

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ НАСІННЯ В АСПІРАЦІЙНОМУ КАНАЛІ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА МЕТОДАМИ ЧИСЛОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

О. С. Колодій, к.т.н. ст. вик.

С. В. Кюрчев, к.т.н. проф.

К. Л. Мельник, викл., спец. I кат.

Таврійський державний агротехнологічний університет

У даній статті приведені результати руху насіння в аспіраційному каналі пневмогравітаційного сепаратора методами числових експериментів. Представлені результати числового трифакторного експерименту показують раціональні параметри: швидкість вводу насіння в потік повітря, кут вводу, та максимальне розщеплення траєкторії насіння соняшника.

Ключові слова: сепарація, аспіраційний канал, пневмогравітаційний сепаратор, насіння соняшника.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку, Україна завойовує світовий ринок по експорту насіння та оливи соняшника. За останні роки виробництво та переробка олійного насіння стала одним із привабливих напрямів діяльності аграрного бізнесу. Цьому сприяли постійний попит на олійне насіння, олію та шрот, високі закупівельні ціни та помірні виробничі витрати. Виробництво олійних культур належить до основних напрямів діяльності в сільському господарстві України. Підтвердженням цього є зайнятість ними посівних площ. Торік усіма категоріями господарств засівалося 26,7 млн га ріплі. При цьому олійні культури займали майже 30 % всіх площ. До того ж, і минулого року частка олійних культур в структурі посівів знаходилася та такому ж рівні [1].

На сьогоднішній рік валовий збір основних видів олійного насіння в Україні очікується близько 16,3 млн т, що на рівні минулого сезону. При цьому виробництво ріпаку скоротиться до 1,76 млн т проти 2,2 млн т торік, а виробництво сої зросте до рекордних 4 млн т проти 3,87 млн т. [1].

Все це говорить про те що збільшення врожаю соняшника є однією з важливою задачею агропромислового комплексу України. Відомо багато різних науково обґрунтованих методів збільшення врожайності соняшнику, одним із яких є використання для сівби найбільш продуктивного насіння. Тому однією з проблемою є підвищення ефективності виробництва насіння соняшника, за рахунок використання при сівбі насіння з найбільш цінними біологічними властивостями, що отримується шляхом сепарування.

Існуючі засоби механізації підготовки насіння соняшнику шляхом сепарації мають низку недоліків (велику енергоємність та металоємність, складність налагодження на робочий процес, невелику якість поділу та очищення насіння), тому необхідно розробка та впровадження нових засобів та способів сепарації.

В попередніх дослідженнях нами був зроблений пневмогравітаційний сепаратор насіння соняшника [10-12]. Перед нами постала задача дослідити рух насіння в аспіраційному каналі пневмогравітаційного сепаратора методами чис-

лових експериментів

Аналіз результатів останніх досліджень.

Дослідженнями сепарації сипучих матеріалів за різницею аеродинамічних властивостей їх компонентів займалися: у природному повітряному потоці В.П. Горячкін [2], у сформованому вертикальному повітряному потоці, М.Н. Летошнєв [3], В.В. Гортинський [4], А.І. Нелюбов [5], М.Г. Гладков [6], М.С. Кулагін [7], В.В. Котов [8] та інші.

На думку академіка Горячкіна В.П. та інших вчених під дією потоку повітря, під час сепарації матеріал розділяється на очищений і відходи очищення тобто розглядається суміш з двох складових. Очищена фракція – це повноцінне насіння основної культури, відходи очищення - це легкі, сміттєві і важкі домішки [2].

Взаємодія насіння з повітряним потоком характеризується швидкістю витання, яка залежить від маси насіння, коефіцієнта аеродинамічного опору, міделєвого перетину, орієнтації у просторі. Дослідники прагнули врахувати ті чи інші параметри які впливають на швидкість витання насіння. Це призвело до великої кількості висновків, які вірні лише для конкретних умов.

