

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

**МАНЧИНСЬКИЙ
ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ**

**СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ
РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЕВИХ СУМІШЕЙ
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ
ВІБРАЦІЙНОЇ НАСІННЕОЧИСНОЇ МАШИНИ
У ВИГЛЯДІ НЕПЕРФОРОВАНОЇ ПЛОЩИНИ**

Спеціальність 05.20.04 - сільськогосподарські та меліоративні
машини

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора технічних наук

Тернопіль 1996

ДВ 35, 955

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Харківському державному технічному
університеті сільського господарства

Науковий консультант - академік УААН, доктор технічних наук,
професор Заїка Петро Митрофанович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Гевко Богдан Матвійович

доктор сільськогосподарських наук, професор

Глуховський Владислав Станіславович

доктор технічних наук

Котов Борис Іванович

Провідна організація - Український науково-дослідний
інститут сільськогосподарського машинобудування, Міністерство
машинобудування, військово-промислового комплексу та конверсії,
м. Харків

Захист відбудеться 26 листопада 1996 р.

о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 12.02.01 Тернопільського приладобудівного інституту;
282001, м. Тернопіль, вул. Руська 56.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Тернопіль-
ського приладобудівного інституту

Відгуки на автореферат у двох примірниках, завірені гербовою
печаткою, просимо надсилати вченому секретареві спеціалізова-
ної вченої ради за вищезазначеною адресою.

Автореферат розісланий 21 жовтня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради

В.Я. Мартиненко

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00753775 (Y)

AB-30.955

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Важливим етапом післязбиральної обробки насіння є його очищення та сортування для одержання високоякісного матеріалу для сівби. Практика свідчить, що за допомогою існуючих засобів не завжди можливо домогтися задовільних показників для зазначених процесів.

Одним з ефективних засобів сепарації є вібраційна насіннеочисна машина (ВНМ), рис. 1. Робочою поверхнею цієї машини є площина без отворів. Суміш, що розділяється, подається на робочу площину локально через живильник 8. Розділення відбувається за рахунок різниці у траєкторіях компонентів суміші, які виходять у приймальники 3, що розміщені по периферії робочої площини. Для збільшення продуктивності на частині, що коливається, встановлюються пакети паралельно розташованих робочих площин. Коливання надаються за допомогою дебалансного віброзбудника 5.

Вібраційна машина, що ґрунтується на зазначеному принципі, має дуже велику здатність до розділення компонентів суміші. Це дає можливість проводити доопрацювання сумішей, які неможливо очистити на повітрянорешетнотрієрних машинах. Можливо не тільки очищувати насіння від домішок, але й, що є досить суттєвим, здійснювати ретельне сортування насіння, тому що приймальників багато і у кожний з них потрапляє насіння, що має агротехнічні ознаки, які суттєво відрізняються.

Але, при зіставимих розмірах, продуктивність ВНМ нижче продуктивності повітрянорешетних машин, тому що подача повинна бути порівняно невеликою, щоб створити умови для руху насіння як ізольованих часток. Сукупність зазначених переваг та недоліків визначає сферу застосування ВНМ. Це по-перше насінництво та

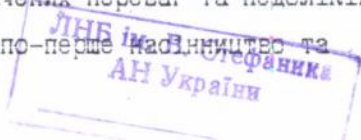


Схема вібраційної насіннеочисної машини:

- 1-робоча поверхня;2-основа робочої поверхні;3-приймальники;
4-пружини;5-вібробудник;6-нерухома рама;7-рухома рама;
8-живильник;9-бункер для вихідної суміші

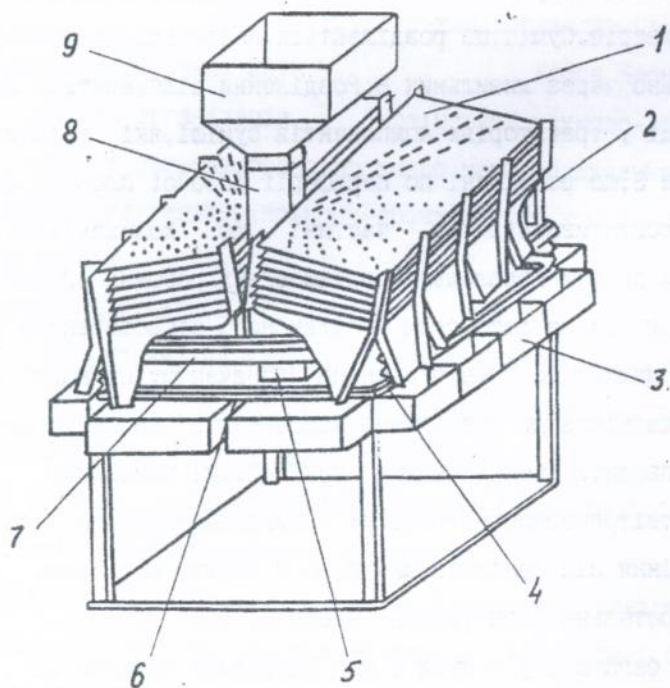


Рис. 1

селекція, де потрібна висока якість розділення і вимога високої продуктивності поступається за важливістю вимозі отримання високої якості розділення. Машини доцільно використовувати також у тих випадках, коли потрібний обсяг виробництва насіння є невеликим. Це стосується низки дрібнонасінневих культур - таких як тютюн, лікарські, квіткові рослини та ін. Ще однією сферою ефективного використання ВМ є вилучення насіння, так званих, карантинних засмічувачів, коли ставиться вимога повної їх відсутності. У поточний час такі суміші доводиться розбирати вручну. У таких випадках застосування навіть порівняно малопродуктивної машини багаторазово збільшує продуктивність праці.

Мета роботи. Розробка теоретичних основ керування технологічним процесом розділення насінневих сумішей на площині без отворів, що коливається й, на цій підставі, обґрунтування оптимальних параметрів машини.

Наукова новизна. Розроблена математична модель руху насіння, у вигляді твердого просторового тіла на робочій площині, що коливається. Визначені області оптимальних параметрів, особливості фізики руху та узагальнені характеристики руху насіння, що моделюється матеріальною точкою, плоским та просторовим тілом. Теоретично та експериментально досліджений вплив факторів, що визначають перебіг технологічного процесу. Розроблені методики та процедури експериментального обґрунтування оптимальних параметрів машини.

Методи досліджень. При теоретичних дослідженнях здійснювалася статистичне моделювання процесу руху, яке ґрунтується на використанні методу статистичних випробувань; для ідентифікації

процесу, при пошуку коефіцієнтів моделі, використовувався метод найменших квадратів. При експериментальних дослідженнях використовувалися методи планування експериментів з застосуванням регресійних моделей.

Практичне значення. Визначені області параметрів, у яких має місце ефективне здійснення процесу розділення в залежності від найбільш суттєвих факторів технологічного процесу. Розроблені методологічні основи, процедури та номограми експериментального визначення оптимальних параметрів ВМ при очищенні та сортуванні насіння.

