Конструкція і теорія сільськогосподарських машин
Construction and theory of agricultural machines

УДК 631.362 **https://doi.org/10.5281/zenodo.6819268**

Методи оптимізації в задачах дослідження процесів очищення і сортування насіннєвих культур

В.М. Лук'яненко [1], Р.В. Антощенков [2], А.О. Никифоров [3], І. В. Галич[4]

Державний біотехнологічний університет, (м.Харків, Україна)
email: [1] vmlukyanenko@gmail.com, [2] roman.antoshchenkov@gmail.com,
[3] toninikiforov89@gmail.com; [4] galich-ivan@ukr.net; ORCID: [1] 0000-0003-2553-3949,
[2] 0000-0003-0769-7464, [3] 0000-0001-7788-8878, [4] 0000-0002-9137-036X

Задачі проектування (параметричного синтезу) перспективних машин (комплексів) завжди викликали підвищену увагу дослідників у галузі машинобудування. Велика розмірність таких задач, необхідність врахування багатьох критеріїв значно утруднює проблему проектування на основі використання натурного експерименту. Вихід з цього положення можливий за рахунок розробки методики проектування, що мають у своєї основі математичні моделі реалізовані на обчислювальних засобах. За рахунок чисельного моделювання можливо проведення багатофакторного експерименту з оцінкою багатьох критеріїв оптимальності.

В статті розглядається загальна постановка задачі багатокритеріальної оптимізації процесів очищення та сортування насіннєвих культур з використанням багатошарової моделі вібраційного руху ожиженої сипучої суміші. Запропонований комплексний мінімаксний критерій оптимальності, що визначається при здійсненні ітераційної процедури моделювання руху насіннєвої суміші відносно робочих органів вібраційної машини. Розроблена загальна методика проведення чисельного експерименту та визначення оптимальних параметрів процесу очищення (сортування) насіннєвої суміші. На підставі використання створеної математичної моделі можливе проведення повномасштабного обчислювального експери-менту з метою варіювання параметрів роботи вібромашини та оцінки таких приватних по-казників ефективності як: чистоти і схожості отримуваної насіннєвої культури, прогнозованої продуктивності машини.

Зроблена спроба розробити модель процесу очищення і сепарації насіннєвих сумішей за допомогою вібромашини. Модель побудована на основі теоретичних положень механіки суцільного середовища. Сипучі насіннєві суміші, перебуваючи на вібруючих похилих площинах, поводяться подібно до рідин зі змінною за товщиною шару в'язкістю. Використовуючи рівняння Навьє-Стокса, в яких коефіцієнт динамічної в'язкості залежить від місця розташування елемента суміші всередині континууму, автору вдалося математично описати процеси руху суміші в живильнику і безпосередньо по робочій поверхні.

Ключові слова: *оптимізація, проектування машин, сепарація насіннєвих культур, мехатронна вібраційна насіннєочисна машина, насіннєві суміші, фізико-механічні характеристики насіння, режим руху насіння.*

Вступ. Екстремальні задачі чи, інакше, задачі оптимізації дуже поширені у різних технічних дисциплінах та інженерних додатках. Такі питання як:

– оптимальне поєднання параметрів будь-якої конструкції [1] чи виробничого процесу [2–3];

– оптимальна послідовність дій [4–5];

– оптимальний маршрут [6];

– оптимальний розподіл ресурсів [7] і т. д.,

– завжди були, і залишатимуться актуальними упродовж часу, доки здійснюється господарська діяльність людини.

В галузі сільського господарства і, зокрема, при здійсненні очищення та сортування насіннєвих культур також є актуальними задачі проектування оптимальних конструкцій спеціальних машин та їх оптимального налаштування (регулювання) на ту чи іншу насіннєву культуру [8 –10].

