

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ ШЛЯХОМ СЕПАРАЦІЇ

Пустовіт С.В.¹, Котков В.І.²

¹Ладижинський коледж

Вінницького національного аграрного університету
вул. Петра Кравченка, 5, 24321, м. Ладижин, Вінницька область
pustovits1976@ukr.net;

²Житомирський національний агроекологічний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
kotkov_mmests@ukr.net

Описано проблему підвищення якості посівного матеріалу, що нині гостро стоїть для дрібнонасінневих культур (трав'яних, овочевих, лікарських, олійних), а також її вирішення, що пов'язане із створенням нових високоєфективних засобів його очищення та сортування. До таких засобів належать вібраційні перфоровані насіннеочисні машини, застосування яких відкриває можливості вдосконалення технологічних процесів очищення та сортування зерна. Наведено основні регульовальні параметри сепараторів із перфорованими робочими поверхнями, якими є подача вихідного матеріалу; амплітуда та частота коливань решітних станів; кут між напрямком коливань і робочою площиною (кут спрямованості коливань) та кут нахилу підвісів до основи рами машини. Робочий процес розділення насінневих сумішей і насіння олійних культур на рухомих решітних поверхнях передбачає послідовне виконання трьох взаємопов'язаних етапів: відносно переміщення вихідної суміші по сепаруючій поверхні, сегрегацію (самосортування) суміші і просіювання компонентів через отвори решета. Викладено процес сепарації сипких матеріалів на решетах шляхом забезпечення оптимального режиму коливань для кожного решета решітного стану. Встановлено рух насіння по решетах зерноочисних машин, що залежить від ознаки розділення. Під час розділення довгастих насінин по товщині, що здійснюється на решетах із прямокутними отворами, матеріал рухається без надмірного підкидання (сепарація матеріалу при цьому є помірною), а частки прохідної фракції, повертаючись навколо своєї поздовжньої осі, просіваються через отвори решіт. Відривання матеріалу в цьому випадку суттєво зменшує продуктивність решіт. Для переміщення округлих часток оптимальним буде більш помірний режим порівняно з плоскими частками. Для просіювання компонентів прохідної фракції через круглі отвори решіт режим коливань повинен бути більш інтенсивним, щоб забезпечити додаткову сепарацію матеріалу. *Ключові слова:* процес сепарації, режим коливань, зерноочисна машина, процес розділення.

Increasing the quality of the sowing material separations. Pustovit S., Kotkov V.

The problem of improving the quality of seed material, which is currently acute for smallseed crops (herbs, vegetables, medicinal, oilseeds), is described, as well as its solution related to the creation of new highly efficient means of its cleaning and sorting. Such tools include vibrating perforated seed cleaning machines, the use of which opens the possibility of improving the technological processes of cleaning and sorting of grain. The basic adjusting parameters of separators with perforated working surfaces, which are the feed of the starting material; amplitude and frequency of oscillations of lattice states; the angle between the direction of oscillation and the working plane (the angle of oscillation) and the angle of the suspensions to the base of the frame of the machine. The working process of separating seed mixtures and oilseeds on movable grate surfaces involves the sequential execution of three interrelated steps: relative movement of the initial mixture along the separating surface, segregation (self-sorting) of the mixture and sifting of the components through the holes of the sieve. The process of separation of bulk materials on the sieves is presented by ensuring the optimal oscillation mode for each sieve of the lattice state. The movement of seeds along the sieves of grain cleaning machines, depending on the sign of separation, is established. When dividing the oblong seeds by the thickness carried out on the sieve with rectangular openings, the material moves without excessive tossing (separation of the material is moderate), and the particles of the passage fraction, rotating around its longitudinal axis, sift through the openings of the sieves. The detachment of the material in this case significantly reduces the performance of the sieves. For moving rounded particles, a more moderate mode than flat particles is optimal. To sift the components of the passage fraction through the circular holes, the sieve mode should be more intense to provide additional material separation. *Key words:* separation process, oscillation mode, grain cleaning machine, separation process.

Постановка проблеми. В системі заходів із забезпечення високих врожаїв велике значення мають очищення, сортування та відбір для сівби найбільш повноцінного насіння. Проблема підвищення якості посівного матеріалу нині особливо гостро стоїть для дрібнонасінневих культур (трав'яних, овочевих, лікарських, олійних та інших).

Вирішення проблеми покращення посівних якостей насіння пов'язане зі створенням нових високоєфективних засобів його очищення та сортування.