На захист виносяться:—математична модель руху насіння у вигляді просторового твердого тіла на робочій площині, що коливається;—результати теоретичного дослідження руху насіння на робочій поверхні ВМ, що моделюється матеріальною точкою, плоским тілом у вигляді еліпса та просторовим тілом у вигляді еліпсоїда;—методи та процедури експериментального обґрунтування оптимальних параметрів ВМ при очищенні та сортуванні насіння.

Апробація. Основні матеріали роботи доповідалися на загальносоюзних конференціях у Москві (1985 р.), Харкові (1990р), на міжнародних конференціях у УНДІМ та УкрЦВТ "Сільгоспмашсистема" (1995р.), а також на щорічних наукових конференціях у ХДТУСГ (ХІМЕСГ), починаючи з 1980 р.

З теми дисертації надруковано 23 статті, отримано 6 авторських свідоцтв на винаходи.

Реалізація результатів роботи. Здійснена при обґрунтуванні

оптимальних параметрів вібраційних насінноочисних машин при очистці та сортуванні насіння конюпелі, капусти, цибулі, моркви, тютюну, кропу, редису, редьки, крес-салату, ріпаку.

Особистий внесок автора у проведенні дослідження. У матеріалах теоретичних досліджень полягає у постановці задач, складанні розрахункових залежностей, алгоритмів та програм обчислень, їх проведенні та аналізі результатів; у матеріалах експериментальних досліджень - у постановці задач, розробці основних положень методик досліджень, обробці та аналізі результатів.

Обсяг та структура роботи. Дисертація складається з загальної характеристики роботи, 3-х розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел (240 назв, 12-на іноземних мовах) та додатку. Основний зміст викладений на 418 стор.; включає 27 таблиць та 84 рисунки. У додатку обсягом 144 стор. містяться: програма BELL-обчислення характеристик руху еліпсоїда на робочій площині, що розміщена довільно відносно напрямку прямолінійних або еліптичних коливань; комплекс програм для математичного забезпечення експериментальних досліджень: PIRSI, KR, PIRS, REGP, FREGP, PEP; акти впровадження науково-дослідних робіт, виконаних за участю автора.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основні принципи розділення сумішей на вібруючій площині були запропоновані І.І.Блехманом та Г.Ю.Джанелідзе. Широке використання цього способу для сепарації сумішей сільськогосподарських культур здійснювалося у Харківському інституті механізації та електрифікації сільського господарства (зараз Харківський державний технічний університет сільського

господарства-ХДТУСГ) під керівництвом П.М. Заїки.

На вібруючій поверхні можливо вирішувати задачі очищення та сортування насінневих сумішей.

При очищенні необхідно розділити суміш на дві фракції -придатну та непридатну. Придатною (кондиційною) вважають суміш, що містить не більше заданої процентної кількості домішки - $\eta_{зд}$. Критерієм якості очищення є процентний вміст придатної фракції. Він є знаменником наступного рівняння

$$\eta_{зд} = \frac{\xi \int_0^{y_{пр}} f_p(y) dy}{(1-\xi) \int_0^{y_{пр}} f_q(y) dy} = \frac{\xi F_p(y_{пр})}{(1-\xi) F_q(y_{пр})}, \quad (1.1)$$

де $f_p(y), f_q(y), F_p(y), F_q(y)$ - диференційні та інтегральні функції розподілу координат точок'сходження з робочої поверхні часток домішки та насіння основної культури;

$y_{пр}$ - координата встановлення поділяючої перегородки;

ξ - засміченість вихідної суміші.

При сортуванні треба розділити суміш, що складається з насіння одного виду. Вибір критерію якості сортування не є таким очевидним, як вибір критерію якості очищення. Справа у тому що прямими критеріями якості сортування є характеристики, які пов'язані з агротехнічними показниками насіння - схожість, енергія проростання та т.і. Визначення цих характеристик дуже трудомістке, тому бажано знайти посередні критерії, які є

визначалися досить просто. Бажано встановити зв'язок між такими критеріями та агротехнічними показниками насіння.

До числа керованих параметрів ВММ можна віднести такі: γ_E - амплітуда коливань робочої площини; ω_E - їх частота; ϵ - кут між напрямком збуджуючої сили і робочою площиною (кут спрямованості коливань); α - кут між горизонтом і лінією перерізу робочої площини вертикальною площиною, у якій розміщується збуджуюча сила (повздожній кут); β - кут між горизонтом і лінією перерізу робочої площини вертикальною площиною, перпендикулярною до тієї, у якій знаходиться збуджуюча сила (поперечний кут); Q - подача суміші; L, B - довжина і ширина робочої площини; Y_{M3} - координата місця завантаження робочої площини; Y_{PP} - координата встановлення поділяючої перегородки; матеріал поверхні робочої площини.

До некерованих параметрів (характеристик умов перебігу технологічного процесу) відносяться: ξ - засміченість вихідної суміші; розміри та форма часток її компонентів; природні особливості, що визначають характеристики матеріалу часток компонентів; початкові умови руху (координати, швидкості та фазовий кут початку руху тіла).

Для того, щоб розробити способи керування технологічним процесом необхідно мати уяву про фізичні явища, що мають місце при його перебігу, а також про закономірності впливу усіх факторів процесу. Це дасть можливість сформувати ту якісну основу, яка дозволить визначити доцільний набір керованих факторів машини та локалізувати область пошуку оптимальних параметрів. Ці роботи доцільно виконувати поєднуючи теоретичні

та експериментальні дослідження, застосовуючи їх в залежності від ступіня їх ефективності при вирішенні тих або інших задач.

З'ясування фізики процесу у нашому випадку доцільно виконати теоретично через те, що експериментально це здійснити практично неможливо. Дослідження по визначенню закономірностей впливу деяких параметрів також доцільно виконати теоретично, тому що при їх проведенні важко, а інколи й практично неможливо, здійснити потрібну зміну рівня кожного фактору окремо. У нашому випадку це стосується всіх некерованих факторів, за винятком засміченості, вплив якої можливо з'ясувати тільки експериментально.

Теоретичний опис процесу складається з трьох задач: визначення характеристик масиву відсипки суміші при подаванні з живильника; опис взаємодії часток з робочою поверхнею та при зіткненні часток. Найбільш важливою, й по сутності такою, що визначає перебіг технологічного процесу, є задача взаємодії часток з робочою площиною, тобто задача руху тіла як ізольованої частки на площині. Найбільшого наближення до опису реального процесу можливо досягти при вирішенні задачі руху твердого тіла як просторової фігури на нахиленій робочій площині довільно орієнтованій відносно напрямку коливань.