Більшою мірою дослідників завжди цікавили задачі оптимізації другої групи – задачі регулювання чи налаштування вже створених чи спроектованих машин під очищення чи сортування тієї чи іншої насіннєвої культури (суміші насіннєвих культур). Задачі першої групи або задачі оптимізації конструкцій, інакше оптимального проектування спеціальних машин торкалися меншою мірою. Як правило, варіювалися лише деякі

конструктивні параметри в межах працездатності моделей робочих процесів очищення (сортування) насіннєвих культур, що розглядаються, а також для заданих альтернативних варіантів конструкцій машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Тим не менш, не залежно від типу задачі оптимізації, найбільшою трудністю, пов'язаною з їх рішенням, завжди було:

– велика розмірність, коли кількість значущих параметрів була більше 5-ти;

– кілька критеріїв оптимальності.

Щодо першої труднощі, труднощі, пов'язаної з розмірністю задач оптимізації, поки дієвих способів їх подолання ще не знайдено. Розмірність долається штучним поділом вирішуваних задач на кілька складових задач меншої розмірності або ж шляхом використання досить потужних обчислювальних машин. Відносно ж багатокритеріальності в даний час розроблені і успішно застосовуються різні методи багатокритеріальної оптимізації.

Наприклад, якщо оптимізувати певний робочий процес очищення (сортування) заданого насіннєвого матеріалу за допомогою машини встановленої конструкції за кількома критеріями оптимальності, що мають вигляд:

$$K_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)\to max,\quad i=1,2,\dots,N, \qquad (1)$$

де $K_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)$ – показник i – го критерію оптимальності;$p_j, j=1,2,\dots,M$ – множина оптимізованих параметрів робочого процесу, то загальна постановка задачі багатокритеріальної оптимізації може мати вигляд:

$$W=min \quad \max_i \bar{K}_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M),\ i=1,2,\dots,N, \qquad (2)$$

$$\bar{K}_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)=\frac{K_i^{\text{гран.}}-K_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)}{K_i^{\text{гран.}}}, \qquad (3)$$

$$p_j\le p_j^{\text{макс.доп.}}, j=1,2,\dots,M,\quad Q_k(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)\le Q_k^{\text{макс.доп.}},\ k=1,2,\dots,K, \qquad (4)$$

де $\bar{K}_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)$ – наведений (віднормований) безрозмірний показник i – го критерію оптимальності; $K_i^{\text{гран.}}$ – гранично-досяжне, для наявної технічної досконалості машин розглянутого класу, значення показника i – критерію оптимальності; $Q_k(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)$ – комплексна характеристика робочого процесу, залежна від прийнятих значень параметрів налаштування машини і не є показником критерія оптимальності; $p_j^{\text{макс.доп.}}$, $Q_k^{\text{макс.доп.}}$ – максимально допустимі, визначені конструктивними особливостями машини, значення налаштовуваних і комплексних параметрів робочого процесу.

Виходячи з наведеної постановки, задача багатокритеріальної оптимізації вирішується як послідовність оптимізаційних однокритеріальних задач, де в якості критерію оптимальності вибирається критерій поліпшення процесу за найгіршим показником ефективності, досягнутому на попередньому кроці. Всі інші показники виводяться в обмеження, які мають вигляд

$$\bar{K}_h(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)\le \max_i \bar{K}_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M),\ h\ne i, h=1,2,\dots,N, \qquad (5)$$

У результаті вирішення даної ітераційної задачі оптимізації відшукується таке поєднання параметрів робочого процесу $(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)_{\text{опт.}}$, при якому досягається однакове відносне наближення показників ефективності розглянутого процесу до їх гранично-досяжних значень

$$\bar{K}_1=\dots=\bar{K}_i=\dots=\bar{K}_N=min. \qquad (6)$$

Замінивши критерій мінімакса іншим його різновидом, коли мінімізується міра наближення вектора приватних показників ефективності, $K_i, i=1,2,\dots,N$, до деякої гранично-досяжної або ідеальної точки, $K_i^{\text{гран.}}, i=1,2,\dots,N$, отримаємо однокритеріальну задачу оптимізації, яка має вигляд

$$\sum_{i=1}^{N}(\bar{K}_i(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M))^2\to min, \qquad (7)$$

$$p_j\le p_j^{\text{макс.доп.}}, j=1,2,\dots,M$$

$$Q_k(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)\le Q_k^{\text{макс.доп.}},\ k=1,2,\dots,K. \qquad (8)$$

Задача оптимального проектування конструкції спеціальних машин дещо складніша за своєю постановкою, ніж задача налаштування параметрів конкретного робочого процесу. Машина проектується не під один якийсь процес очищення (сепарації), не під якусь одну насіннєву культуру, а під групу процесів, групу насіннєвих культур. Ця особливість має істотний вплив на вид постановки задачі оптимізації, що використовується для оптимального проектування спеціальних машин.

