

А. Панков, А. Щеглов

Аналіз динаміки питомого тягового опору рядкових сівалок

У статті розглянутий баланс складових питомого тягового опору при роботі рядкової сівалки. Встановлена тенденція поступового зростання даного показника протягом тривалого періоду часу.

A. Pankov, A. Shheglov

The analysis of dynamics of specific hauling resistance of seed-drills

In the article is considered balance of constituents of specific hauling resistance during work of seed-drill. The tendency of gradual growth of this index is set during the protracted period of time.

Одержано 20.03.12

УДК 631.362.3

**С.М. Лещенко, доц., канд. техн. наук, В.М. Сало, проф., д-р. техн. наук,
О.М. Васильковський, доц., канд. техн. наук, Д.В. Богатирьов, доц., канд. техн.
наук, В.В. Отт, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

Аналітична оцінка якості пневмосепарації на основі алгоритму функціонування зерноочисних машин

В статті проведено аналітичну оцінку якості пневмосепараційного процесу на основі алгоритму функціонування зерноочисних машин загального призначення. Запропоновано системний аналіз вхідних та вихідних чинників системи, що впливають на кількісні і якісні показники сепарації, які отримані з використанням методики В.Е. Саїтова. Після побудови алгоритму функціонування зерноочисної машини проведено оцінку якості роботи та витрат енергії. Використовуючи теорію ймовірностей отримані залежності по оцінці ефекту очистки виходячи з рівня виділення компонентів кожної фракції по етапах очищення. Наведені дослідження доводять, що використання замкненого повітряного потоку комбінованої дії (послідовне продування похилим та вертикальним потоком) від одного джерела дозволяє підвищити якість сепарації без суттєвого підвищення енерговитрат **зерноочисна машина (ЗОМ), пневмосепарація, пневмосепаруючий канал (ПСК), алгоритм функціонування, багатофункціональний робочий орган**

Постановка проблеми. У аграрному виробництві держави питання збереження якісних показників зібраного врожаю зерна та насіння сільськогосподарських культур є особливо актуальним, оскільки несвоєчасна та неякісна післязбиральна обробка призводить як до різкої втрати посівних та продовольчих кондицій збіжжя, так і до різкого зниження його вартості на ринку аграрної продукції [1]. Зважаючи на те, що більшість існуючих у господарствах машин для здійснення операцій післязбиральної обробки є застарілими і малоефективними питання розробки конструкції, обґрунтування параметрів та режимів роботи нової зерноочисної техніки потребують нагального наукового та конструктивного вирішення.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Значна кількість наукових досліджень в області інтенсифікації процесів очищення зернових матеріалів від домішок направлена на розробку нових конструктивно-технологічних схем сепарації з обґрунтуванням окремих параметрів [1]. При цьому визначення якісних показників, в

більшості випадків, зводиться до експериментального дослідження по встановленню раціональних параметрів запропонованих схем. Досить складним завданням залишається теоретичне визначення якісних показників пневмосепарації, що є особливо актуальним при розробці нових конструкцій пневмосистем зерноочисних машин загального призначення.

Якісними показниками процесу пневмосепарації є ефект очистки ε і чіткість сепарації z . Ефект очистки і чіткість сепарації в більшості визначають за методикою запропованою А.Я. Малісом та А.Р. Демидовим [2]:

$$\varepsilon = \frac{A-B}{B} \cdot 100\%, \quad z = \frac{B}{A} \cdot 100\%,$$

де A – кількість виділеної повітряним потоком легкої фракції, кг;

B – кількість легкого компоненту у вихідному матеріалі, кг;

B – вміст важкого компоненту у виділеній повітряним потоком легкої фракції, кг.

Наведена вище методика визначення якісних показників сепарації виключає можливість проведення аналітичного встановлення питомої продуктивності та узгодження енерговитрат з номінальною продуктивністю машини.

Постановка завдання. Виходячи із вищезазначеного метою даної роботи є визначення якісних показників сепараційного процесу в похилому пневмосепаруючому каналі на основі алгоритму функціонування зерноочисної машини.