Розгляд теоретичних питань руху твердих тіл у прикладанні до задач розподілу сумішей на ВММ здійснювався у Харківському інституті механізації та електрифікації сільського господарства під керівництвом П.М.Заїки. Дослідження щодо цієї тематики виконувалися В.Я.Ільним, В.О.Сметанкіним, Г.Е.Мазневим, О.І.Зав-

городнім, В.В.Бакумом, О.В.Богомоловим, В.О.Гудимом, Л.Г.Жмаєм, А.А., Шептуром, П.М.Юдицьким, С.Д.Бакеєвим, І.В.Чалим, О.В.Козаченком, А.П.Горшковим, Е.Е.Антоновим, Ю.І.Красовицьким, І.Д.Харуком, А.Д.Михайловим, Аль Афїф Рафатом. Більшість виконаних робіт торкалася досліджень моделей матеріальної точки та плоскої фігури. Розглянута також низка окремих задач руху тіла як просторової фігури. Але найбільший інтерес становить вирішення комплексної задачі руху просторової фігури з математичним описом усіх найбільш суттєвих явищ, що мають місце при русі.

Теоретичне дослідження має сенс проводити у області, що відповідає найбільш ефективному режимові розділення суміші, яку, у нашому випадку доцільно визначити експериментально. Теоретичні дослідження слід провести для найбільш загальної ситуації розділення двох компонентів суміші, коли середній напрямок одного компонента розміщується у верхній половині робочої площини, а другого - у нижній (граничною вважається лінія, що є перпендикулярною по вздовжньому обрізові робочої площини та проходить через точку завантаження суміші на робочу площину). З метою досягнення відповідності характеристик теоретичного дослідження експериментальним даним, коефіцієнти моделі повинні бути призначені відповідним чином. Як ідентифікуючі характеристики доцільно прийняти середню швидкість переміщення (транспортування) частки та середній напрямок її траєкторії. Використання статистичних характеристик викликано тим, що, як з'ясовано при теоретичних та експериментальних дослідженнях, процес переміщення часток на робочій поверхні ВММ має суттєво статистичну природу.

Вирішення задачі руху твердого тіла як просторової фігури

сягає до імен Л.Ейлера, Ж.Лагранжа і у пізніші часи до імен таких видатних вчених як С.В.Ковалевська, С.А.Чаплигін, П.В.Воронець. Література, що присвячена вирішенню цієї задачі, достатньо широка; методи вирішення задачі висвітлені у численних підручниках, монографіях та статтях. Серед них слід відзначити монографії О.Б.Лур'є, В.Д.Мак-Мілана, А.П.Маркеева, Ю.І.Неймарка, та М.І.Фуфасва, Р.Халдмана. Для вирішення задачі у випадку голономних в'язів найчастіше використовують теореми зміни кількості руху; у випадку неголономних в'язів - застосовують різноманітні методи аналітичної механіки. Розмаїття методів пов'язане з прагненням отримати аналітичні рішення конкретних задач у найпростішому вигляді.

Залежності для вирішення задачі при наявності неголономних в'язів є складними. Це має місце навіть для порівняно простих фігур (куля, еліпсоїд). При вирішенні задачі про рух тіла з відмінною формою, рівняння руху слід складати знову. Позбутися цих недоліків можна замінивши безперервну поверхню тіла набором дискретних точок, розміщених з певним кроком. При цьому рівняння руху спрощуються й залишаються незмінними при будь якій формі поверхні. При зміні форми поверхні необхідно здійснити тільки новий геометричний опис поверхні тіла.

У процесі руху на вібруючій робочій площині тіло здійснює відриви від її поверхні, польоти та удари з площиною. Найбільш складним тут є опис процесу удару. Фундаментальні результати вирішення задачі удару для опису руху твердих тіл одержані у роботах В.Гольдсмита, А.Е. та А.А.Кобринських, Т.Леві-Чівіта та

У.Амальді, Р.Ф.Нагаєва, Я.Г.Пановка, В.Ю.Плявнієкса.Останнім вирішена задача просторового удару тіла з робочою площиною, але спосіб, який був при цьому застосований призводить до складного алгоритму обчислень.Щодо цього слід зазначити, що проблема спрощення алгоритму є достатньо серйозною, тому що задача об'ємна і, навіть при застосуванні сучасних ЕОМ, час обчислень досить великий.

На підставі вищезазначеного сформульовані такі задачі теоретичних досліджень.

1.Розробити модель руху тіла, поверхня якого являє собою сукупність точок, розмічених з певним кроком.Робоча площина при цьому коливається у напрямку лінії, що не збігається з площиною розміщення лінії найбільшого схилу.Виконати модифікацію моделі для випадків руху матеріальної точки та плоского тіла, яке рухається у площині дії збуджуючої сили.

2.Розробити модель просторового руху тіла при ударах з робочою площиною та польотах.Модифікувати її для випадків руху матеріальної точки та плоского тіла.

3.Розробити алгоритм та програму вирішення на ЕОМ просторового руху тіла при наявності етапів безвідривного руху, польотів та ударів з робочою площиною.

4.Визначити коефіцієнти моделі виходячи з принципу відповідності розрахункових та експериментально визначених характеристик процесу.

5.Здійснити обчислення з метою вивчення фізики руху тіла на робочій площині, впливу факторів для моделей матеріальної точки, плоского та просторового тіла, визначити область

оптимальних параметрів машини.

При проведенні експериментальних досліджень доцільно вирішувати низку задач. Найбільш важливою з них є пошук уточнених значень оптимальних параметрів ВМ. При цьому необхідне проведення комплексу робіт у певній послідовності. Для кожної з них необхідне визначення найбільш ефективних процедур їх проведення, тобто методологічних основ експериментального визначення оптимальних параметрів. Другою задачею експериментальних досліджень є вивчення впливу керованих факторів на критерії ефективності технологічного процесу з метою визначення доцільного набору керованих факторів та найбільш економної процедури пошуку їх оптимальних значень.

Початковим етапом робіт є визначення діапазону значень параметрів ВМ, при яких забезпечуються прийнятні показники надійності машини та можливість відтворення характеристик технологічного процесу.

Далі проводяться роботи, які є попереднім етапом перед здійсненням математичного планування експериментів. Тут необхідно вибрати доцільну процедуру оцінки ступіня значущості факторів; діапазону їх зміни; кількості суміші, яка потрібна при проведенні експериментів; виду математичної залежності, для опису технологічного процесу та спосіб планування експериментів.

При плануванні експериментів кількість факторів не повинна перевищувати п'яти, інакше потрібна кількість експериментів виходить занадто великою. У нашому випадку можливо розділити

сукупність факторів на дві групи, для яких визначення параметрів здійснюється окремо.