Так, наприклад, якщо проектована машина повинна забезпечувати очищення (сепарацію) S типів насіннєвих культур або, інакше, реалізовувати S робочих процесів, то тоді має місце S оптимальних поєднань робочих параметрів $(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)_s^{\text{опт.}}$, $s=1,2,\dots,S$, що характеризують оптимальне налаштування проектованої машини на здійснення очищення (сепарацію) насіннєвих культур відповідних типів. Оптимальні поєднання $(p_1,\dots,p_j,\dots,p_M)_s^{\text{опт.}}$,

© В.М. Лук'яненко, Р.В. Антощенков, А.О. Никифоров, І.В.Галич, 2022
© V.M. Lukyanenko, R.V.Antoshchenkov, A.A. Nykyforov, I.V. Halych, 2022

$s = 1,2, \dots, S$ можуть бути отримані як результат вирішення низки задач оптимізації параметрів робочого процесу очищення насіннєвих культур розглянутих типів за допомогою машини прийнятої конструктивної схеми (прийнятого принципу очищення (сепарування)).

Узагальнюючи дані щодо оптимальних налаштувань машини для очищення (сепарації) S типів насіннєвих культур, можуть бути отримані необхідні робочі діапазони параметрів реалізованих робочих процесів:

$$p_j \in [p_j^{\text{мін.}}; p_j^{\text{макс.}}]^{\text{необ.}}, j = 1,2, \dots, M.$$

Створювана машина повинна реалізовувати такі діапазони зміни параметрів налаштування робочих процесів $[p_j^{\text{мін.}}; p_j^{\text{макс.}}]^{\text{реаліз.}}, j = 1,2, \dots, M,$ які збігаються або перекривають діапазони необхідні. Граничні реалізовані величини $p_j, j = 1,2, \dots, M$ залежать від конструкції машини, що розглядається.

При проектуванні нової машини необхідно підібрати таку її конструкцію, яка б дозволяла перекривати потрібні діапазони зміни параметрів налаштування робочих процесів, що реалізуються на цій машині, і задовольняти заданому переліку критеріїв оптимальності проектування. Як правило, в якості показників, що використовуються для формування критеріїв оптимальності проектування машин очищення (сепарування) насіннєвих культур використовуються такі показники як: продуктивність; надійність; економічність та інші виробничі характеристики машини.

Тобто, у формальному вигляді, загальна постановка завдання оптимального проектування машини для очищення (сепарування) насіннєвих культур встановленого типажу має вигляд

$$H = \min \max_k \bar{R}_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V), \quad k = 1,2, \dots, K_{\text{ПП}}, \tag{9}$$

для мінімаксного критерію або

$$\sum_{k=1}^{K_{\text{ПП}}} (\bar{R}_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V))^2 \to min, \tag{10}$$

для критерію у формі векторної міри, якщо:

$$\bar{R}_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V) = \frac{R_k^{\text{гран.}} - R_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V)}{R_k^{\text{гран.}}}, \tag{11}$$

$$p_j^{\text{макс.}}(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V) - (p_j^{\text{макс.}})^{\text{необ.}} \geq 0, j = 1,2, \dots, M, \tag{12}$$

$$(p_j^{\text{мін.}})^{\text{необ.}} - p_j^{\text{мін.}}(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V) \geq 0, \quad j = 1,2, \dots, M \tag{13}$$

$$\Xi_d(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V) \leq \Xi_d^{\text{макс.доп.}}, \quad d = 1,2, \dots, D, \tag{14}$$