В свою чергу Крєкот М.М. вирішив наукове завдання, яке направлене на підвищення ефективності процесу сепарування насінневих сумішей овочевих культур, шляхом обґрунтування параметрів процесу пневматичного сепаратора з регульованою робочою шириною каналу. Побудував математичні моделі динаміки компонентів насінневих сумішей овочевих культур у висхідному повітряному потоці. За допомогою отриманих залежностей визначив поділяючу здатність каналу для компонентів насінневих сумішей овочевих культур в залежності від параметрів сепаратора та аеродинамічних властивостей насіння [9].

Вищенаведені вчені зробили значний внесок в процес сепарації насіння, але на нашу думку процесу сепарації насіння соняшника у вертикальному аспіраційному каналі з нижнім вивантаженням було приділено недостатню увагу, тому слід розробити та дослідити пневмогравітаційний сепаратор з нижнім вивантаження насіння со-

няшника.

Мета досліджень.

Підвищення технологічної та енергетичної ефективності процесу розділення насіння соняшника шляхом розробки нової конструкції пневмо-гравітаційного сепаратора і обґрунтування його конструкційно-технологічних параметрів.

Результати досліджень.

Визначення необхідної повторності експериментальних дослідів

Для визначення необхідної повторності дослідів проведемо розрахунок, користуючись критерієм Стюдента у такій послідовності.

1. У зв'язку зі складністю вимірювань попередньо приймаємо серію дослідів з повторністю $n=20$.

2. Виразуємо середньоквадратичне відхилення, скориставшись відомою формулою.

3. Розрахуємо середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення, використавши загальновідому формулу.

$$\delta_0 = \frac{\delta}{\sqrt{n}} = 0,0091 \quad (1)$$

4. Точність вимірювань

5. Встановлюємо нормоване відхилення t (гарантійний коефіцієнт) $t=2,16$ при $\alpha=0,95$.

6. Коефіцієнт варіації

7. Знаходимо через $\alpha_{ст}$ – коефіцієнт Стюдента величину $\alpha_{ст}$ та значення X_d

8. Знаходимо мінімальну повторність дослідів, що забезпечує задану точність.

$$N_{min} = \frac{v^2 t^2}{m^2} \approx 4 \quad (2)$$

Спосіб введення насіння в кільцевий повітряний канал і параметри руху насіння: напрямки початкової швидкості зернівки і величина швидкості її входження в повітряний потік, як можна бачити з рис. 1 траєкторій частинок з різною швидкістю витання суттєво впливають на умови сепарації. Крім того на величину відхилення траєкторії від осьової лінії каналу впливає і швидкість повітряного потоку.

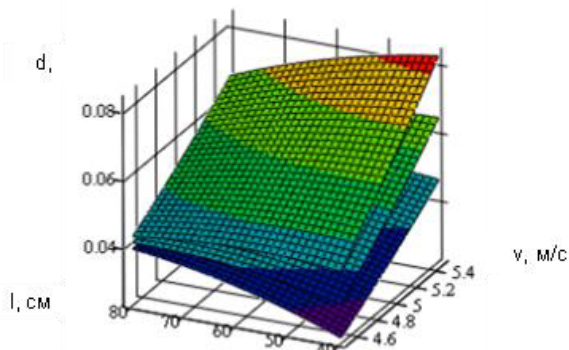


Рис.1. Поверхні відгуків швидкості повітряного потоку від діаметру патрубку постачання від довжини аспіраційного каналу

Тому з метою визначення впливу вищевка-

заних параметрів на закономірність процесів сепарації (величини відхилення і розходження траєкторії) проведено силові експерименти на імітаційній математичній моделі, яка відтворює траєкторії руху зернин з різними аеродинамічними властивостями. У якості математичної моделі використовували систему диференціальних рівнянь при початкових умовах:

$$x(0) = 0; y(0) = 0; \frac{dx(0)}{dt} = v_0 \cos \alpha_0; \frac{dy(0)}{dt} = v_0 \sin \alpha_0$$

Для встановлення раціональних співвідношень режимних і конструктивних параметрів пневмо-гравітаційного сепаратора, які забезпечують задану якість поділу насіння використано методику математичного планування експерименту [13, 14], задачею якого є одержання статистичної математичної моделі, яка адекватно визначає і дозволяє кількісно оцінити процес що досліджується.