До таких засобів варто віднести вібраційні перфоровані насіннеочисні машини, застосування яких відкриває можливості вдосконалення технологічних процесів очищення та сортування зерна.

Актуальність дослідження. Технологічний процес розділення сумішей на похилій робочій площині залежить від великої кількості чинників.

Основними регульовальними параметрами сепараторів із перфорованими робочими поверхнями є подача вихідного матеріалу; амплітуда та частота

коливань решітних станів; кут між напрямком коливань і робочою площиною (кут спрямованості коливань) та кут нахилу підвісів до основи рами машини.

З метою отримання дружних сходів насіння та надалі збільшення врожайності виникає необхідність проведення досліджень з обґрунтування процесу сепарації насінневих матеріалів на решетах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У роботах П.М. Василенка та М.Н. Летошнева [2; 3] закладено основи статистичного методу вибору розмірів отворів поверхонь, що сепарують, і розрахунку технологічних процесів поділу насінневих матеріалів, заснованого на всебічному вивченні фізико-механічних властивостей об'єкта сепарації.

Використання варіаційних рядів (для однієї ознаки), кореляційних таблиць (для двох ознак) і просторових кореляційних решіток (для виявлення кореляційної залежності між трьома ознаками) значною мірою полегшує раціональний підбір решіт і комірчастих поверхонь.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Обов'язковою умовою сепарації за розмірами є рух насінневого шару по решету.

Вирішення цього завдання пов'язане зі значними ускладненнями фізико-механічних процесів, що протікають у шарі під дією вібрації, тому більшість дослідників рух насінневого шару по коливній площині моделює рухом матеріальної точки.

Новизна. Науковою новизною є обґрунтування параметрів процесу їх сепарації на решетах, що підвищить якість посівного матеріалу дрібнонасінневих сумішей і насіння олійних культур.

Результати досліджень. Робочий процес розділення насінневих сумішей і насіння олійних культур на рухомих решітних поверхнях включає послідовне виконання трьох взаємопов'язаних етапів: відносного переміщення вихідної суміші по сепаруючій поверхні, сегрегацію (самосортування) суміші і просіювання компонентів через отвори решета.

Багато в чому ефективність процесу розділення визначається саме характером руху і швидкістю переміщення матеріалу по поверхні решета. Слід зазначити, що швидкість руху матеріалу з однієї сторони визначає продуктивність процесу сепарації, і очевидно, що збільшення швидкості призводить до збільшення продуктивності, але, з іншого боку, збільшення швидкості на певному рівні спричиняє погіршення умов просіювання компонентів через отвори решіт.

Відомо, що для кожного режиму руху сепаруючої решітної поверхні і конкретного зернового матеріалу є гранична швидкість руху матеріалу V_r . Подальше збільшення швидкості виключає можливість просіювання компонентів через отвори решета, тобто процес розділення стає неможливим – відбувається лише транспортування матеріалу по сепаруючій поверхні.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Зменшення швидкості призводить не лише до зменшення продуктивності, а й до зниження якості розділення компонентів, адже збільшення товщини шару матеріалу на решеті знижує сегрегацію компонентів суміші (просипання менших за розмірами компонентів до поверхні решета), а значить і просіювання компонентів через отвори решета.

Оптимальний для розділення кінематичний режим коливань під час роботи решіт визначається показником кінематичного режиму k , який характеризує співвідношення амплітуди та частоти коливань решета і дорівнює:

$$k = \frac{A \cdot \omega^2}{c \cdot g}, \quad (1)$$

де A – амплітуда коливань решітного стану, мм; ω – кутова частота коливань решітного стану, c^{-1} ; g – прискорення вільного падіння, мм/с²; c – коефіцієнт, що враховує коливання рами машини і залежить від ступеня зрівноваженості та прискорення решета.

Цей показник залежить від виду насінневої суміші, кута нахилу решета до горизонту, кута спрямованості коливань (кут між напрямком коливань і робочою площиною решета), завантаження, а також від типу решета, форми і розміру його отворів. При цьому кут спрямованості коливань визначається за формулою:

$$\varepsilon = \alpha - \beta, \quad (2)$$

де α – кут нахилу решета решітного стану до горизонту, град; β – кут між основою рами та напрямком підвіски робочої площини, град.

Слід зазначити, що оптимальний режим коливань для різних сумішей не збігається. Ба більше: для різних складників однієї суміші оптимальний режим має відрізнятися. Для переміщення округлих часток оптимальним буде більш помірний режим порівняно з плоскими частками. Для просіювання компонентів прохідної фракції через круглі отвори решіт режим коливань повинен бути більш інтенсивним, щоб забезпечити додаткову сегрегацію матеріалу.