де $\bar{R}_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V)$ – відносний ступінь наближення k -го показника ефективності або досконалості конструкції машини до його граничнодосяжного значення; $R_k^{\text{гран.}}, R_k(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V)$ – гранично досяжне і реалізоване для обраного поєднання конструктивних параметрів (рішень) машини значення k -го показника конструктивної досконалості, відповідно; $\Xi_d(q_1, \dots, q_v, \dots, q_V), \Xi_d^{\text{макс.доп.}}$ – реалізоване при заданому поєднанні конструктивних параметрів і максимально-допустиме значення d -го виробничого показника, що не використовується в якості приватного критерію оптимальності. Наприклад, в якості такого виробничого показника може бути показник максимального рівня шуму, що виробляється при роботі вібромашини; $K_{\text{ПП}}$ – кількість виробничих показників, що використовуються в якості приватних критеріїв оптимальності конструкції машини.

Як видно з наведених постановок задач оптимізації, центральними їх елементами є моделі процесів взаємодії очищуваної суміші з робочими органами машини і взаємодії машини з навколишнім середовищем (впливу на навколишнє середовище). Модель процесу взаємодії суміші, що очищається, з робочими органами машини (інакше модель динаміки частинок суміші щодо робочого тракту) дозволяє встановити функціональний зв'язок між параметрами налаштування робочого процесу машини і оптимізованими приватними показниками ефективності очищення (сепарування).

Модель взаємодії машини з навколишнім середовищем (інакше модель уречевлення виробничих функцій, модель існування машини) дозволяє встановити взаємозв'язок між конструктивними параметрами і приватними виробничими показниками.

За обома напрямками існує широке поле діяльності для дослідників. Багато в чому питання створення адекватних математичних моделей, як реалізованих робочих процесів, так і уречевлення виробничих показників продовжує залишатися відкритим. Дослідники, вирішуючи різні завдання з налаштування робочих процесів або проектування машин, часто вдаються до натурного експерименту. З одного боку це, безумовно, дозволяє отримувати гранично адекватні дані, а з іншого - звужує рамки проведених досліджень, обмежуючи їх конструктивними особливостями наявних стендів і машин, а також обумовлює досить велику трудомісткість по збору представницьких вибірок статистичних даних.

Для подолання зазначених обмежень, звичайно ж, необхідна подальша розробка математичних моделей, що дозволяють з прийнятною адекватністю прогнозувати значення, як

показників ефективності очищення, так і виробничих показників проектованих машин.

Мета роботи. Зроблена спроба розробити модель процесу очищення і сепарації насіннєвих сумішей за допомогою вібромашини. Модель побудована на основі теоретичних положень механіки суцільного середовища. Сипучі насіннєві суміші, перебуваючи на вібруючих похилих площинах, поводяться подібно до рідин зі змінною за товщиною шару в'язкістю. Використовуючи рівняння Навьє - Стокса, в яких коефіцієнт динамічної в'язкості залежить від місця розташування елемента суміші всередині континууму, автору вдалося математично описати процеси руху суміші в живильнику і безпосередньо по робочій поверхні. Використовувана система диференційних рівнянь дозволяє розраховувати кінематичні параметри руху частинок суміші для безвідривного, відривного та ударного режимів роботи вібромашини.

Результати досліджень. На підставі використання створеної математичної моделі можливе проведення повномасштабного обчислювального експерименту з метою варіювання параметрів роботи вібромашини та оцінки таких приватних показників ефективності як: чистоти і схожості отримуваної насіннєвої культури, прогнозованої продуктивності машини. На підставі отриманих даних, були побудовані залежності згаданих приватних показників ефективності від показників налаштування робочого процесу (амплітуда, частота і напрямок коливань, нахил робочої поверхні). Вигляд цих отриманих залежностей може бути охарактеризований наступним нелінійним виразом другого порядку

$$\bar{K}_i = a_{\mathrm{i},0} + \sum_{j=1}^{M} a_{\mathrm{i},j}\bar{p}_j + \\ + \sum_{j=1}^{M} \bar{p}_j \cdot \sum_{n=1}^{M} \bar{p}_n a_{\mathrm{i},(M+(j-1)M+n)}, \quad (15)$$

$$\bar{p}_j = \frac{p_j - p_j^{\text{мін.}}}{p_j^{\text{макс.}} - p_j^{\text{мін.}}}, \quad j = 1,2,\dots,M, \quad (16)$$

де $a_{\mathrm{i,m}}, m = 1,2,\dots,(M \times M)$ – постійні коефіцієнти для обчислення значень i -го приватного показника ефективності очищення залежно від показників налаштування робочого процесу. Дані коефіцієнти розраховуються за допомогою методу найменших квадратів на підставі отриманих в результаті проведення обчислювального експерименту результатів.