Попередні аналітичні (дані натурних експериментів) дослідження дають змогу визначити вплив окремих факторів та встановити рівні їх вимірювання. До факторів, що мають значний вплив на процес сепарації віднесли: початкову швидкість вводу насіння в повітряний потік v_0 , кут нахилу початкового вектору швидкості α_0 і швидкість повітря в каналі v_v .

Для визначення взаємозв'язків вибраними факторами і відгуками (критеріями ефективності) використано трьохрівневий план другого порядку, який містить всього 13 точок (табл. 1) та побудована Матриця планування трьохфакторного експерименту (табл. 2).

Враховуючи наявність неповної інформації про об'єкт моделювання і нелінійність аналітичної залежності для опису задачі, функції, відгуку описано рівнянням регресії другого порядку у вигляді:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

де y – розраховане значення відгуку;

b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти регресії;

x_i, x_j – значення факторів;

k – кількість факторів.

Отримані результати дослідів оброблено на ПК з використанням прикладного пакету "Statistica 6.0".

При побудові моделі (визначення відгуків) вважаємо, що повне розділення компонентів у суміші має місце за умови:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \geq 0, \quad (4)$$

де Δx – поділяюча здатність циліндричного каналу, якою є різниця між координатою мінімальної відстані x_2 виведення зернин з кана-

лу та відповідно максимальна координата (відстань) виходу насінини "важкої" (основної)

фракції у систему координат XOY.

Таблиця 1 - Рівні вимірювання факторів, що мають вплив на процес поділу насіння соняшника

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання		
				верхній	нульовий	нижній
Швидкість сходу насіння (м/с)	v_0	x_1	0,2	0,8	0,6	0,4
Кут введення насіння (град)	α	x_2	20	80	60	40
Швидкість повітря (м/с)	v_v	x_3	0,5	5,5	5	4,5

При моделюванні руху насіння у повітряному циліндричному каналі, з кільцевим перетином, дотримувались такого обмеження: траєкторія руху зернини ("легкої") не повинна перетинати поверхню (уявну) зовнішньої стінки каналу, тобто повинна виконуватись умова $x_2(max) \leq R_k$, де R_k – радіус утворюючої зовнішньої поверхні каналу.

За результатами числових експериментів, скоригована даними натурних експериментів щодо визначення відхилення траєкторій падіння (руху) поодиноких насінин у вертикальному по-

вітряному потоці отримаємо регресійну математичну модель, яка визначає залежність величин відхилення і різниці відхилень траєкторій для зерен з різними аеродинамічними властивостями.

Максимальне відхилення траєкторії руху легкої зернини в місті вивантаження ($h=0,8m$) залежно від швидкості повітря v_v (м/с), швидкості насінини при сході з розподільника v_0 (м/с) і кута її напрямку α (град) описується рівнянням:

$$y_1(v_0, \alpha, v_v) = -0,104 + 0,5v_0 + 0,016v_v + 0,002\alpha - 0,042v_0^2 + 0,014v_0\alpha - 0,000025u\alpha - 9,2 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha^2 \quad (5)$$