Найбільш важливими є параметри $\gamma_B, \omega_B, \varepsilon, \alpha, \beta$ та подача Q суміші; тобто кількість факторів дорівнює шести. У зв'язку з цим один з факторів необхідно виключити, або мати методику, що враховує дію виключеного фактора. Останнє можливе щодо подачі, тому що вона посередньо враховується швидкістю транспортування насіння. У зв'язку з цим була накреслена задача перевірки ефективності двох процедур пошуку оптимальних параметрів ВММ, що різним чином враховують дію виключених факторів.

Розміри робочої площини L, B, l і співвідношення, a' також координата $y_{мз}$ місця завантаження, не пов'язані з параметрами машини, тому їх можна визначити окремо, попередньо визначивши набір оптимальних параметрів машини. При цьому необхідно визначити зв'язок між припустимим значенням подачі, розмірами та формою зони завантаження, при яких ще можливий ефективний перебіг технологічного процесу.

Окремо від перелічених двох задач можливо вирішувати задачу про визначення характеристик зв'язку між процентним виходом придатної суміші, її подачею Q , вихідною засміченістю ξ , координатами перегородки $y_{пр}$ та заданим значенням процентної кількості засмічувача у очищеній суміші. Результати вирішення цієї задачі доцільно передати у вигляді номограми налагодження машини.

У процесі проведення експериментальних досліджень особливу увагу слід приділити основним керованим параметрам

машини- $\tau_B, \omega_B, \varepsilon, \alpha, \beta$. Кількість цих параметрів, як бачимо, є достатньо великою - п'ять. У зв'язку з цим доцільно поставити задачу про дослідження можливості їх скорочення, а також задачу пошуку оптимальної процедури встановлення цих параметрів на ВМ.

З врахуванням зазначеного сформульовані такі задачі експериментальних досліджень.

1. Визначення оптимальних параметрів очищення. Порівняння двох процедур з метою визначення кращої; у першій з них подача включена до числа факторів і виключений найменш впливовий параметр машини, у другій - подача виключена з числа факторів і враховується оцінкою швидкості транспортування насіння. Визначення зв'язку між координатами поділяючої перегородки, подачею, засміченістю вихідної суміші, значенням процентного виходу очищеного насіння.

2. Визначення оптимальних параметрів сортування. Визначення можливості використання посереднього критерію для оцінки якості сортування; визначення кращого з критеріїв. Визначення зв'язку між посереднім критерієм та агротехнічним показником насіння - його схожістю.

3. Провести дослідження розмірів робочої площини, співвідношення її сторін, координати точки подачі та параметрів, що визначають розміри та форму зони завантаження.

4. Оцінка ступіня впливу параметрів машини на технологічний процес. Визначення можливості зменшення кількості параметрів та доцільної процедури налагодження машини.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Рівняння руху тіла, поверхня якого передана сукупністю точок, можливо одержати з використанням теорем про зміну кількості руху та кінетичного моменту. Вони мають такий вигляд:

$$m \bar{\omega} \times \bar{R}_c + m \bar{\omega} (\bar{\omega} \cdot \bar{R}_c) - m \omega^2 \bar{R}_c + m \ddot{\bar{r}}_{кз} + m \ddot{\bar{r}}_{вс} = \bar{F}, \quad (2.1)$$

$$\dot{\bar{H}} + \bar{\omega} \times \dot{\bar{H}} + \bar{R}_c \times m (\dot{\bar{r}}_{вс} + \dot{\bar{r}}_{кз}) + m R_c^2 \dot{\bar{\omega}} - \quad (2.2)$$

$$- m \bar{R}_c (\bar{R}_c \cdot \bar{\omega}) + \bar{R}_c \times m \bar{\omega} (\bar{\omega} \cdot \bar{R}_c) = \sum_{i=1}^n \bar{\rho}_i \times \bar{F}_i,$$

m - маса тіла;

$\ddot{\bar{r}}_{вс}$ - прискорення вібраційного руху робочої площини;

$\ddot{\bar{r}}_{кз}$ - прискорення ковзання тіла відносно робочої площини;

$\bar{\omega}$, $\dot{\bar{\omega}}$ - кутові швидкість та прискорення тіла;

\bar{R}_c - радіус-вектор центру маси відносно точки контакту;

\bar{F} - вислідна зовнішніх сил та реакції, що діють на тіло;

$\bar{\rho}$ - радіус-вектор n точок прикладання зовнішніх сил \bar{F}_i відносно точки контакту;

\bar{H} , $\dot{\bar{H}}$ - кінетичний момент та його похідна відносно головних центральних вісей інерції тіла.

До зовнішніх сил належать сила ваги, а також сила тертя, що прикладена у точці контакту. У число моментів, які є правою частиною рівняння (2.2) включений також момент опору котінню тіла. Врахування опору котінню у нашому випадку необхідне тому, що розміри насіння малі. При цьому має місце явище, яке можна назвати зануренням тіла всередину робочої площини. При цьому точка

прикладання реакції N знаходиться вище найнижчої точки тіла і зсунута відносно неї на величину плеча l_k , яке є коефіцієнтом опору котінню. Явище занурення має місце як при контакті насіння з порівняно м'якими матеріалами (наприклад тканинами), коли поверхня матеріалу деформується, так й при використанні робочої поверхні, виготовленої з абразивної тканини, коли поверхня насіння контактує з твердими частками абразиву. Фізично доцільним є визначення l_k , що ґрунтується на величині h занурення, тому що у цьому випадку автоматично враховується форма тіла. Значення l_k визначалося у перерізі тіла площиною, що проходить паралельно робочій площині на висоті h від найнижчої точки поверхні тіла. При цьому тіло приймалося у вигляді еліпсоїда, тому що він є формою найтипівішою для насіння. Вектор-момент опору котінню приймався скерованим у бік зворотній напрямку вектора кутової швидкості. Плече l_k прикладання реакції приймалося відповідним відстані (у площині перерізу) від координати нижньої точки тіла до точки торкання еліпса перерізу з прямою, що має напрям вектора кутової швидкості.

Тіло при русі з наявністю ковзання у точці контакту має п'ять ступенів свободи, які відповідають таким узагальненим координатам: θ, ϕ, ψ - кути Ейлера (нутації, прецесії та власного обертання); $x_{кз}, y_{кз}$ - проєкції координат ковзання у точці контакту. Для визначення залежностей узагальнених координат від часу використовувалась система п'яти диференціальних рівнянь другого порядку. Перші два рівняння це проєкції рівняння (2.1) на вісі x та y , що розташовані у робочій площині та пов'язані з нею. Проєкція на нормаль z до робочої площини використовувалась

для визначення реакції. Ще три рівняння - це проекції рівняння (2.2) на вісі xuz з початком у точці контакту. При повороті без ковзання тіло має три ступіня свободи; кількість диференціальних рівнянь - три. Вони отримуються з рівняння (2.2) при $\dot{r}_{Kz}^* = 0$. Поворот тіла без ковзання має місце при

$$F_{зсв} < N f_{сп}, \quad (2.3)$$

де $F_{зсв}$ - зсуваюча сила, що є геометричною сумою проєкцій сил на робочу площину, які входять у рівняння (2.1) при відсутності ковзання;

$f_{сп}$ - коефіцієнт тертя спокою.