Отримання подібних аналітичних залежностей дозволяє автоматизувати процес пошуку оптимального рішення при вирішенні задачі оптимізації налаштування параметрів робочого процесу, звівши його до одного з відомих алгоритмів чисельного вирішення екстремальних задач. Це, в свою чергу, істотно розширює множину альтернативних рішень, на якій здійснюється пошук оптимуму, а значить - підвищує обґрунтованість отримуваного рішення.

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, методика вирішення задачі оптимізації параметрів процесу очищення (сепарування) заданої насіннєвої культури на встановленій машині зводиться до наступного (рис.1):

– на підставі наявних конструктивних особливостей визначаються діапазони зміни параметрів налаштовування робочого процесу очищення;

– заміряються фізико-механічні характеристики насіння і домішок, які складають суміш, що запускається в машину (щільність, геометричні розміри і форма насіння (частинок домішок), коефіцієнти тертя ковзання насіння та інших частинок, парціальні частки насіння і домішок);

– шляхом моделювання процесу руху насіння і частинок домішок за допомогою статистичних підходів (механіка руху з проковзуванням і просторового удару об тверду шорстку поверхню твердого тіла) визначаються характеристики суміші, що використовуються в моделі на основі механіки суцільного середовища. Визначається критична товщина шару континууму, коли область, над якою знаходиться шар частинок такої товщини, починає рухатися як цілісне тверде тіло;

– використовуючи модель робочого процесу віброочистки насіннєвої культури з заданими властивостями, яка представляється як рідина змінної в'язкості, проводиться чисельний експеримент з визначення прогнозних значень приватних показників ефективності очищення залежно від параметрів налаштування вібромашини. Значення параметрів налаштування робочого процесу змінюються в усьому можливому діапазоні їх варіювання згідно з трирівневим планом проведення експерименту;

– на підставі результатів обчислювального експерименту обчислюються постійні коефіцієнти для апроксимуючих нелінійних рівнянь другого порядку, за допомогою яких задаються залежності приватних показників ефективності від параметрів налаштування робочого процесу очищення;

– вирішується завдання обчислення оптимального поєднання параметрів налаштування робочого процесу згідно з обраним критерієм оптимальності (мінімакс або мінімізації міри наближення вектора приватних показників ефективності до гранично-досяжних показників).

Висновки.

1. Складність задачі проектування вібраційної машини для очищення та сортування широкого кола насіннєвих сумішив полягає в тому, що її конс-

© В.М. Лук'яненко, Р.В. Антощенков, А.О. Никифоров, І.В.Галич, 2022
© V.M. Lukyanenko, R.V.Antoshchenkov, A.A. Nykyforov, I.V. Halych, 2022

трукція має забезпечувати такі параметри робочого процесу, щоб задовольняти вимогам оптимальності не одного, а кількох технологічних процесів.

2. Багатокритеріальна оптимізація технологічних параметрів вібраційних машин може здійснюватися на підставі використання або мінімаксного критерію, коли відбувається розв'язання серії однокритеріальних задач з виведенням решти критеріїв у обмеження, або у вигляді мінімізації векторної міри наближення до граничних значень параметрів процесу, оптимізується.

3. Розроблена загальна методика оптимізації враховує аби два способи формалізованого уявлення комплексного критерію оптимальності. Її реалізація можлива за умовою побудови чисельної моделі вібраційного руху ожиженої сипучої суміші під впливом направлених вібрацій нахиленої шороховатої поверхні мехатронної вібромашини.

