

## МЕХАТРОННА ВІБРАЦІЙНА НАСІННЕОЧИСНА МАШИНА

Лук'яненко В.М., к.т.н., доц., Галич І.В., Никифоров А.О., ст. викл.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Стаття присвячена проектуванню мехатронної вібраційної насіннеочисної машини, робочим органом якої є блоки фрикційних неперфорованих пластин. Також розглянуто питання оптимізації параметрів технологічного процесу сепарації насінневих сумішей з використанням розроблених математичних моделей процесу розділення насіння як на фрикційних неперфорованих площинах, так і в похилих каналах, утворених близько розміщеними пластинами*

**Постановка проблеми.** Питання підвищення продуктивності сільськогосподарських культур нерозривно пов'язане з якістю посівного матеріалу і в першу чергу засміченістю його насінням бур'янів.

Наявність в посівному матеріалі насіння бур'янів приводить не тільки до зниження урожайності сільськогосподарських культур, але і погіршує якість продукції, збільшує витрати на її виробництво, ускладнює обробіток ґрунту та проведення інших робіт у землеробстві, спричиняє поширення хвороб та шкідників культурних рослин.

Втрати урожаю сільськогосподарських культур внаслідок забур'яненості сягають 25 – 30 %, а в деяких випадках і перевищують 50 % [1].

Одним з основних методів боротьби з бур'янами є післязбиральне очищення врожаю. Проблемою при цьому є те, що насіння бур'янів внаслідок щорічного очищення на одних і тих же робочих органах насіннеочисних машин, за довгі роки пристосувалось до таких умов, і за даними ознаками розділення майже не відрізняється від насіння основної культури. Зважаючи на це, є вкрай необхідною розробка нових робочих органів насіннеочисних машин, робота яких базувалася б на інших ознаках поділу компонентів насінневих сумішей. Особливу актуальність мають робочі органи насіннеочисних машин, які використовують поєднання декількох ознак розділення.

Сепарація насінневих сумішей за комплексом фізико-механічних властивостей (формою, пружністю і шорсткістю) на фрикційних вібруючих неперфорованих пластинах, без сумніву, є актуальною.

Незважаючи на високу якість розділення, машини з такими робочими органами мають низьку продуктивність, високу трудомісткість переобладнання на очистку іншої культури і неналежні умови праці.

Зважаючи на це, розробка вібраційної насіннеочисної машини, яка б не мала цих вад, а в конструкції використовувались рішення, притаманні мехатронним системам дозволила б зробити якісний стрибок в створенні техніки нових поколінь і виробництві новітніх видів систем і обладнання.

**Результати досліджень.** Виходячи з того, що інтегровані мехатронні елементи повинні вибиратися розробником вже на стадії проектування машини, а тільки потім забезпечується необхідна інженерна та технологічна підтримка при виробництві та експлуатації машини, то проектування мехатронної насіннеочисної машини було розпочато з математичного моделювання процесу розділення насіння.

Враховуючи те що, при проектування сучасних мехатронних насіннеочисних машин роль математичного моделювання процесу розділення значно зростає, то ця модель повинна бути вільною від тих допущень, що мали місце при проектуванні звичайних конструкцій машини.

При проектуванні використовувались розроблені:

- модель динаміки і кінетики руху ізольованого зерна (частки) еліпсоїдної форми по похилій шорсткій вібруючій поверхні в двох режимах руху: в режимі перекочування і проковзування, а також в режимі відскоку [2, 3];

- модель динаміки і кінетики руху по похилій шорсткій вібруючій поверхні декількох взаємодіючих зерен (часток) еліпсоїдної форми [4]. Розглянуто випадок зіткнення частинок в польоті і їх взаємодії всередині шару;

- модель стискуваної в'язкої рідини зі змінною в'язкістю в залежності від тиску.

Перераховані математичні моделі, на відміну від попередніх, дозволяють враховувати процеси, що здійснюються не тільки на основній площі сепаруючих поверхонь, але і в зоні завантаження. Також враховується і взаємодія насіння між собою не тільки в безвідривному і відривному режимах руху, а і при русі його у похилих каналах, які утворюються близькорозміщеними сепаруючими пластинами.

Використана система диференціальних рівнянь дозволяє розраховувати кінематичні параметри руху частинок суміші для безвідривного, відривного і ударного режимів роботи вібромашини.

Використовуючи створені математичні моделі можливе проведення повномасштабного обчислювального експерименту з метою отримання оптимальних параметрів роботи вібромашини.

У зв'язку з тим, що створені математичні моделі враховують більшу кількість факторів, що впливають на процес поділу насіння, то проектувана вібраційна машина, на відміну від попередніх моделей, повинна мати додаткові регулювання (табл. 1).