Відповідно до способів розділення, які реалізовані в існуючих конструкціях зерноочисних машин, вихідний матеріал поступає на сепаруючі решітні поверхні з початковою швидкістю V_n . Регулюючи подачу вихідного матеріалу та режим коливань решітного стану, забезпечують таку швидкість руху насіння по решеті, за якої досягається оптимальне розділення його на дві фракції: прохідну – частинки за розмірами менші за отвори решіт, і сходову – частинки більші за отвори решіт, які після розділення надходять до відповідних приймачів.

Кожен із цих способів створення оптимального режиму підвищує якість розділення і продуктивність процесу сепарації під час розділення лише на одному решеті для різних сипких матеріалів, тому ці дослідження мають загальнонаукове значення.

Виклад основного матеріалу. Головним завданням досліджень є інтенсифікувати процес сепарації сипких матеріалів на решетах шляхом забезпечення оптимального режиму коливань для кожного решета решітного стану. Це дасть змогу підвищити якість розділення сипких матеріалів і збільшити продуктивність багатьох решітних сепараторів загалом.

Запропонований спосіб можна реалізувати за допомогою відомих решітних зерноочисних машин, якщо в конструкціях їх решітних станів передбачити пристрій для зміни кута установки кожного решета окремо щодо напрямку дії збуджуючої сили.

Сутність запропонованої модифікації сепаратора пояснюється кресленням (рис. 1).

Реалізувати запропонований спосіб можна на багаторешітному стані 1 сепаратора, який складається, наприклад, із двох решіт: верхнє решето 2 – із прямокутними отворами та нижнє решето 3 – із круглими отворами. Кути нахилу решіт решітного стану при цьому становлять: α_1 – для верхнього решета та α_2 – для нижнього решета, причому $\alpha_1 \neq \alpha_2$. Кути спрямованості коливань для верхнього та нижнього решіт дорівнюють ε_1 та ε_2 відповідно.

Решітний стан монтується на підвісках 4, кут нахилу яких до вертикальної площини становить β .

Привід решітного стану здійснюється від ексцентрика 5 радіусом r шатуном 6. Кут поворотання ексцентрика щодо лінії мертвих точок дорівнює ωt .

Під час розділення вихідного сипкого матеріалу, на кожен насінину (далі – частку) 7 та 8 суміші, які розміщені на верхньому 2 та нижньому 3 решеті

відповідно, діють сила ваги mg , реакція опорної поверхні N , сила тертя F часток по робочій площині та щодо одна одної, а також сила інерції (збуджуюча сила) P_j , яка визначається як:

$$P_j = mA\omega^2 \sin(\omega t), \quad (3)$$

де m – маса частки, γ ; ωt – кут поворотання ексцентрика щодо лінії мертвих точок, рад.

Для створення різних режимів коливань верхнього та нижнього решіт решітного стану кут нахилу робочої поверхні до горизонту α необхідно встановлювати окремо для кожного решета та для кожного вихідного матеріалу (рис. 1). При цьому проєкції сили інерції на робочу площину та площину, що перпендикулярна до неї, становлять:

$$P_{j,ix} = mA_x \omega^2 \sin(\omega t) \cos \varepsilon_i; \quad (4)$$

$$P_{j,iy} = mA_y \omega^2 \sin(\omega t) \sin \varepsilon_i, \quad (5)$$

де i – показник, що характеризує положення робочої площини над горизонтом: для верхнього решета – $i = 1$; для нижнього решета – $i = 2$.

Відповідно до рівності (2), для верхнього решета будемо мати:

$$P_{j,1x} = MA_x \omega^2 \sin(\omega t) \cos(\alpha_1 - \beta); \quad (6)$$

$$P_{j,1y} = MA_y \omega^2 \sin(\omega t) \sin(\alpha_1 - \beta), \quad (7)$$

а для нижнього решета:

$$P_{j,2x} = MA_x \omega^2 \sin(\omega t) \cos(\alpha_2 - \beta); \quad (8)$$

$$P_{j,2y} = MA_y \omega^2 \sin(\omega t) \sin(\alpha_2 - \beta). \quad (9)$$

Рух насіння по решетах зерноочисних машин залежить від ознаки розділення. Під час розділення довгастих насінин по товщині, що здійснюється на решетах із прямокутними отворами, матеріал рухається без надмірного підкидання (сепарація матеріалу при цьому є помірною), а частки прохідної фракції, повертаючись навколо своєї поздовжньої осі, просіваються через отвори решіт. Відривання матеріалу в цьому випадку суттєво зменшує продуктивність решіт. Для створення такого режиму горизонтальний складник збуджуючої сили $P_{j,1x}$ збільшують, а вертикальну – $P_{j,1y}$, відповідно, зменшують шляхом зменшення кута α_1 нахилу решета до горизонту.