Таблиця 2 - Матриця планування трьохфакторного експерименту

№	$x_1(V_0)$	$x_2(V_v)$	$x_3(\alpha)$	$y_1(x)$	$y_2(\Delta x)$
1	0,8	5,5	40	0,132	0,035
2	0,8	4,5	40	0,119	0,014
3	0,6	5,5	40	0,048	0,011
4	0,6	4,5	40	0,043	0,004
5	0,8	5,0	80	0,043	0,007
6	0,8	5,0	60	0,198	0,034
7	0,6	5,0	80	0,016	0,002
8	0,6	5,0	60	0,070	0,010
9	0,4	5,5	80	0,032	0,008
10	0,4	5,5	60	0,144	0,035
11	0,4	4,5	80	0,028	0,004
12	0,4	4,5	60	0,13	0,013
13	0,4	5,0	40	0,087	0,015

Залежність величини розходження (розщеплення) траєкторій у місці виходу насіння з

$$y_2(v_0, \alpha, v_v) = -0,0855 - 0,1v_0 + 0,003\alpha + 0,042v_v v_0 - 0,001v_0\alpha + 0,003v_v^2 - 4 \cdot 10^{-4} \cdot v_v\alpha - 5,21 \cdot 10^{-6} \alpha^2 \quad (6)$$

На основі отриманих рівнянь побудовані поверхні відгуків максимального відхилення траєкторії руху "легкої" зернини (та величини розщеплення траєкторій), від початкової швидкості частки v_0 , кута її напрямку α і швидкості повітря v_v .

Аналізом отриманих залежностей визначено, що максимальна розділяюча здатність 0,018м забезпечується при таких параметрах сепаратора: швидкість повітря 5,0 м/с, швидкість руху зерна на вході в повітряний канал $v_0=0,8m/s$, кут нахилу вектора початкової швидкості зерна $\alpha=40^\circ$.

Аналізуючи графічні залежності швидкості сходу зернини із розподільючого конуса від кута нахилу твірної і її довжини приходимо до висновку, що при куті $\alpha=40^\circ$ отримати швидкість сходу 0,4м/с не можливо.

Тому форму розподільника запропоновано

сепаратора від впливових факторів (v_0, Q, u) описується рівнянням:

$$y_2(v_0, \alpha, v_v) = -0,0855 - 0,1v_0 + 0,003\alpha + 0,042v_v v_0 - 0,001v_0\alpha + 0,003v_v^2 - 4 \cdot 10^{-4} \cdot v_v\alpha - 5,21 \cdot 10^{-6} \alpha^2 \quad (6)$$

використовувати у вигляді поверхні обертання твірної у формі кривої (дуги кола).

Як було показано в запропонованій методикі [12], рекомендуються наступні параметри розподільника: $r=0,05$ м, $h=0,04$ м, $x=0,021$ м, що забезпечить величину розходження $\Delta x = 0,018$.

Перевірка адекватності отриманої моделі

Помилка, з якою математична модель описує досліджені дані, характеризується розсіюванням досліджених значень Y навколо лінії регресії, тобто навколо обчислених за допомогою рівняння регресії значень \hat{y}_i . Це розсіювання визначається дисперсією адекватності:

$$S_{адек}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{i=1}^N (\hat{\sigma}_i - \bar{y})^2 \quad (7)$$

l – кількість значимих коефіцієнтів у мо-

делі;

\bar{Y}_i - теоретичні данні;

\bar{y}_i - експериментальні данні;

m – кількість повторностей дослідів.

Адекватність моделі перевіряється за допомогою критерію Фішера шляхом перевірки:

Значення критерію Фішера - Снедекора, що спостерігається розраховується за формулою:

У нашому випадку ,

По таблиці критичних точок розподілу Фішера, знаходимо

$$F_{кр.}(\alpha; l_1 = N - l; l_2 = N(m - 1)). \quad (8)$$

де N – кількість дослідів;

l – значущих коефіцієнтів в моделі;

m – кількість повторностей дослідів

Так як , та , то немає підстав відкинути H_0 (10), (11), моделі адекватні експериментальним даним при рівні значущості $\alpha=0,05$.

Висновок.

Числовим трифакторним експериментом визначені раціональні параметри: швидкість вводу насінин в потік повітря – 0,7-0,8 м/с при куті вводу 40-45°, які забезпечують максимальне розщеплення траєкторії при $\Delta x = 0,018$ м.