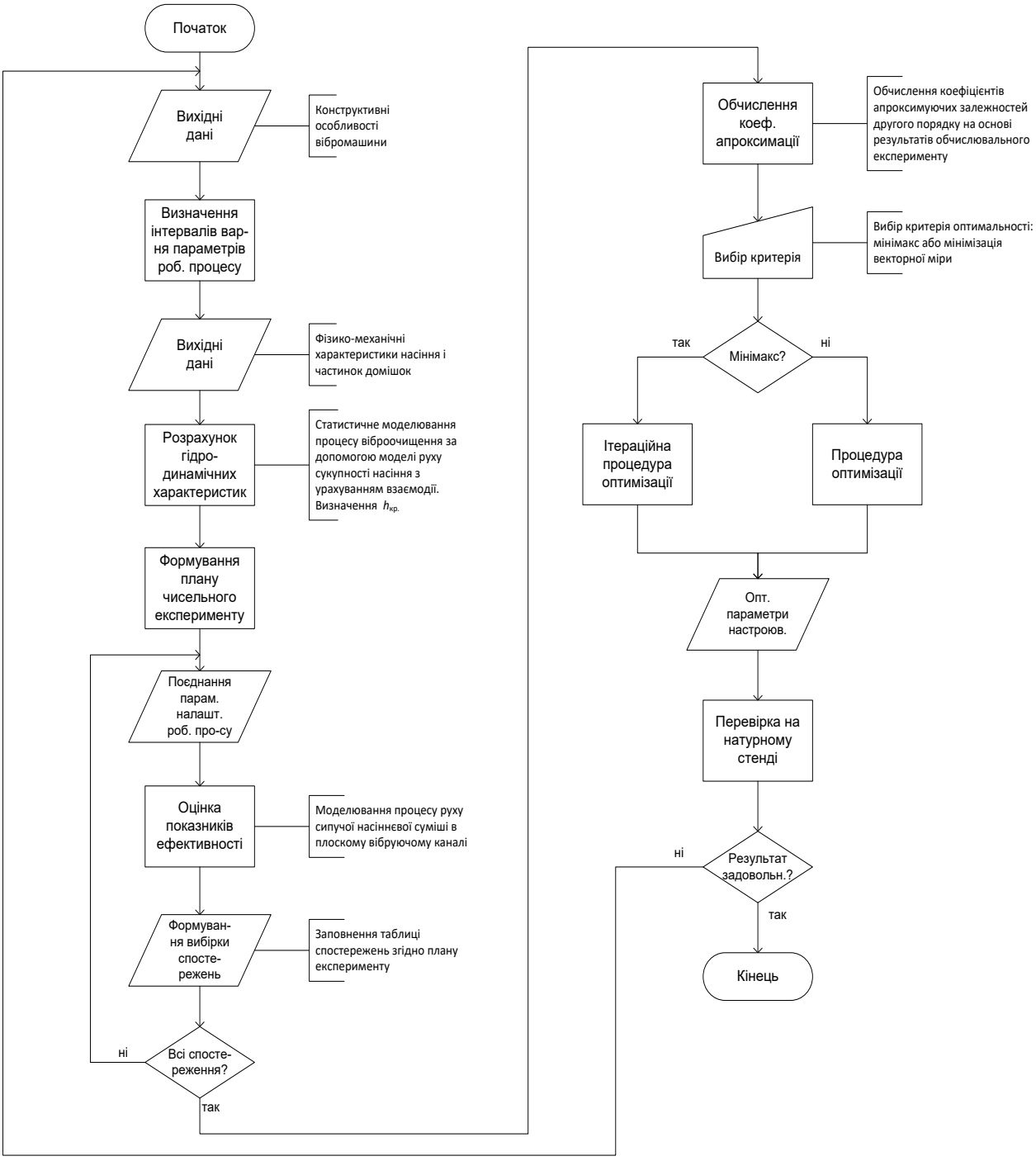

Рис. 1. Методика оптимізації параметрів очистки (сортування) насіннєвої культури на мехатронній вібромашині

Література:

1. Китов А.Ю., Кульченко Н.И. Оптимизация параметров выделителя семян из плодов бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Технические науки. 2015. №1. С. 125-228.
2. Малюк Л.П. Організація виробництва на підприємствах: навч. посібник / Л.П. Малюк, Т.П. Кононенко. – Полтава : ПУСКУ, 2009. – 254 с.
3. Онищенко В. О. Організація виробництва : навч. посібник / В. О. Онищенко, О. В. Редкін. – К.: Лібра, 2012. – 672 с.
4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
5. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
6. Поляков А. П., Терещенко О. П., Терещенко Є. О. Логістичний підхід при постачанні підприємства сировиною та транспортуванні продукції споживачам // Вісник машинобудування та транспорту. № 1. 2015. - С. 88–98.
7. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами [Текст] / П.С. Баркалов, И.В. Буркова, А.В. Глаголев, В.Н. Колпачев. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
8. Лук'яненко В.М. Обґрунтування параметрів процесу сепарації насіння ріпаку і суріпиці на вібраційній машині: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 "Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва" / В.М. Лук'яненко. – Харків, 2001. – 20 с.
9. В.П. Ольшанский, В.В. Бредихін, В.М. Лук'яненко, М.В. Півень, М.В. Сліпченко, С.О. Харченко. Теорія сепарування зерна. Харків. Планета-Прінт2017 803 с.
10. Лукьяненко В.М. Повышение производительности вибрационной семяочистительной машины с неперфорированными рабочими плоскостями / В.М. Лукьяненко, И.В. Галич // Motrol, – Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2013. Т. 15, С. 185 - 191.

References:

1. Kitov A.Yu., Kul'chenko N.I. (2015) "Optimizatsiya parametrov vydelitelya semyan iz plodov bakhchevykh kul'tur", izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. Tekhnicheskiye nauki (№1), pp. 125–228.
2. Malyuk L.P., Kononenko T.P. (2009) Orhanizatsiya vyrobnytstva na pidpryyemstvakh: navch. posibnyk, Poltava: PUSKU. 254 p.
3. Onyshchenko V. O., Redkin O. V. (2012) Orhanizatsiya vyrobnytstva: navch. Posibnyk. K.: Libra. 672 p.
4. Adler Yu.P., Markova Ye.V., Granovskiy Yu.V. (1976) "Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy", M.: Nauka. 279 p.
5. Stetsenko, I.V. (2010) Modelyuvannya system: navch. Posib .Cherkasy: CHDTU. 399 p.
6. Polyakov A.P., Tereshchenko O.P., Tereshchenko Ye.O. (2015) "Lohistychnyy pidkhid pry postachanni pidpryyemstva syrovynoyu ta transportuvanni produktsiyi spozhyvacham", Visnyk mashynobuduvannya ta transportu.(№ 1.) P. 88–98.
7. Barkalov P.S., Burkova I.V., Glagolev A.V., Kolpachev V.N. (2002) Zadachi raspredeleniya resursov v upravlenii proyektami. M.: IPU RAN. 65 p.
8. Lukyanenko V.M. (2001) Obgruntuvannya parametriv protsesu separatsiyi nasinnya ripaku i suripytsi na vibratsiyniy mashyni: avtoref. dys. na zdobuttya stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.05.11 "Mashyny i zasoby mekhanizatsiyi sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva". Kharkiv. 20 p.
9. Ol'shanskii V.P., Bredykhin V.V., Luk'yanenko V.M., Piven' M.V., Slipchenko M.V., Kharchenko S.O. (2017) Teoriya separuvannya zerna. Kharkiv. Planeta-Print. 803 p.
10. Lukyanenko V.M., Galich I.V. (2013) "Povysheniye proizvoditel'nosti vibratsionnoy semyaochistitel'noy mashiny s neperforirovannymi rabochimi ploskostyami", Motrol, Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin (T. 15). P 185 – 191.

Аннотация

Методы оптимизации в задачах исследования процессов очистки и сортирования семенных культур

В.М. Лукьяненко, Р.В. Антощенков, А.А.Никифоров, И. В. Галич

Задачи проектирования (параметрического синтеза) перспективных машин (комплексов) все-гда вызывали особое внимание исследователей в области машиностроения. Большая размерность таких задач, необходимость учета многих критериев значительно усложняет проблему проектиро-вания на основе использования натурного эксперимента. Выход из этого положения возможен за счет разработки методики проектирования, имеющих в своей основе математические модели, реа-лизованные на вычислительных средствах. За счет численного моделирования возможно проведение многофакторного эксперимента с оценкой многих критериев оптимальности.

