{ кг/м}^3$; $u=3 \text{ м/с}$; $d_p=0,002 \text{ м}$

Рисунок 2 – Траєкторії руху частинок домішок ЗС по скатній повітропроникній лускатій поверхні розробленого ПК

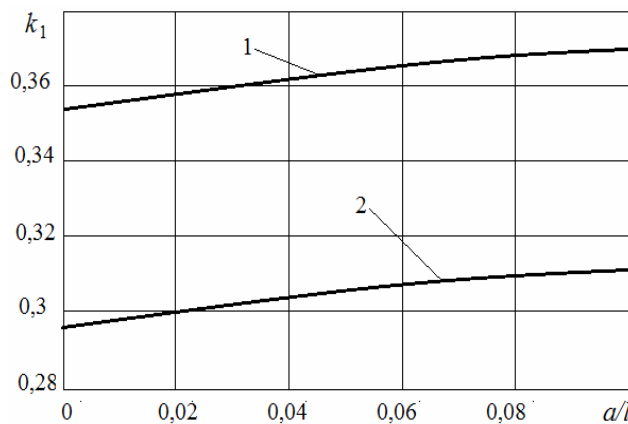
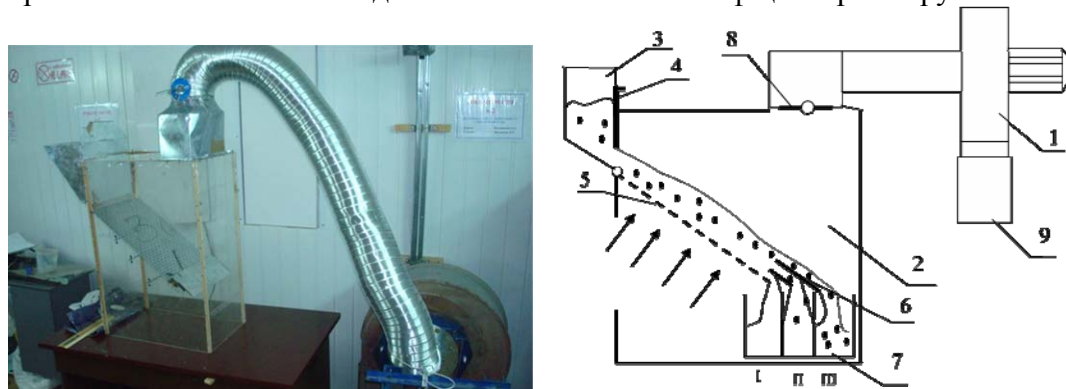


Рисунок 3 – Залежності коефіцієнту розшарування ЗС від коефіцієнту лускатості поверхні розробленого ПК, при: 1 - $u=3 \text{ м/с}$; 2 - $u=1 \text{ м/с}$; ($H=0,05 \text{ м}$)

Аналізом залежностей встановлено, що збільшення швидкості продування повітряним потоком лускатої поверхні розробленого ПК в діапазоні від 1 м/с до 3 м/с підвищує коефіцієнт розшарування на 20 – 25%. Зменшення щільності частинок домішок, в діапазоні що досліджується, також підвищує коефіцієнт розшарування на 25 – 35%. Зменшення висоти шару в діапазоні, що досліджується, також позитивно впливає на процес розшарування та збільшує коефіцієнт розшарування на 30 – 35%.

Для експериментальних досліджень динаміки двофазного потоку ЗС при її розшаруванні та очищенні розроблена лабораторна установка з прозорими боковими стінками з оргскла та відповідним устаткуванням [8] (рис. 4).

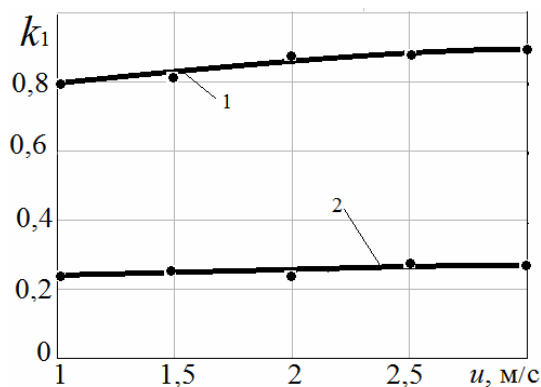
Визначення розшарування ЗС проведено за допомогою розшаруючого пристрою (рис. 4, поз. 6) та аналізу фракцій з блоку приймачів (поз. 7). Вміст приймачів перевіряли на наявність легких домішок та визначали коефіцієнт розшарування ЗС.