Список використаної літератури:

1. Привабливість олійних культур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/>
2. Горячкин В.П. Вейлки и сортировки / В.П. Горячкин– М.,1908. – 48с.
3. Летошнев М. М. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М. М. Летошнев. - Изд. 3-е. – М.-Л.: сельхозгиз, 1955. – 764с.
4. Гортинский В.В., Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Денский, М.А. Борискин // М.: Колос, 1980. - 304с.
5. Нелюбов А. И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А. И. Нелюбов, Е. Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 190 с.
6. Гладков Н. Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация / Н. Г. Гладков. – М.: Машгиз, 1961. – 368 с.
7. Кулагин М. С. Механизация послеуборочной обработки и хранения зерна и семян / М. С. Кулагин [и др.] – М.: Колос,1979. – 256 с.
8. Котов В. В. Определение скорости движения зерна в воздушном потоке / В. В. Котов // Технологии и средства механизации полеводства. – Черноград, 2002. – С. 137-140.
9. Кречот М.М. Обґрунтування параметрів процесу і розробка пневматичного сепаратора насіння овочевих культур: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. тех. Наук : спец 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / М.М. Кречот – Харків, 2014 - 20с.
10. Пат. 86300 Україна, МПК В07В 1/28. Аеродинамічний сепаратор для насіння / С.В. Кюрчев, О.С. Колодій (Україна). - №u201307937; заявл. 21.06.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл.№24
11. Кюрчев С.В., Результати дослідження раціональних розмірів вертикального аспіраційного каналу сепаратора насіння сільськогосподарських культур / С.В.Кюрчев, О.С. Колодій // Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 148, т.1.- С. 56 – 63.
12. Колодій О.С., Кюрчев С.В. Методики дослідження параметрів сепаратора насіння пропального типу / С.В.Кюрчев, О.С. Колодій // Motrol “Motorization and energetics in agriculture”, Lublin-Rzeszow, 2013 Vol.15, No2. p. 205-213.
13. Василенко П. М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований / П. М. Василенко.// – М., 1958. – 168 с.
14. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: Учебное пособие. / Э.А. Вуколов. - М.: Форум, 2008. - 464 с.

Колодій А.С., Кюрчев С., Мельник К.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН В АСПИРАЦИОННОМ КАНАЛЕ ПНЕВМОГРАВИТАЦИЙНОГО СЕПАРАТОРА МЕТОДАМИ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В данной статье приведены результаты движения семян в аспирационном канале пневмогравитационного сепаратора методами численных экспериментов. Представлены результаты численного трифакторного эксперимента показывают рациональные параметры: скорость ввода семян в поток воздуха, угол ввода, и максимальное расщепление траектории семян подсолнечника.

Ключевые слова: сепарация, аспирационный канал, пневмогравитационный сепаратор, семена подсолнечника.

A. S. Kolodiy, S. V. Kyurchev, K. L. Melnik INVESTIGATION OF THE SEEDS IN THE ASPIRATION CHANNEL SEPARATOR PNEVMOGRAVITATSIYNOHO METHODS OF NUMERICAL EXPERIMENTS

In this article the urgency to develop new tools and new methods of separation of sunflower seeds. The analysis of previous studies of famous scientists in the separation of oilseeds proved that scientists have made a significant contribution to the process of separation of seeds, but in our opinion the process of separation of sunflower seeds in the vertical aspiration channel with lower discharge was given insufficient attention, so you should develop and explore pnevmohravitatsiynyy separator with bottom unloading sunflower seeds.

By Reviewed motion seeds in the aspiration channel separator pnevmohravitatsiynoho methods of numerical experiments. The results of numerical experiments show tryfaktornoho rational parameters developed pnevmohravitatsiynoho separator speed input seeds in airflow angle input and maximum splitting trajectory sunflower seeds.