Виклад основного матеріалу. Різноманітність функціональних схем ЗОМ обумовлюється різницею в їх будові, призначенні та порядку перебігу основних технологічних операцій. Інтенсифікація режимів роботи окремих робочих органів ЗОМ потребує більш детального і точного теоретичного обґрунтування функціональних схем машин в цілому та узгодження параметрів роботи їх окремих органів (елементів).

В більшості ЗОМ, робота яких базується на аеродинамічних властивостях матеріалу, перебіг процесу відбувається подібним чином і може бути представлений у вигляді моделі функціонування машини для попереднього очищення, яка працює по принципу «вхід-вихід», що запропоновано Саїтовим В.Е. [1]. Вхідними елементами, як і у більшості існуючих моделей, є подача $G(t)$ зернового матеріалу і його початкові якісні показники $k(t)$ (засміченість, вологість, неоднорідність і т.д.).

До вихідних параметрів можна віднести: масу обробленого матеріалу $G_o(t)$, кількість відходів $P_o(t)$ і питомі витрати енергії $N_{II}(t)$. Якість пневмосепарації оцінюється ефектом очистки $\varepsilon(t)$ і чіткістю сепарації $z(t)$, тому вони теж відносяться до вихідних параметрів.

Оскільки якість сепарації в значній мірі визначається середньою швидкістю повітряного потоку V_{cp} , його рівномірністю φ та геометричними параметрами пневмосепаратора Δ , то ці чинники відносяться до керованих.

На основі запропонованої моделі проведемо побудову алгоритму функціонування ЗОМ з врахуванням раціональної послідовності технологічних операцій та основного рівняння кінетики сепарації [3, 4, 5] (рис. 1).

Під раціональним порядком перебігу пневмосепараційного процесу слід мати на увазі послідовність виділення домішок із зернового матеріалу – спочатку крупні домішки (видаляються решетом до подачі безпосередньо в ПСК), потім легкі (видаляються повітряним потоком) і нарешті дрібні (прутковим решетом з наданням кінетичної енергії зерновому матеріалу ротором для відвантаження з машини) [6].

Для покращення якості очищення зерна повітряним потоком пропонується проводити його двохкратну сепарацію послідовно спочатку в похилому, а потім у

вертикальному ПСК, що з врахуванням замкненої схеми ЗОМ не має значного впливу на показники витрат енергії.

На рис. 1 представлено алгоритм функціонування запропонованої ЗОМ [3], що складається з решітного сепаратора для виділення крупних домішок, та повітряно-решітного блоку для виділення легких та дрібних домішок. При цьому до повітряної частини входять два послідовно з'єднані ПСК (похилий та вертикальний), а повітряний потік створює лопатевий ротор, який не лише виконує функцію вентилятора, а й відвантажує очищене зерно із машини після його очищення від дрібних домішок на підсівному прутковому решеті.

До вхідних параметрів процесу сепарації зерна в даній машині відносяться її питому продуктивність $G(t)$ та характеристики зернового матеріалу $k(t)$, а саме його засміченість та вологість. Вихідними параметрами є маса зерна після решітної сепарації $G_{pc}(t)$ і його якість $k_{pc}(t)$, а також кількість видалених домішок $P'_o(t)$ та втрати повноцінного зерна у відходи $\Pi'_3(t)$. Аналогічно для ПСК вхідні параметри – подача зернового матеріалу $G_{\Pi_1}(t)$ та $G_{\Pi_2}(t)$ і його якість $k_{\Pi_1}(t)$ та $k_{\Pi_2}(t)$; вихідні параметри – кількість домішок, що видаляються повітряним потоком $P'_{\text{оп}}(t)$ та $P''_{\text{оп}}(t)$, втрати повноцінного зерна у відходи $\Pi'_{\text{зп}}(t)$ та $\Pi''_{\text{зп}}(t)$ і питомі витрати енергії $N_{\Pi_1}(t)$ та $N_{\Pi_2}(t)$.