1 – вентилятор; 2 – пневмосепарувальний канал;
3 – завантажувальний бункер; 4 – регульовальна заслінка; 5 – повітропроникна поверхня;
6 – розшаруючий пристрій; 7 – блок приймачів; 8 – регулятор повітряного потоку; 9 – фільтр

Рисунок 4 – Лабораторна установка

Аналізом результатів експериментальних досліджень ефективності процесу очистки ЗС визначено (рис. 5): збільшення швидкості повітряного потоку, в діапазонах що досліджується, підвищує коефіцієнт розшарування ЗС пшениці, соняшнику та кукурудзи на 9,3 – 21 %. Встановлені діапазони варіювання отриманих коефіцієнтів розшарування склали для ЗС: пшениці $k_1=0,23\dots0,9$; соняшнику $k_1=0,12\dots0,22$; кукурудзи $k_1=0,24\dots0,48$.

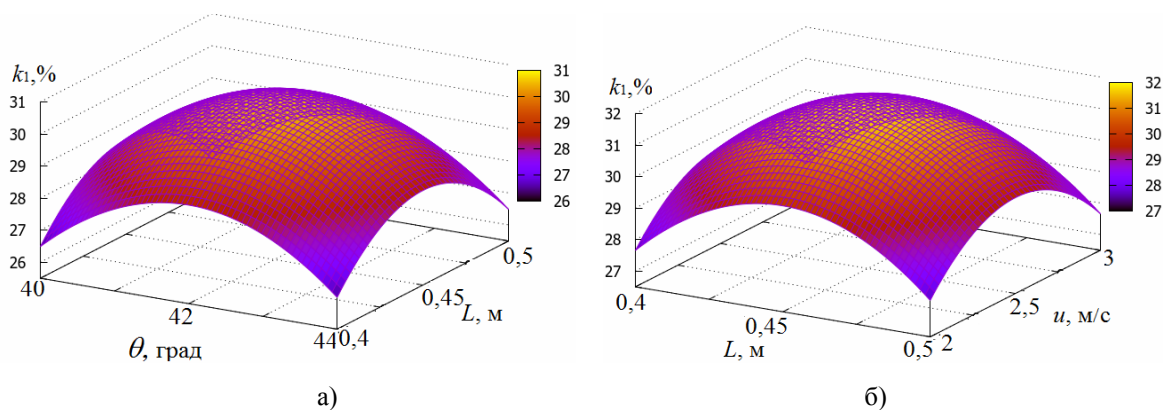


1 - $H=0,02$ м; 2 - $H=0,05$ м; ($d_p=0,002$ м; $\rho_p=300$ кг/м³; $d=0,003$ м; $\rho=750$ кг/м³)

Рисунок 5 – Залежності ефективності розшарування та очистки ЗС пшениці від швидкості повітряного потоку

Плануванням багатфакторного експерименту з критеріями оптимізації – коефіцієнтами розшарування та очищення, встановлені оптимальні конструктивно-технологічні параметри розробленого ПК (рис. 6): кут нахилу повітропроникної поверхні $\theta=41\dots43^\circ$; довжина повітропроникної поверхні $L=0,43\dots0,47$ м; швидкість повітряного потоку $u=2,3\dots2,7$ м/с.

Встановлено, що за вказаними параметрами коефіцієнт розшарування ЗС пшениці складає $k_1=30,53\text{--}31,75$ %.



а) - куту нахилу повітропроникної поверхні та її довжини; б) – довжини повітропроникної поверхні та швидкості її продування повітряним потоком

Рисунок 6 – Залежності коефіцієнту розшарування ЗС від параметрів розшаруючого пристрою розробленого ПК

Висновки. За допомогою теоретичних та експериментальних досліджень встановлені вирази та визначені параметри розробленого ПК за критерієм оптимізації коефіцієнтом розшарування ЗС пшениці. Встановлена методика дозволяє визначати ефективність розшарування ЗС в залежності від конструктивних і технологічних параметрів повітропроникної лускатої поверхні, швидкості повітряного потоку та початкової засміченості; властивостей ЗС різних с.г. культур. Отримані результати підтверджують можливість інтенсифікації процесу очистки ЗС у пневмосепарувальних каналах зернових сепараторів.