При виконанні технологічного процесу сепарації різних насінневих сумішей найчастіше приходиться змінювати наступні параметри:

- частоту коливань;
- позовжній кут нахилу сепаруючих пластин;
- подачу насіння;
- режим руху насінневої суміші по сепаруючим пластинам;
- довжину обрізу сепаруючих пластин, з якої збираються продукти поділу.

Таблиця 1 – Регулювання процесу сепарації мехатронної і звичайної вібраційних насіннеочисних машин

Регулювання	Мехатронна вібраційна насіннеочисна машина	Вібраційна насіннеочисна машина
поздовжній кут нахилу сепаруючих пластин	змінюється включенням електродомкрата для всіх сепаруючих пластин одночасно	змінюється обертанням опорного гвинта для всіх сепаруючих пластин одночасно
поперечний кут нахилу сепаруючих пластин	змінюється окремо для кожного блоку сепаруючих пластин за рахунок установки пластин різної довжини	
амплітуда коливань	змінюється за рахунок установки дебалансів різної маси і радіусу їх обертання	змінюється за рахунок установки дебалансів різної маси
частота коливань	змінюється частотним перетворювачем	змінюється варіатором
кут спрямованості коливань	змінюється поворотом віброзбуджувачів	змінюється поворотом та зміщенням віброзбуджувачів
подача насіння	змінюється частотою обертання крилаток і установкою різних по товщині і формі крилаток	заслінкою
довжина обрізу сепаруючих пластин, з якої збираються продукти поділу	змінюється розташуванням ділільних планок	не регулюється
режим руху насінневої суміші по сепаруючим пластинам (безвідривний і відривний)	змінюється амплітудою і частотою коливань	
режим руху насінневої суміші по сепаруючим пластинам (ударний)	змінюється амплітудою і частотою коливань; відстанню між сепаруючими пластинами	не доступний

Зважаючи на це, при проектуванні мехатронної насіннеочисної машини цим параметрам надавалась особлива увага.

Загальний вигляд мехатронної вібраційної насіннеочисної машини представлений на рис. 1.