Поверхня тіла, що рухається на робочій площині, передана у вигляді набору точок, що розміщуються у місцях перехрещення меридіанів та паралелей поверхні, які розмішені з заданим кроком. Для цього поверхня повинна бути задана або відповідним рівнянням або, у випадку поверхні довільної форми, матрицею значень радіусів точок перехрещення поверхні прямими лініями (з початком у центрі системи координат $x'y'z'$, що пов'язана з тілом), які проведені з заданим кутовим кроком дискретизації. Перша та остання паралелі вироджуються у полюси. Тіло при русі переходить з однієї точки контакту на другу.

При русі тіла мають місце перевероти фігури, при яких кут ну-тації переходить значення $\theta = 0$ та $\theta = \pi$. При цьому відбувається різке збільшення швидкостей зміни кутів прецесії ϕ та власного обертання ϕ . Це суттєво збільшує час обчислень, тому що при вирішенні диференціальних рівнянь крок обчислень стає досить малим. Обчислення показують, що проміжок часу, на протязі якого має

місце різке збільшення зазначених кутових швидкостей, є малим. Тому з метою скорочення часу обчислень визначення характеристик обертання здійснене за допомогою співвідношень теорії кінцевих поворотів.

При визначенні характеристик удару використовуються теореми про зміну кількості руху та кінетичного моменту. Рівняння, що відповідають зазначеним теоремам мають такий вигляд:

$$m (\bar{u}_c - \bar{u}_{c_0}) = \bar{T}, \quad (2.4)$$

$$\bar{L} - \bar{L}_0 = \bar{R} \times \bar{T}. \quad (2.5)$$

де \bar{u}_c, \bar{u}_{c_0} - швидкості центру мас після та до удару
(мають індекс нуль);

\bar{T} - ударний імпульс;

\bar{L}, \bar{L}_0 - кінетичні моменти відносно центру мас;

\bar{R} - радіус-вектор з початком у центрі мас та кінцем у точці контакту.

Спрощення системи рівнянь можливе після приведення маси у точку контакту. При цьому систему можливо перетворити до такого вигляду:

$$m (\bar{u}_k - \bar{u}_{k_0}) = \bar{H} \bar{T}, \quad (2.6)$$

де \bar{u}_k, \bar{u}_{k_0} - швидкості точки контакту;

\bar{H} - тензор приведення, компоненти якого залежать від радіусів інерції відносно головних центральних вісей та напрямних косинусів цих вісей відносно вісей системи координат, що пов'язана з робочою площиною.

У зв'язку з малими розмірами насіння задача удару вирішена з врахуванням можливості занурення тіла, про яке згадувалося

раніше при визначенні опору котінню. При вирішенні задачі удару врахування цього явища фізично еквівалентне удару тіла з площиною, яка нахилена до робочої та є дотичною до еліпсоїда поверхні тіла у точці, яка розміщується відносно найнижчої точки тіла на висоті, що відповідає зануренню Δh . При цьому характеристики тіла знаходилися за допомогою кінцевих поворотів систем координат, які відповідають розміщенню точки контакту на висоті Δh .

Рівняння руху тіла у польоті можливо одержати передавши його як рух полюсу, який розміщується у центрі мас та обертання навколо полюсу. Ці рівняння такі:

$$\bar{N}' + \bar{\omega} \times \bar{N}' = 0, \quad (2.7)$$

$$m \ddot{\bar{r}}_{\Pi} + m \ddot{\bar{r}}_{\text{вс}} = \bar{G}, \quad (2.8)$$

де $\ddot{\bar{r}}_{\Pi}$ - прискорення центру мас тіла відносно початку системи координат, центр якої знаходиться у точці відриву від робочої площини;

\bar{G} - сила ваги тіла.

Рівняння (2.7) здійснює опис руху для випадку Ейлера-Пуансо. Обчислення показують, що модуль кутової швидкості та напрям вісі обертання тіла у польоті, через малий його час, практично не змінюються. Тому можливо характеристики обертання тіла у кінці польоту визначати не за допомогою рівняння (2.7), а за допомогою кінцевого повороту тіла, яке обертається з кутовою швидкістю, величина та напрям вектора якої відповідають тим, що мали місце на початку польоту. Це дозволяє суттєво скоротити час обчислень. Подальше скорочення часу обчислень реалізоване за рахунок відмови від покрокової процедури при вирішенні рівнян-

ня (2.8) за межами висоти ,що перевищує максимальний розмір тіла.

При вирішенні задачі існує досить багато логічних умов,які пов'язані з наявністю вібраційного руху робочої площини,обертанням тіла,можливостям ковзання та відриву тіла від площини. Усі ці особливості були враховані при розробці алгоритму обчислень.

Оскільки процес руху має суттєво статистичну природу,зумовлену випадковістю початкових умов руху та характеристиками кожної насіннини,результатами обчислень також повинні бути статистичні характеристики.Як такі використовувалися середні значення та середні квадратичні відхилення для кожної реалізації,які відрізняються початковими умовами руху.Обчислювалися також осереднені характеристики для заданого масиву реалізацій. Визначалися характеристики ,які стосуються до складових частин процесу руху:безвідривного руху,удару,польоту,співвідношенню окремих частин та узагальненим характеристикам,тобто результатам ,що стосуються моменту сходження тіла з робочої площини.

Дослідження проведені для моделей матеріальної точки,плоского та просторового тіла.Іх основні результати викладені у п.п. 2-11 загальних висновків по роботі.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виявлено,що призначення факторів та рівней їх зміни,перед проведенням експериментальних досліджень з кількісною оцінкою критеріїв,доцільно виконати на якісному рівні з візуальним оцінюванням ефективності процесу розділення компонентів суміші.

Як математичну модель для кількісного оцінювання критеріїв

можливо прийняти регресійну модель другого порядку, що містить парні взаємодії факторів. При високих значеннях критеріїв модель можливо використовувати тільки для порівняльного кількісного аналізу, тому значення критеріїв, які знайдені при пошуку оптимальних параметрів на підставі математичного аналізу рівнянь регресії, повинні обов'язково перевірятися при контрольних експериментах.

Максимально можлива якість очищення досягається при мінімальному значенні подачі. При збільшенні подачі процентний вихід очищеного насіння спочатку знижується несуттєво; починаючи з певного її значення, має місце різке зниження процентного виходу.

Для збільшення продуктивності машини швидкість транспортування насіння основної культури, яке складає переважаючу масу суміші, необхідно збільшувати. Але при цьому процентний вихід очищеного насіння зменшується. Для виходу з цієї суперечності, при визначенні оптимальних параметрів, треба застосовувати компромісний підхід до задовільнення високого процентного виходу очищеного насіння та швидкості транспортування.