Keywords: separation, aspiration channel pnevmohravitatsiynyy separator, sunflower seeds.

Стаття надійшла в редакцію: 06.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Саарела Йоко

УДК629.3.017

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОГО ТРАКТОРА В СКЛАДІ МАШИННОГО АГРЕГАТУ

П. М. Ярошенко, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

В статті розглянуто питання визначення системи рівнянь, що описують поведінку системи гідрооб'ємного рульового керування машинного агрегату під час його роботи.

Ключові слова – гідрооб'ємне рульового керування, розподільчий блок, пріоритетний клапан, золотник, гідродвигун, гідроциліндр, витоки рідини, система рівнянь.

Постановка проблеми. Сучасні енергонасичені трактори класу 30кН, які все більш використовуються для виконання різних польових робіт з широкого захватними сільськогосподарськими машинами на швидкостях до 12 км/год, обладнуються гідрооб'ємним рульовим керуванням. Характерною особливістю даного рульового керування є здійснення зворотного зв'язку між рульовим колесам і керованими колесами трактора не механічним, а гідравлічним шляхом. Це підвищує компактність конструкції, знижує вагу, дає переваги компоувального плану, дозволяє розміщувати пост керування машиною в будь-якому зручному місці, виключає необхідність використання механічних передач, які вимагають регулювань в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням розрахунків гідравлічних приводів присвячено велику кількість публікацій. Це, перш за все, праці Т. М. Башти [1], Н. С. Гамініна [2], Д. Н. Попова [3] та інших. В цих працях при розрахунку як окремих агрегатів, так і всього гідравлічного приводу синтез структури і параметрів, оцінку динамічних якостей приводу і т. д. розпочинають із виведення рівнянь, які описують його роботу, і базуються на рівняннях рівноваги, руху і балансу витрат рідини. При цьому для кожного пристрою отримують нові рівняння, які відображують специфічні особливості приводу, що проектується.

Мета досліджень. Проаналізувавши стан публікацій було зроблено висновок про те, що питаннями написання математичних моделей гідравлічних рульових керувань займалися багато дослідників. Але, в основному, вони розробляли залежності для окремих гідравлічних складових рульового керування. В зв'язку з цим метою даної роботи є розробка системи рівнянь, що

описуватимуть поведінку гідрооб'ємного рульового керування машинного агрегату під час виконання ним технологічного процесу.

Результати досліджень. Досліджувана система гідрооб'ємного рульового керування складається із гідроциліндрів, оливного насоса, гідравлічного бака, гідророзподільника, гідроруля і пріоритетного клапана. Рульовий механізм типу У245010, що використовується в даній гідросистемі, здійснює живлення робочого обладнання і рульового керування з пріоритетом останнього, причому подача робочої рідини до гідроциліндрів пропорційна куту повороту вала гідроруля. Схема гідрооб'ємного рульового керування трактора приведена на рис. 1.

Гідроруль складається із розподільчого блоку, гідродвигуна зворотного зв'язку і планетарного редуктора, що з'єднує гідродвигун із золотником розподільчого блоку.

Принцип роботи гідроруля заключається в наступному:

- В нейтральній позиції золотника (див. рис. 2) лінія керування пріоритетним клапаном **С** з'єднана з лінією зливу **Т**, в результаті чого пріоритетний клапан розвантажує напірну лінію **Р**, направляючи потік рідини від насоса до робочого обладнання.
- При обертанні вала гідроруля золотник зміщується в осьовому напрямку. Коли це зміщення досягне значення деякого ξ_0 , лінія **С** від'єднається від зливу (див. рис. 3 і 4). При цьому відбувається підвищення тиску в напірній лінії **Р**, яка, як і лінія **С**, з'єднається із входом гідродвигуна **Е1** або **Е2**, в залежності від напрямку зміщення золотника. Вихід гідродвигуна **Е2** або **Е1**, відповідно, з'єднається з лінією