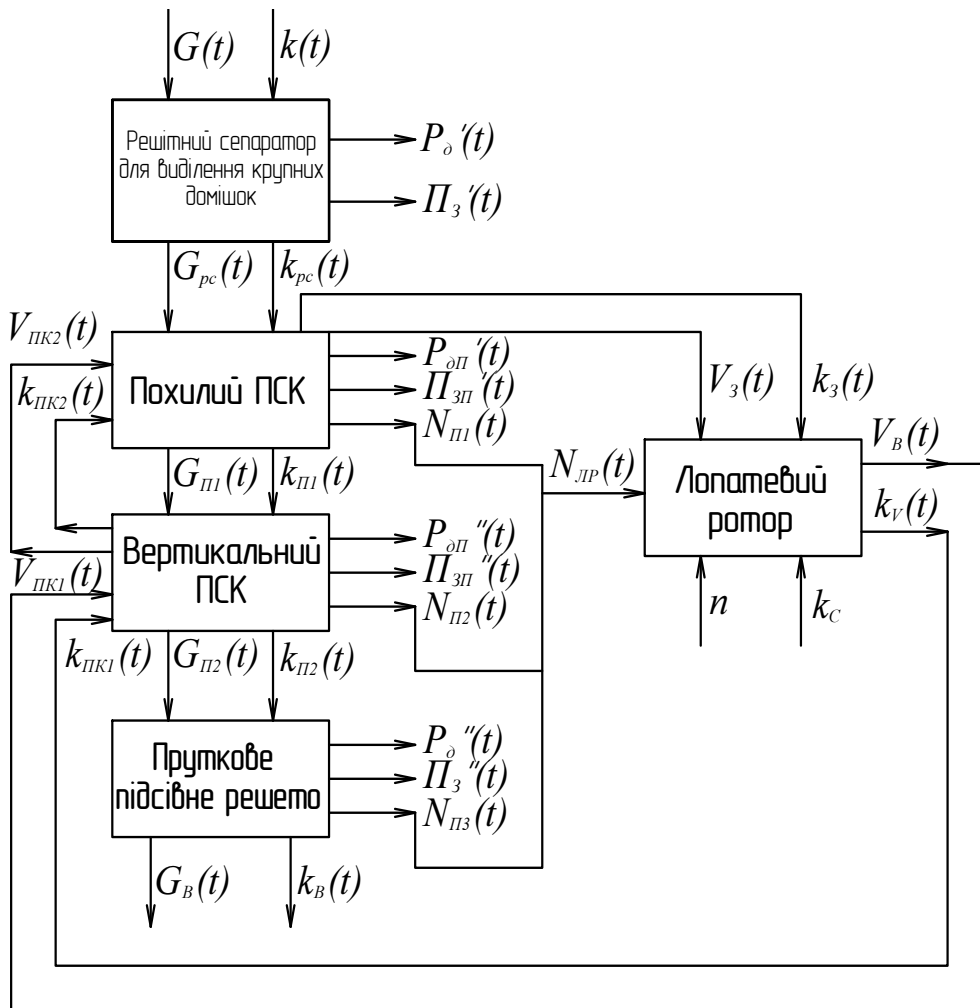


Рисунок 2 – Алгоритм функціонування ЗОМ

Пруткове підсівне решето має аналогічні вхідні та вихідні параметри. Визначальними для роботи ПСК є вихідні параметри повітряного потоку, який створює лопатевий ротор (вентилятор), а саме вихідна продуктивність (швидкість) повітряного потоку $V_B(t)$ і його якісні показники $k_V(t)$ (рівномірність швидкостей в поперечному перерізі ПСК). Враховуючи те, що повітряна система ЗОМ має замкнений характер, то швидкість повітряного потоку в обох каналах $V_{ПК1}$ та $V_{ПК2}$ є величинами взаємопов'язаними. Керованими чинниками системи є частота обертання лопатевого ротора n та опір повітряної системи k_c , який залежить як від площі перерізу каналів, так і від величини питомого навантаження та способу введення матеріалу в ПСК.

Слід відмітити, що загальна кількість домішок, що виділяється машиною:

$$P_{\partial}(t) = P'_{\partial}(t) + P'_{\partial\Pi}(t) + P''_{\partial\Pi}(t) + P''_{\partial}(t) \quad (1)$$

Втрати повноцінного зерна у відходах:

$$P_3(t) = P'_3(t) + P'_{3\Pi}(t) + P''_{3\Pi}(t) + P''_3(t) \quad (2)$$

Питомі витрати енергії, які в сумі становлять питомі витрати лопатевого ротора відповідно:

$$N_{\Pi}(t) = N_{\Pi P}(t) = N_{\Pi 1}(t) + N_{\Pi 2}(t) + N_{\Pi 3}(t) \quad (3)$$

При проведенні аналізу моделі функціонування ЗОМ можна дійти до висновку, що при вхідних параметрах $G(t)$ і $k(t)$, контролюючими вихідними параметрами є $E(t)$, $P_{\partial}(t)$ та $N_{\Pi}(t)$, що в своїй сукупності характеризують якісні показники технологічного процесу машини.