Список літератури

1. Тищенко, Л. К применению методов механики сплошных сред для описания движения зерновых смесей на виброрешетах [Текст] / Л. Тищенко, С. Харченко // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15, Issue 7. – P. 94 – 99.
2. Харченко, С.А. К построению уравнений динамики стационарных потоков в псевдооживленном зерновом слое на структурных виброрешетах [Текст] / С.А. Харченко // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип.148. – С.181 – 186.
3. Идентификация скорости прохождения частиц зерновой смеси через отверстия решет вибрационных зерновых сепараторов [Текст] / Л.Н. Тищенко, С.А. Харченко, Ф.М. Харченко, В.В. Бредихин, О.В. Цуркан // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Харків, 2016. – № 2/7(80). – С.63 – 70.
4. Харченко, С.А. Моделирование динамики псевдооживленной зерновой смеси по наклонной чешуйчатой поверхности пневмосепарирующих устройств [Текст] / Харченко С.А., Борщ Ю.П. // Вестник БГАТУ: МНПК «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». – 2014. – С. 239 – 251.
5. Харченко, С.А. Моделирование динамики псевдооживленной зерновой смеси по наклонной чешуйчатой поверхности пневмосепарирующих устройств [Текст] / С.А. Харченко, Ю.П. Борщ // Вестник БГАТУ: МНПК «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК», 2014. – секция.2. Инновационные технологии в АПК. – С. 239 – 251.
6. Харченко, С.А. К моделированию процесса расслоения псевдооживленной зерновой смеси на воздухопроницаемой скатной плоскости типа “чешуйчатое” решето [Текст] / С.А. Харченко, Ю.П. Борщ // MOTROL «Motorization and power industry in agriculture». – Poland: Lublin-Kharkiv, 2014. – Vol.16, №7. – С.17 – 23.
7. Харченко, С.А. Математическая модель расслоения псевдооживленной зерновой смеси на воздухопроницаемой скатной плоскости типа “чешуйчатое” решето [Текст] / С.А. Харченко, Ю.П. Борщ // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. – Вип.14. – Т.2. – С.86 – 91.
8. Харченко, С.А. Экспериментальные исследования воздухопроницаемой расслаивающей поверхности разработанного пневмосепарирующего устройства зерновых сепараторов [Текст] / С.А. Харченко, Ю.П. Борщ, М.В. Слипченко // Весник ХНТУСХ имени Петра Василенко, 2015. – Вип. 156. – С. 196 – 203.

Sergey Kharchenko, Assos. Prof., PhD tech. sci., Yriy Borshch, post-graduate, Magomed Abduev, Assos. Prof., PhD tech. sci.,

Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

Efficiency of Stratification of Grain Mixes at Their Cleaning IN the Pneumoseparating Channels of Grain Separators

Determination of the efficiency of stratification of grain mixtures when they are cleaned in the developed air separation channel of grain separators.

Theoretical researches have defined final mathematical expressions of dynamics of grain mixes at their stratification on the cattle scaly surface of the developed pneumoseparating channel. Expressions of trajectories of the movement of particles of impurity in a grain layer are established, by means of which dependences of coefficient of stratification of the developed pneumoseparating channel on parameters of the stratifying device and properties of grain mixes are received.

Are experimentally confirmed mathematical modeling and rational parameters of the stratifying device when cleaning various crops are specified.

pneumoseparating channel, air stream, stratification coefficient, grain mixture, air-permeable surface, scales

Одержано 06.11.17

УДК 631.363.2

В.М. Швайко, доц., канд. фіз.-мат. наук, В.О. Гурідова, ст. викл.

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна,

E-mail: guridova@ukr.net

Побудова профілю леза ножа, що відповідає заданим кутам защемлення, при обробці сільськогосподарських матеріалів

Одним із важливих елементів технологічного процесу обробки сільськогосподарських матеріалів є подрібнення сировини за допомогою різальних апаратів. Тому, формалізація процесів механічного обробки, наприклад, кормів, є важливим фактором як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Вибір оптимальної форми леза ножа безпосередньо впливає на якість та ефективність функціонування подрібнювальних механізмів. Наведено методику побудови профілю ріжучої кромки обертового ножа, що відповідає заданим кутам защемлення в будь-якій точці нерухокої протирізальної пластини.

обертовий ніж, протирізальна пластина, різання, профіль леза, подрібнювач

В.Н. Швайко, доц., канд. фіз.-мат. наук, В.А. Гуридова, ст. преп.

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г.Днепр, Украина

Построение профиля лезвия ножа, соответствующего заданным углам защемления, при обработке сельскохозяйственных материалов

Одним из важных элементов технологического процесса обработки сельскохозяйственных материалов есть измельчение сырья при помощи резальных аппаратов. Поэтому, формализация процессов механической обработки, например, кормов, является важным фактором как при эксплуатации существующих машин, так и при проектировании новых. Выбор оптимальной формы лезвия ножа непосредственно влияет на качество и эффективность функционирования измельчительных механизмов. Приведена методика построения профиля режущей кромки вращающегося ножа, которая соответствует заданным углам защемления в любой точке неподвижной противорезательной пластины.

вращающийся нож, противорезательная пластина, резание, профиль лезвия, измельчительные механизмы

© В.М. Швайко, В.О. Гурідова, 2017