Більш доцільною, у порівнянні з альтернативною процедурою пошуку оптимальних параметрів, коли подача була включена до числа змінних факторів, є процедура з фіксуванням подачі на мінімальному рівні та включенням до числа основних керованих факторів параметрів машини ($\alpha, \beta, \varepsilon, \gamma, \omega$). При цьому пошук оптимальних параметрів здійснювався при накладанні обмежень на швидкість транспортування насіння.

Контрольні експерименти по вивченню залежності процентного виходу очищеного насіння від значення подачі для процедур, що порівнювалися, показали, що при параметрах, які відповідають вимозі одержання максимально можливого процентного виходу насіння (при цьому обмеження на швидкість транспортування не накладалися) його високі значення утримуються у порівняно вузькому діапазоні значень подачі. При збільшенні подачі наставало різке погіршення якості розділення. При оптимальних параметрах, що знайдені з введенням обмежень на швидкість транспортування, значення процентного виходу при мінімальному рівні подачі дещо нижче, але при збільшених значеннях подачі, значення процентного виходу утримуються практично без зміни у збільшеному діапазоні значень подачі. Найгірші результати мають місце для процедури з включенням подачі у число факторів.

Для визначення координати встановлення перегородки, що відокремлює очищену суміш від відходів, а також значень подачі по заданих значеннях засміченості вихідної суміші та процентного виходу очищеної суміші, доцільно користуватися, розробленою при проведенні досліджень, номограмою, яка побудована по залежностях, що пов'язують згадані величини.

При дослідженні процесу сортування виявлена можливість використання посереднього критерію якості сортування, а саме - середнього квадратичного відхилення маси насіння у приймальниках.

Характер залежностей між якістю сортування, швидкістю транспортування та подачею є аналогічним процесові очищення. Тобто й тут при невеликій швидкості транспортування якість сортування вище, але вона утримується на високому рівні лише у невеликому

діапазоні значень подачі. При збільшенні швидкості діапазон значень, при якому якість сортування суттєво не знижується, ширше, але якість сортування нижче.

Виявлено, що оптимальні параметри очищення та сортування не збігаються. Це природно, тому що фізичний зміст критеріїв якості обох процесів суттєво відрізняється.

Для визначення величини подачі та оптимальних параметрів машини доцільною є побудова номограми, що пов'язує значення критерію якості сортування насіння та його схожості. Для побудови номограми використовувалися залежності розподілу значень маси та значень маси 1000 шт. насіння у приймальниках; залежність між масою 1000 шт. насіння та його схожістю; залежності між значенням критерію та величини подачі при різних швидкостях транспортування.

Проведені дослідження впливу розмірів робочої площини та координати розміщення живильника; впливу подачі на розміри та форму зони розосередження суміші у місці її подавання; можливості зменшення кількості керуючих параметрів; здійснений пошук найбільш ефективної процедури налагодження машини у експлуатації. Результати цих досліджень стисло викладені у п.п. 15, 16, 17 загальних висновків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена математична модель, алгоритм та програма обчислень характеристик руху просторового тіла, яка адекватно здійснює опис руху насіння на довільно орієнтованій робочій площині

вібраційної насінночисної машини. Модель має такі відмінні ознаки:

-дискретизація поверхні тіла, що робить рівняння руху незалежними від форми поверхні й дозволяє, при відповідному описові дискретизованої поверхні, вирішувати задачі руху тіла довільної форми;

-кінематичний перехід області кутів нутації, які є близькими до нуля та π , при переворотах тіла, що дозволяє зменшити час обчислень;

-опис процесу просторового удару здійснений з застосуванням кінцевих характеристик, що дозволяє уникнути використання диференціальних співвідношень й за рахунок цього спростити вирішення задачі удару;

-врахування занурення тіла всередину робочої поверхні, необхідність якого пов'язана з малими розмірами насіння;

-спрощення обчислень характеристик польоту за рахунок відмови від вирішення системи диференціальних рівнянь тіла та використання замість цього співвідношень кінцевого повороту, а також відмови від покрокової процедури обчислень за межами висоти польоту, яка перевищує максимальний розмір насіння.

2. Отримані моделі, алгоритми і програми обчислень характеристик руху матеріальної точки та плоского тіла у площині коливань, як окремі випадки просторового руху.

Рух тіла на вібруючій площині, що моделюється матеріальною точкою, є періодичним. Періодичний режим встановлюється за дуже малий проміжок часу та, при наявності етапів польоту, залежить від початкових умов. Найбільш надійним способом їх формування

є метод статистичних випробувань. При його застосуванні можливе визначення імовірності кожного з практично важливих видів періодичного руху.

Усталений режим руху плоского тіла не є суворо періодичним. Окремі реалізації процесу є випадковими функціями, що залежать від початкових умов, зокрема від фазового кута коливань робочої площини та початкового кутового положення тіла; інші початкові умови можна прийняти нульовими.

3. Безвідривний рух просторового тіла складається з етапів повороту і повороту з ковзанням, які послідовно змінюються та специфічних режимів, які пов'язані з обертанням тіла. Ці режими (невдалого польоту та умовного повертання з ковзанням) знаходяться у діапазонах часу, які межують з початком польоту.

4. Для здійснення процесу польоту необхідне зумисне виконання трьох умов: силового, геометричного та кінематичного.

Вектор кутової швидкості у процесі польоту суттєво не змінюється; його напрямок є практично паралельний робочій площині.

5. Частка безвідривного руху, для режимів вібраційної машини, які практично мають місце, є дуже малою, але при моделюванні його врахування обов'язкове, тому що у процесі руху є велика кількість переходів до короткочасних проміжків безвідривного руху, які визначають початкові умови наступних польотів. Їх середня кількість при перебуванні на робочій площині біля 100, середня відстань між польотами 5 мм, висота - 2 мм.

Середній час між ударами є близьким до періоду вимушених коливань, але має значне розсіяння (коефіцієнт варіації біля

0,6) .

Окремі характеристики режиму руху просторового тіла на робочій площині є статистично близькими до періодичного режиму з безперервним підкиданням, опис якого здійснюється моделлю матеріальної точки.

6. Розроблена математична модель руху просторового тіла дозволила виявити основні фактори та ступінь їх впливу на процес розділення, а також області оптимальних параметрів машини стосовно таких характеристик суміші: коефіцієнтів взаємодії насіння з робочою площиною, форми насіння, їх розмірів, щільності та початкових умов руху. Виявлені закономірності зв'язків зазначених характеристик з такими параметрами машини: частотою та амплітудою коливань робочої площини, її розмірами, кутами нахилу площини до горизонту і напрямом її коливань, характеристикою робочої поверхні.

7. Форма тіла є головним фактором, який визначає можливість розділення компонентів суміші. Її вплив найбільш сильно виявляється при оптимальних параметрах та сприятливих значеннях коефіцієнтів взаємодії насіння з робочою площиною. Необхідна у таких умовах мінімальна різниця у коефіцієнтах форми становить біля 0,3.