При розділенні зернової суміші в кілька етапів існує ускладнення в оцінці ефективності очищення як всього технологічного процесу в цілому, так і окремих його частин. Нехай зернова суміш, яка потрапляє на обробку складається з повноцінного зерна – A ; крупних і дрібних домішок, виділення яких не можливо повітряним потоком – B та легких домішок C . Після багатократної обробки зернової суміші відбувається поетапне виділення домішок, загальна кількість яких визначається окремо по кожній із операцій технологічного процесу машини і може бути знайдена за формулою (1).

Загальний склад суміші у масовому відношенні можна представити у вигляді рівняння:

$$A + B + C = 1. \quad (4)$$

Масу кожної фракції, що проходить очистку на кожному з етапів можна представити у вигляді виразу:

$$Q_0 \cdot a_0 = a_1 \cdot A + a_2 \cdot B + a_3 \cdot C, \quad (5)$$

$$Q_0 \cdot b_0 = b_1 \cdot A + b_2 \cdot B + b_3 \cdot C, \quad (6)$$

$$Q_0 \cdot c_0 = c_1 \cdot A + c_2 \cdot B + c_3 \cdot C, \quad (7)$$

де Aa , Bb , Cc – долі вмісту кожного з компонентів за масовим показником.

З рівнянь (5...7) запишемо наступний вираз:

$$a_0 + b_0 + c_0 = a_1 + b_1 + c_1 = a_2 + b_2 + c_2 = a_3 + b_3 + c_3 = 1. \quad (8)$$

На основі теорії ймовірності можна записати:

$$\frac{A \cdot a_0}{Q_0 \cdot a_0} = P_{nz}, \quad \frac{B \cdot b_0}{Q_0 \cdot b_0} = P_{kd}, \quad \frac{C \cdot c_0}{Q_0 \cdot c_0} = P_{ld}, \quad (9)$$

де P_{nz} , P_{kd} , P_{ld} – відповідно ймовірності виділення повноцінного зерна, крупних і дрібних домішок та легких домішок.

Ефективність розділення компонентів E можна виразити через ймовірності виділення кожного з компонентів і в ідеальному випадку ймовірності повного розділення дорівнюють:

$$P_{nz} = 1, P_{к0} = 1, P_{л0} = 1, E = 1. \quad (10)$$

В дійсності при процесі очищення ймовірність виділення кожної з фракції менше одиниці, в цьому випадку коефіцієнт, що характеризує процес розділення, змінюється в межах $0 < E < 1$.

Неможливість виділення домішок із фракції повноцінного зерна A визначається із співвідношення:

$$P_{\delta} = \frac{A \cdot b_1 + A \cdot c_1}{Q_0 \cdot b_0 + Q_0 + c_0}, \quad (11)$$

а ймовірність втрати повноцінного зерна визначається як:

$$P_n = \frac{B \cdot a_2 + C \cdot a_3}{Q_0 \cdot a_0}. \quad (12)$$

Тоді ймовірність проміжного випадку знаходиться як різниця ймовірностей повної і неможливої події, тобто

$$E_1 = 1 - (P_{\delta} + P_n) = 1 - \left(\frac{A \cdot b_1 + A \cdot c_1}{Q_0 \cdot b_0 + Q_0 + c_0} + \frac{B \cdot a_2 + C \cdot a_3}{Q_0 \cdot a_0} \right). \quad (13)$$

З рівності (5) знаходимо

$$\frac{A \cdot a_1}{Q_0 \cdot a_0} = 1 - \frac{B \cdot a_2 + C \cdot a_3}{Q_0 \cdot a_0}. \quad (14)$$

Після підстановки (14) в (13) отримаємо загальну ефективність очищення повноцінного зерна:

$$E_1 = \frac{A \cdot a_1}{Q_0 \cdot a_0} - \frac{A \cdot b_1 + A \cdot c_1}{Q_0 \cdot b_0 + Q_0 + c_0} \quad (15)$$

Остання рівність дозволяє визначити якісні показники пневмосепараційного процесу виходячи з виділення компонентів кожної фракції по етапах очищення.