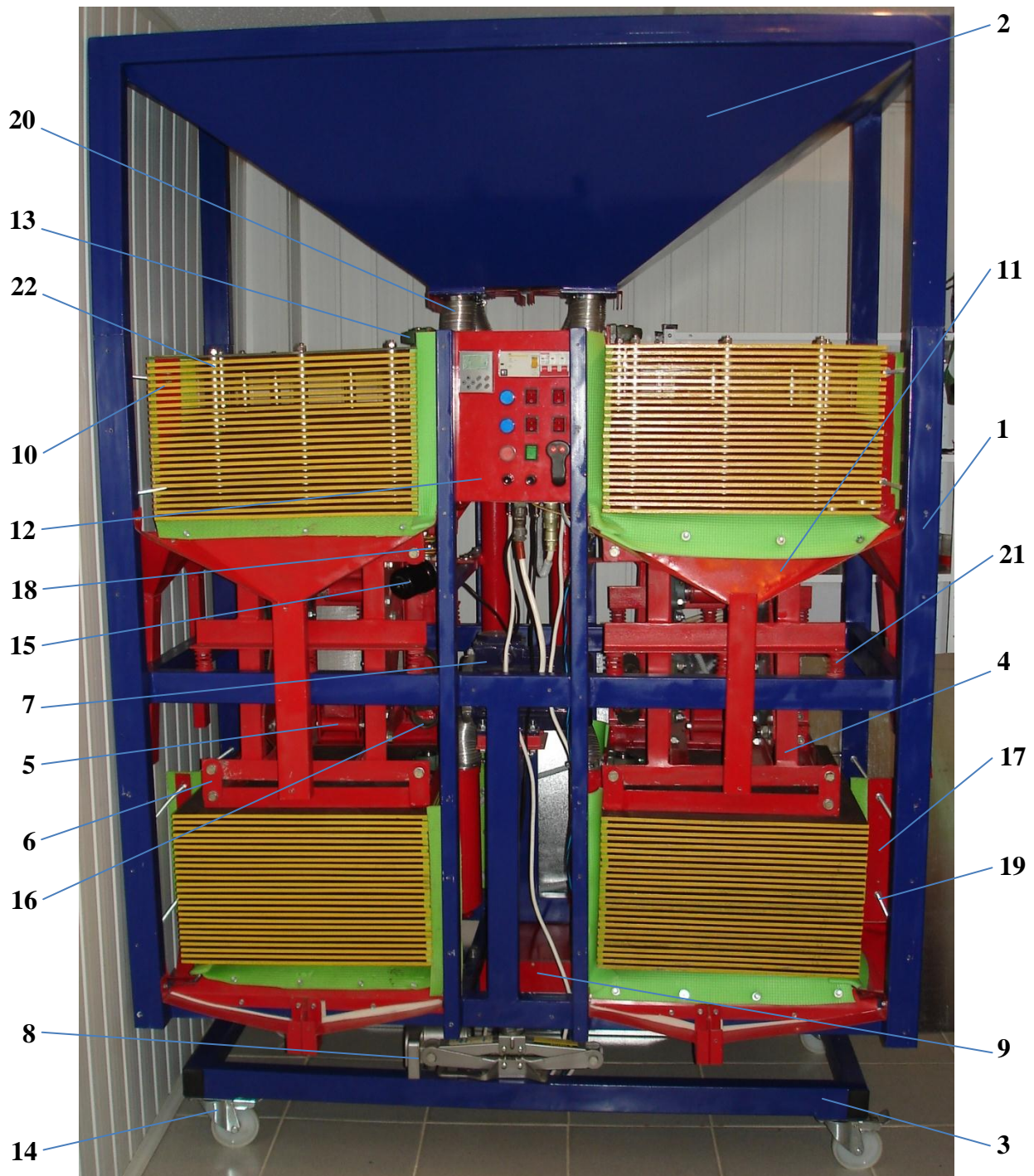


Рис. 1 – Мехатронна вібраційна насіннеочисна машина:

1 – проміжна рама; 2 – бункер насіння; 3 – платформа; 4 – рама вібробуджувача; 5 – вібробуджувач; 6 – рама площин; 7 – електродвигун; 8 – електродомкрат; 9 – блок живлення; 10 – сепаруючі пластини; 11 – направляючі пластини; 12 – блок управління; 13 - живильник; 14 – колісний механізм; 15 – моторредуктор; 16 – муфта; 17 – ділильна планка; 18 – муфта приводу живильника; 19 – гвинтові направляючі; 20 – гнучкий патрубок; 21 – пружини; 22 – тарировані шайби.

Машина складається з проміжної рами 1, встановленої на платформі 3, яка спирається на чотири колісні механізми з фіксацією обертання коліс 14. За допомогою подвійних пружин стиску 21 на проміжну раму 1 встановлені дві рами вібробуджувачів 4, в яких закріплені два вібробуджувачі двуххвального

типу з ремінною зубчатою передачею 5. До кожної з двох рам вібробудувачів 4 за допомогою болтового з'єднання дзеркально кріпляться по дві рами сепаруючих пластин 6 (одна зверху і друга знизу вібробудувача). Сепаруючі пластини 10 по своєму периметру мають по 10 отворів, за допомогою яких вони встановлюються еквідистантно одна другій на раму площин 6. Відстань між сепаруючими пластинами визначається кількістю тарированих по висоті шайб 22.

Привід вібробудувачів здійснюється від електродвигуна змінного струму 7, який встановлений на проміжній рамі 1 за допомогою двох пружних муфт 16.

Подача насіння до активних живильників 13 здійснюється з бункера 2 через гнучкі патрубки 20.

Крилатки живильників приводяться в обертний рух від моторредукторів постійного струму 15, встановлених на проміжній рамі 1, через пружні муфти 18.

Збір продуктів поділу здійснюється в приймачі продуктів поділу за допомогою направляючих 11, які кріпляться до проміжної рами 1. Для більш якісного розділення довжина обрізу сепаруючих пластин 10, з яких поступає насіння в приймачі продуктів поділу, в машині може бути змінена переміщенням ділильної планки 17 по гвинтовим направляючим 19, встановленими між стійками проміжної рами 1.

Основні регулювання технологічного процесу розділення у машини автоматизовані: частота коливань сепаруючих пластин і подача насіння на них змінюються обертанням ручок змінних резисторів 10 і 11 на блоці управління, подовжній кут нахилу змінюється кнопками 9 (рис. 2).

Зміна частоти коливань сепаруючих пластин, також як і інші параметри, наприклад, характеристики виходу на задану частоту здійснюються за допомогою перетворювача частоти Lenze Vector 820, який забезпечує як скалярне, так і векторне управління електродвигуном [5]. Дванадцять фіксованих швидкостей цього частотного перетворювача дають змогу отримувати стільки ж фіксованих частот коливань робочого органу машини для сепарації різних культур. Враховуючи, що вібраційні насіннеочисні машини працюють в зарезонансному режимі, актуальним є максимальне зниження нестационарних коливань при проходженні системи через пускові та зупинкові резонанси. Використовуваний в приводі робочого органу машини частотний перетворювач дозволяє встановлювати заборону на такі частоти з визначеною шириною смуги для заборонених частот.