При наближенні форми тіла до плоскої (коефіцієнт форми менше 0,25) рух стає хаотичним, внаслідок чого розділення компонентів, для форм, які знаходяться у такому діапазоні, неможливе.

В.З коефіцієнтів взаємодії тіла з робочою площиною практичний вплив на процес мають коефіцієнт занурення тіла всередину робочої площини, який залежить від її виду, та коефіцієнт відно-

влення нормальної складової швидкості насіння при ударі, який залежить від пружнодемпфуючих властивостей матеріалу насіння.

Вплив зміни коефіцієнту занурення зростає при збільшенні його абсолютних значень, тобто для м'яких або шерехатих робочих поверхнь. Закономірний вплив на характеристики руху насіння, при зміні коефіцієнту відновлення, має місце тільки при наближенні форми тіла до сферичної.

9. Початкові умови руху насіння є випадковими і визначають статистичний характер руху насіння на робочій площині, тому теоретичне визначення характеристик руху компонентів слід проводити на підставі методів статистичного моделювання.

10. Розміри та щільність матеріалу насіння не впливають на характеристики їх руху, тому розділення на підставі цих ознак неможливе.

11. Оптимальне співвідношення між значеннями поперечного та повздовжнього кутів нахилу робочої площини до горизонту становить біля 0,4; при цьому кут між повздовжнім обрізом робочої площини та лінією найбільшого схилу становить 20° .

Оптимальні значення швидкості коливань робочої площини та її ширина становлять відповідно 250 мм/с та 400 - 700 мм.

Для гладких робочих поверхнь оптимальні значення повздовжнього кута нахилу робочої площини до горизонту становлять 5 - 7° ; для шерехатих поверхнь - 11 - 13° . На такій поверхні має місце ефективне розділення компонентів з формою наближеною до сферичної.

12. Розроблені методологічні основи проведення експеримен-

тальних досліджень технологічного процесу вібраційної насінно-очисної машини, що містять доцільні критерії та процедури пошуку оптимальних параметрів при очищенні та сортуванні насіння, комплекс програм для математичного забезпечення проведення цих робіт, а також номограми для налагодження машин в умовах експлуатації.

Розроблений програмно-методичний комплекс дозволяє уточнити значення параметрів, які знайдені теоретично; прискорити проведення досліджень, уточнити характеристики, що визначаються при цьому за рахунок застосування математичних методів їх кількісної оцінки.

13. Доцільною процедурою пошуку оптимальних параметрів є така, коли подача фіксується на мінімальному рівні, а керованими факторами є параметри машини. Після визначення відповідних рівнянь регресії пошук оптимальних параметрів здійснюється при заданні обмежень на швидкість транспортування. Для визначення координати встановлення поділяючої перегородки, яка відокремлює придатну суміш від відходів, а також подачі по заданих значеннях засміченості вихідної суміші та процентного виходу очищеної суміші, розроблена номограма, що побудована по регресійних залежностях, які пов'язують зазначені величини.

14. Для оцінки якості сортування можливе використання посереднього критерію - середнього квадратичного відхилення кута напрямку траєкторії руху, який ґрунтується на визначенні маси насіння у приймальниках, оскільки він є корельований з прямим критерієм якості - схожістю насіння. Для визначення подачі та оптимальних параметрів машини розроблена номограма, яка

містить залежності між значеннями критерію якості сортування насіння та їх схожістю; залежності між значеннями критерію якості та подачі при різних швидкостях транспортування.

15. Ефективне здійснення процесу розділення має місце при відношенні площі зони розосередження у місці подавання до площі робочої поверхні машини, яке не перевищує 2 %. При цьому для заданого значення критерію розділення необхідна ширина робочої площини, при збільшенні подачі суміші, зростає нелінійно; показник ступіня біля 1,3. Довжина робочої площини мало впливає на якість розділення, тому її можна приймати такою, що дорівнює ширині. Зміщення координати встановлення живильника відносно середини повздовжнього обрізу робочої площини практично не призводить до зміни якості розділення.

16. При проведенні експериментальних досліджень, для досягнення оптимальних показників машини, необхідна зумісна зміна усіх її керованих параметрів: частоти та амплітуди коливань, кута їх спрямованості, повздовжнього та поперечного кутів нахилу робочої площини. Параметри частоти та амплітуди можливо об'єднати за рахунок використання узагальненого параметру - швидкості коливань.

17. Підвищення ефективності вібраційних насінноочисних машин можливо досягти вибором оптимальних параметрів, який ґрунтується на виявлених закономірностях між швидкістю на напрямом руху компонентів суміші, вихідними значеннями їх характеристик та параметрами машини.

Застосування розроблених методів теоретичних та експеримен-

тальних досліджень дозволяє забезпечити (у окремих випадках до 20 %) збільшення рівней критеріїв технологічного процесу та скоротити трудомісткість дослідницьких робіт по пошуку оптимальних параметрів машин.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Манчинский Ю.А., Богомолов А.В. Исследование возможности улучшения посевных качеств семян конопли при сортировании на безрешетной вибраторной семеочистительной машине. // Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1980.
2. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Богомолов А.В. Разделение семян конопли и сорняков по разнице в предельных углах подъема // Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1980.
3. Заика П.М., Манчинский Ю.А. и др. Оптимизация параметров вибраторной семеочистительной машины с неперфорированными поверхностями // Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1980.
4. Манчинский Ю.А., Богомолов А.В. Исследование движения круга со смещенным центром масс по вибрирующей плоскости // Применение новейших математических методов и вычислительной техники в решении задач биоросепарации сыпучих материалов. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1981.
5. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Богомолов А.В. Определение оптимальных параметров движения треугольных и квадратных частиц на вибрирующей плоскости // Применение новейших математических методов и вычислительной техники в решении задач биоросепарации сыпучих материалов. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1981.
6. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Бакеев С.Д. Теоретическое исследование движения семян на фрикционной неперфорированной плос-

кости вибросепараторов с учетом их форм // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1983.

7. Заика П. М., Манчинский Ю. А., Богомолов А. В. Теоретические и экспериментальные исследования процесса разделения конопли и сорняков на вибрирующей плоскости // Сб. науч. тр. ВНИИЛК. - Глухов, 1983.

8. Заика П. М., Манчинский Ю. А., Богомолов А. В. Исследование движения оживала на вибрирующей поверхности в безотричном режиме // Теория механизмов и машин. Респ. межвед. науч. - техн. сб., Вып. 34. - Харьков: ХГУ, 1983.

9. Заика П. М., Манчинский Ю. А. и др. Очистка семян конопли на вибрирующих поверхностях // Сб. науч. тр. ВНИИЛК. - Глухов, 1983.