Під час розділення по ширині на решетах із круглими отворами необхідно забезпечити додаткове підкидання матеріалу (тобто збільшити вертикальний складник сили $P_{j,2y}$, який діє на матеріал, що переміщується по решеті, шляхом збільшення кута α_2) для того, щоб частки прохідної фракції розміщувалися своєю поздовжньою віссю

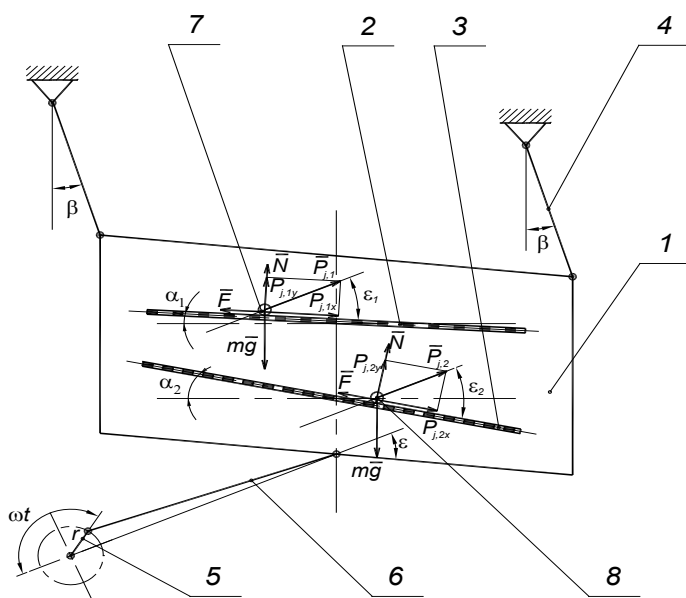


Рис. 1. Схема дії сил на частки, що розміщені на двох решетах багаторешітного стану, який забезпечує реалізацію запропонованого способу:

1 – багаторешітний стан; 2 – решето з прямокутними отворами; 3 – решето з круглими отворами; 4 – підвіска решітного стану; 5 – ексцентрик; 6 – шатун; 7, 8 – часточки

перпендикулярно до робочої поверхні. Це, у свою чергу, покращує їх прохід крізь отвори решіт [1].

Відповідно до зазначеного вище, оптимальний режим буде відповідати умові:

$$\alpha_1 < \alpha_2. \quad (10)$$

У цьому випадку на верхньому решітчастому стану сепарація матеріалу буде відносно малою і надмірного відриву часток від робочої поверхні не спостерігатиметься, а швидкість транспортування – дещо підвищеною; на нижньому ж решітчастому стані – навпаки: швидкість транспортування – помірною, а підкидання і сегрегація – збільшеними.

Отже, регулюючи лише величину кута нахилу окремого решета, маємо можливість створити оптимальний режим коливань кожного решета в решітчастому стані для розділення кожної насінневої суміші на фракції, що інтенсифікує процес сепарації сумішей сипких матеріалів на решітчастих станах зерноочисних машин.

Головні висновки. Під час розділення довгастих насінин по товщині, що здійснюється на решетах із прямокутними отворами, матеріал рухається без надмірного підкидання (сепарація матеріалу при цьому є помірною), а частки прохідної фракції, повертаючись навколо своєї поздовжньої осі, просіваються через отвори решіт.

Для переміщення округлих часток оптимальним буде більш помірний режим порівняно з плоскими частками. Для просівання компонентів прохідної фракції через круглі отвори решітчастого стану повинен бути більш інтенсивним, щоб забезпечити додаткову сепарацію матеріалу.

Перспективи використання результатів дослідження. Запропонований процес сепарації сипких матеріалів на решетах шляхом забезпечення оптимального режиму коливань для кожного решета решітчастого стану дасть змогу підвищити якість розділення сипких матеріалів і збільшить продуктивність багаторешітчастих сепараторів загалом.

Література

1. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов; под общ. ред. Г.Е. Листопада. Москва : Агропромиздат, 1986. 688 с.
2. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / под ред. М.И. Медведева. Киев : Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1978. 284 с.
3. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. Москва : Сельхозгиздат, 1985. 214 с.