Висновки. 1. Проведено аналіз функціональної схеми ЗОМ, в ході якого проаналізовано вхідні та вихідні параметри моделі функціонування машини побудованої на основі моделі запропонованої В.Е. Саїтовим.

2. Встановлено, що використання замкненого повітряного потоку комбінованої дії (послідовне продування похилим та вертикальним потоком) від одного джерела дозволяє підвищити якість сепарації без суттєвого підвищення енерговитрат.

3. Ефективність очищення повноцінного зерна можна визначили аналітично базуючись на теорії ймовірності та з врахуванням початкового вмісту кожної з фракцій зернової суміші у вихідному матеріалі.

Список літератури

1. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов. – Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
2. Теоретичне дослідження якості пневмосепарації зернових сумішей в похилому повітряному потоці / Лещенко С.М., Васильковський О.М., Сало В.М., [та ін.] // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 21. – Том 1. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – С. 249 – 254.
3. Аналіз сучасного стану повітряної сепарації зерна / М.І. Васильковський, С.Я. Гончарова, С.М. Лещенко, [та ін.] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 36. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – С. 111–114.
4. Васильковський М.І. Дослідження повітряно-інерційної зерноочисної машини з вдосконаленим способом введення зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал / М.І. Васильковський, Г.О.

- Глобенко, С.М. Лещенко // Щоквартальний науково-виробничий журнал Одеської академії харчових технологій. Зернові продукти і комбікорми, №3, 2008. – С. 48–52.
5. Підвищення ефективності попереднього очищення зернових сумішей. / Лещенко С.М., Васильковський О.М., Васильковський М.І., Гончаров В.В. // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 18. – Луцьк: Ред. вид. відділ ЛНТУ, 2009. – С. 230-234.
 6. Обґрунтування алгоритму функціонування інерційно-прямоточних зерноочисних машин / Лещенко С.М., Васильковський О.М., Васильковський М.І., [та ін.] // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип.24. Ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2011 – С. 176-181.

С.Лещенко, В.Сало, А. Васильковский, Д. Богатырьов, В. Отт

Аналитическая оценка качества пневмосепарации на основе алгоритма функционирования зерноочистительных машин

В статье проведена аналитическая оценка качества пневмосепарационного процесса на основе алгоритма функционирования зерноочистительных машин общего назначения. Предложен системный анализ входных и исходных факторов системы, влияющие на количественные и качественные показатели сепарации, которые получены с использованием методики В.Е. Сайтова. После построения алгоритма функционирования зерноочистительной машины проведена оценка качества работы и расходов энергии. Используя теорию вероятностей полученные зависимости по оценке эффекта очистки исходя из уровня выделения компонентов каждой фракций по этапам очистки. Приведенные исследования доказывают, что использование замкнутого воздушного потока комбинированного действия (последовательная продувка наклонным и вертикальным потоком) от одного источника позволяет повысить качество сепарации без существенного повышения энергозатрат

S. Leschenko, V. Salo, A. Vasil'kovskiy, D. Bogatirev, V. Ott

Analytical estimation quality air cleaner on the basis algorithm of functioning grain cleaners

In the article the analytical estimation quality of air cleaner process is conducted on the basis of algorithm functioning of grain cleaners of the general setting. The analysis systems of entrance and initial factors is offered systems. Influencing on quantitative and quality indexes separations that is got with the use of methodology V. Saitov. After the construction algorithm functioning of grain cleaner the estimation of quality work and charges of energy is conducted. Using the theory of chances the got dependences as evaluated by the effect of cleaning coming from the level of selection of components each factions on the stages cleaning. The brought researches over prove that the use of the reserved current air of the combined action(successive blowing out by a sloping and vertical stream) from one source allows to improve quality separation without the substantial increase of expenses energy.

Одержано 06.04.12