10. Манчинский Ю. А., Богомолов А. В. Экспериментальное исследование разделения семян конопли и сорняков при расположении силы вибрации в плоскости наибольшего ската // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1983.

11. Заика П. М., Манчинский Ю. А. и др. Исследование вибрационного плоскопараллельного движения частиц различной формы по перфорированным рабочим органам сепараторов // Совершенствование послеуборочной обработки и хранения зерна в колхозах и совхозах. Сб. науч. тр. ВИМ, т. 100. - М., 1984.

12. Манчинский Ю. А., Бакум В. В. Определение коэффициента трения при движении плоских частиц на вибрирующей плоскости // Повышение эффективности сельскохозяйственных машин и орудий для

растениеводства. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1984.

13. Манчинский Ю.А., Богомолов А.В. Определение оптимальных параметров процесса очистки семян конопли на вибрационной семеочистительной машине // Повышение эффективности сельскохозяйственных машин и орудий для растениеводства. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1984.

14. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Бакум В.В. Определение параметров движения частицы по рабочему органу семеочистительной машины // Конструирование и технология производства с.х. машин. Республиканский межвед. н.т. сборник, №4. - Кировоград, 1985.

15. Заика П.М., Манчинский Ю.А. и др. Двухударный периодический режим движения частицы прямоугольной формы по наклонной вибрирующей плоскости // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. Респ. темат. науч.-техн. сб., Вып. 64. - Киев, 1985.

16. Манчинский Ю.А., Жмай Л.Г. Исследование влияния линейных размеров неперфорированного рабочего органа вибрационной семеочистительной машины на качество очистки семян капусты // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1986.

17. Манчинский Ю.А., Бакум В.В. Исследование влияния начальных условий на характеристики движения семян на вибрирующей плоскости при произвольном направлении вибрации // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП, 1986.

18. Манчинский Ю.А., Жмай Л.Г. Выбор критерия качества сортирования семян овощных культур на вибрирующей неперфорированной плоскости // Повышение эффективности и качества вибрационных

семеочистительных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1986.

19. Манчинский Ю.А., Бакум В.В. Исследование движения плоских частиц по вибрирующей плоскости // Послеуборочная обработка семян на вибрационных семеочистительных машинах. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1987.

20. Манчинский Ю.А., Козаченко А.В. Определение оптимальных параметров процесса сортирования табака на вибрационной семеочистительной машине // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр. МИИСП - М., 1988.

21. Манчинский Ю.А., Жмай Л.Г. Статистические характеристики формы семян овощных культур // Обоснование параметров машин для подготовки семенного материала и посева. - Киев: УСХА, 1990.

22. Манчинський Ю.А. Дослідження процесу розділення насіннєвих сумішей та обґрунтування технологічних параметрів вібраційної насіннеочисної машини. // Тези доп. міжнар. науково-практ. конф. "Випробування, прогнозування та адаптація до виробничих умов вітчизняної та зарубіжної техніки і технологій для рослинництва та тваринництва". - Дослідницьке, Київської обл., 1995.

23. Заїка П.М., Манчинський Ю.А. Адаптація насіннеочисних машин до виробничих умов при очищенні та сортуванні насіння. // Тези доп. міжнар. науково-практ. конф. " Випробування, прогнозування та адаптація до виробничих умов вітчизняної і зарубіжної техніки і технологій для рослинництва та тваринництва ". - Дослідницьке, Київської обл., 1995.

24. А.С.956062. Вибрационный сепаратор / Авт. изобр. Заїка П.М., Манчинський Ю.А., Богомоллов А.В., Завгородний А.И. - Опубл. в

Б.И., 1982, №33.

25. А.С.1050762. Вибрационный грохот / Авт. изобр. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Богомолов А.В., Завгородний А.И., Горшков А.П. - Оpubл. в Б.И., 1983, №40.

26. А.С.1077663. Фрикционный вибросепаратор / Авт. изобр. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Богомолов А.В., Завгородний А.И., Горшков А.П. - Оpubл. в Б.И., 1984, №9.

27. А.С.1395205. Вибросепаратор для очистки семян от примесей / Авт. изобр. Заика П.М., Манчинский Ю.А., Волков В.А., Бакум Н.В., Трофимченко Ю.И., Никитин С.П., Морозов И.В. - Оpubл. в Б.И., 1988, №18.

28. А.С.1514427. Вибросепаратор для очистки семян от примесей / Авт. изобр. Богомолов А.В., Манчинский Ю.А., Козаченко А.В. - Оpubл. в Б.И., 1989, №38.

29. А.С.1514424. Вибрационная машина для очистки и сортирования зерна / Авт. изобр. Богомолов А.В., Заика П.М., Манчинский Ю.А., Козаченко А.В., Михайлов А.Д. - Оpubл. в Б.И., 1989, №38.

АННОТАЦИЯ

Манчинский Ю.А. Статистическое моделирование разделения семенных смесей и обоснование оптимальных параметров рабочего органа вибрационной семеочистительной машины в виде неперфорированной плоскости. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.04 - сельскохозяйственные и мелиоративные машины, Тернопольский приборостроительный институт, Тернополь, 1996.

Защищается 23 статьи и 6 изобретения, содержащих математическую модель движения семян в виде пространственного тела на

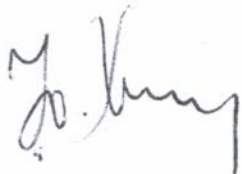
колеблющейся рабочей плоскости; результаты теоретического исследования модели; методики и процедуры экспериментального обоснования оптимальных параметров вибрационной семеочистительной машины. Применение разработанных методов позволяет обеспечить увеличение уровней критериев технологического процесса и сократить трудоемкость исследовательских работ по поиску оптимальных параметров машины.

SUMMARY

Manchinsky J.A. Statistical modelling of seed mixture division and optimal parameters foundation of working units of the vibration seed-cleaning machine as unperforated plane. Dissertation for a scientific degree of doctor of technical sciences, speciality 05.20.04 - agricultural and reclamation machines, Ternopol device-building institute, Ternopol, 1996.

23 articles and 6 inventions, that contain mathematical model of seed motion as a space body on the vibrating working plane, the results of the theoretical research of the model, methodology and procedures of the optimal parameters of the experimental foundation in the vibration seed - cleaning machine are defended. The use of the investigated methods gives the opportunity to increase the criteria levels of the technological process and to save the research time devoted to the search of the optimal parameters of the machines.

Ключові слова: математична модель, рух просторового тіла, вібраційна машина, розділення насінневих сумішей, неперфорована робоча площина.



Надруковано у навчально-методичному центрі по заочній формі навчання у закладах освіти 3-4 рівнів акредитації аграрного профілю.

Формат паперу 60 x 84 1/16 Обл. - вид. ар. 2

Тираж 100

Ризограф TR 1510 N 80654645

Адреса: 310002, м.Харків-2, вул.Артема, 44.

441429

AB 35.955

AB 35.955