Рівень шуму мехатронної вібраційної насіннеочисної машини визначається роботою електродвигуна приводу сепаруючих пластин, частотного перетворювача і підшипників кочення.

З метою захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом на машині встановлено пристрій захисного відключення 3.

Технологічний процес мехатронної вібраційної насіннеочисної машини відбувається наступним чином. Вихідний матеріал з бункера насіння 2 за допомогою гнучких патрубків 20 надходить в короби живильників 13 (рис. 1).

При подачі живлення на моторредуктори живильників 15 вони через пружні муфти 18 передають обертальний рух крилаткам, які встановлені над кожною сепаруючою пластиною на квадратному валу. Останні захоплюють своїм міжлопатевим простором насіння, що надходить самопливом, і переміщують його по сепаруючим пластинам. Так як рух повноцінного насіння в нижні приймачі продуктів поділу якийсь час обмежується лопатями крилаток, то неповноцінне насіння культури та насіння бур'янів (плоске непружне і шорстке) встигає проявити свої властивості і вийти із зони розосередження у верхні приймачі продуктів поділу. Після повороту крилаток на  $180^{\circ}$  і більше обмеження на рух повноцінного насіння все більш знімається і воно надходить в нижні приймачі продуктів поділу. У бічні приймачі продуктів поділу надходить насіння з проміжними властивостями.



Рис. 2 - Блок управління мехатронної вібраційної насіннеочисної машини:

1 – частотний перетворювач Lenze Vector 820; 2 – пристрій захисного відключення; 3 – пакетний вимикач; 4 – кнопка включення частотного перетворювача; 5 – сигнальна лампа подачі живлення на блок управління; 6 – кнопка включення блока живлення живильників і домкрата; 7 – сигнальна лампа подачі струму від блока живлення; 8 – кнопки включення подачі насінневої суміші на блоки сепаруючих пластин; 9 – кнопки зміни подовжного кута нахилу сепаруючих пластин; 10 – регулятор зміни частоти коливань сепаруючих пластин; 11 – регулятор зміни подачі насінневої суміші на сепаруючі пластини.

## Список використаних джерел

1. Веселовський, І.В. Довідник по бур'янах [Текст] / І. В. Веселовський, Ю.П. Манько, О.Б. Козубський.- К.: Урожай, 1993.– 208 с.
2. Лукьяненко, В.М. Способ численного решения системы уравнений безотрывного движения изолированного тела по наклонной вибрирующей поверхности [Текст] / В.М. Лукьяненко // Журн. «Вібрації в техніці та технологіях». - 2012. – № 3 (67). – С. 48 – 53.
3. Лукьяненко, В.М. Способ численного решения системы уравнений отрывного движения изолированного тела по наклонной вибрирующей поверхности [Текст] / В.М. Лукьяненко // Журн. «Вібрації в техніці та технологіях». - 2013. – № 2 (70). – С. 46 – 52.
4. Тищенко, Л.Н. Математическая модель движения семян по наклонной вибрирующей поверхности с учётом их взаимодействия [Текст] / Л.Н. Тищенко, В.М. Лукьяненко, А.А. Никифоров, И.В. Галич // Журн. «Вібрації в техніці та технологіях». - 2012. – № 1 (65). – С. 115 – 118.
5. Рудаков, В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением [Текст] / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. –136 с.

## Аннотация

### МЕХАТРОННА ВІБРАЦІЙНА НАСІННЄОЧІСНА МАШИНА

Лук'яненко В.М., Галич І.В., Никифоров А.О.

*Стаття посвящена проектуванню мехатронної вібраційної семяочисної машини, робочим органом якої являються блоки фрикційних неперфорированих пластин. Також розглянуті питання оптимізації параметрів технологічного процесу сепарації насінних сумішей з використанням розроблених математичних моделей процесу розділення насіння, як на фрикційних неперфорированих площинах, так і в нахилних каналах, утворених близькорозміщеними пластинами*

## Abstract

### MATHEMATICAL MODELING OF VIBRATION SEED CLEANING MACHINES IMPERFORATE SURFACES

V. Lukyanenko, I. Galych, A. Nikiforov

*The article is devoted to designing mechatronic vibration seed cleaning machine, working body which is punched blocks friction plates. Also consider optimization of process parameters of separation of seed mixtures using the developed mathematical model of separation of seeds as the friction punched planes and in oblique channels formed plates placed about*