© В.М. Лук'яненко, Р.В. Антощенков, А.О. Никифоров, І.В.Галич, 2022
© V.M. Lukyanenko, R.V.Antoshchenkov, A.A. Nykyforov, I.V. Halych, 2022

В статье рассматривается общая постановка задачи многокритериальной оптимизации процессов очистки и сортировки семенных культур с использованием многослойной вибрационной модели движения ожиженной сыпучей смеси. Предложен комплексный минимаксный критерий опти-мальности, определяемый при осуществлении итерационной процедуры моделирования движения семенной смеси в отношении рабочих органов вибрационной машины. Разработана общая методика проведения численного эксперимента и определение оптимальных параметров процесса очистки (сортировки) семенной смеси. На основании использования созданной математической модели во-зможно проведение полномасштабного вычислительного эксперимента с целью варьирования пара-метров работы вибромашины и оценки таких частных показателей эффективности как чистоты и всхожести получаемой семенной культуры, прогнозируемой производительности машины.

Предпринята попытка разработать модель процесса очистки и сепарации семенных смесей с помощью вибромашины. Модель построена на базе теоретических положений механики сплошной среды. Сыпучие семенные смеси, находясь на вибрирующих наклонных плоскостях, ведут себя подобно жидкостям с переменной по толщине слоя вязкостью. Используя уравнения Навье-Стокса, в которых коэффициент динамической вязкости зависит от местоположения элемента смеси внутри континуума, автору удалось математически описать процессы движения смеси в питателе и непо-средственно по рабочей поверхности.

Ключевые слова*: оптимизация, проектирование машин, сепарация семенных культур, мехатронная вибрационная семеочистительная машина, семенные смеси, физико-механические характеристики семян, режим движения семян.*

Abstract

Methods of optimization in process research problems cleaning and sorting of seed crops

V.M. Lukyanenko, R.V.Antoshchenkov, A.A. Nykyforov, I.V. Halych

The tasks of the design (parametric synthesis) of promising machines (complexes) were prompted by the admiration of the previous ones at the machine-building machines. There is a great range of such tasks, the need to implement various criteria will significantly complicate the problem of designing on the basis of a natural experiment. The way out of the state of the art for the development of the design methodology, which is based on mathematical models, is realized on the basis of numerical methods. For the numerical model analysis, it is possible to carry out a multi-factor experiment with an assessment of the optimal criteria for optimal performance.

In the statistic, the outward formulation of the problem of critical optimization of the processes of cleansing and sorting of cultivated crops from the vicarious model of the rich ball of the liquefied effervescent sum can be seen. A complex minimax criterion of optimality is projected to start when the iterative procedure is used to model the destruction of the operating system of a vibrating machine. The method of carrying out a numerical experiment and determining the optimal parameters in the process of purification (sorting) of the nutritious sum is broken down. Based on the use of the created mathematical model, it is possible to conduct a full-scale computational experiment in order to vary the parameters of the vibrator and evaluate such particular performance indicators as the purity and germination of the resulting seed crop, the predicted performance of the machine.

An attempt was made to develop a model of the process of cleaning and separating seed mixtures using a vibrator. The model is based on the theoretical principles of continuum mechanics. Loose seed mixtures, being on vibrating inclined planes, behave like liquids with a viscosity variable across the layer thickness. Using the Navier-Stokes equations, in which the dynamic viscosity coefficient depends on the location of the mixture element within the continuum, the author managed to mathematically describe the processes of mixture movement in the feeder and directly on the working surface.

Keywords*: optimization, machine design, separation of seed crops, mechatronic vibration seed cleaning machine, seed mixtures, physical and mechanical characteristics of seeds, mode of movement of seeds.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard
Lukyanenko, V. M., et al. (2022) ‘Methods of optimization in process research problems cleaning and sorting of seed crops’, *Engineering of nature management*, (1(23), pp. 53 - 59.

Подано до редакції / Received: 21.11.2021