

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Хессро Монтасер Хейрі Хуссейн

УДК 631.362.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ
ГОРОХУ НА ДЕКАХ З КРИВОЛІНІЙНИМИ РОБОЧИМИ
ПОВЕРХНЯМИ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського
виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Завгородній Олексій Іванович**, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, завідувач кафедри вищої математики

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент **Михайлов Євген Володимирович**, Таврійський державний аграрний університет, професор кафедри машиновикористання в землеробстві;

кандидат технічних наук, доцент **Ковалишин Степан Йосифович**, Львівський національний технічний університет, декан факультету механіки та енергетики.

Захист відбудеться «29» Січня 2016р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

Автореферат розісланий «28» Грудня 2015р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.Д.Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У зерновому балансі України значна роль відведена виробництву зернобобових культур, з яких найпоширенішою є горох. Його вирощування має стратегічно важливе значення, оскільки саме горох є джерелом цінного рослинного білка. Україна займає третє місце в світі з виробництва зерна гороху .

Основою отримання високих врожаїв зернових культур є забезпечення посівів високоякісним посівним матеріалом. Необхідно з усієї маси насіння, отриманого при збиранні, відібрати насіннєвий матеріал, що має найбільшу біологічну цінність і реалізує біологічний потенціал, який закладений в ньому генетично. Ретельно відібране виповнене насіння дає дружні сходи і підвищення врожаю на 3-6 ц з гектара.

Найбільш цінний посівний матеріал із зернової суміші (ЗС) можливо виділяти за допомогою вібраційних безрешітних сепараторів з малогабаритними деками. Вони добре працюють на сумішах, що включають округлі зерна, якими є зернини гороху. Використання малогабаритних дек у зазначених сепараторах дозволяє багаторазово збільшувати число місць завантаження і, тим самим, підвищувати продуктивність.

Незважаючи на зазначені переваги, процес поділу ЗС на малогабаритних деках досліджено недостатньо. Особливо це стосується дек, що мають у поперечному перетині криволінійні твірні. Таким чином, дослідження процесу вібросепарації гороху на малогабаритних деках з криволінійним профілем є актуальним. Воно спрямоване на підвищення якості насіннєвого матеріалу однієї з основних культур, вирощуваних в Україні, і сприяє зміцненню сировинної та продовольчої бази країни.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з: Державною цільовою програмою “Розвиток українського села до 2015 р.”; вимог Законів України “Про продовольчу безпеку України”, № 4344-VI від 07.02.2012 р. і “Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу”, № 5478-VI від 06.11.2012 р.; Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 р. “Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень і науково-технічних розробок до 2015 року”; Програмою НААН України “Пріоритетні завдання аграрної науки України” (період 2008 - 2015 рр., п. 6.4.2. Наукові основи удосконалення технологічних процесів та створення енергоощадних технічних засобів для післязбиральної обробки врожаю зернових культур). Робота є частиною науково-дослідної держбюджетної теми ХНТУСГ “Моніторинг і прогнозування ефективності новітніх технологічних процесів сільськогосподарського виробництва зі створенням динамічного математичного моделювання” і НДР “Розробка нових енергозберігаючих, екологічно-безпечних технологій і функціонально-стабільних машинно-технологічних систем та організаційно-нормативних заходів, які підвищують ефективність механізованого виробництва сільськогосподарської продукції, поліпшують охорону праці та забезпечують збереження біоресурсів, покращення природокористування” (ДР №0109U006633), яка виконувалась на замовлення Міністерства аграрної політики України.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності процесу вібросепарації гороху шляхом обґрунтування конструктивно-режимних характеристик розробленого сепаратора.

Для вирішення поставленої мети намічені наступні завдання:

- проаналізувати стан питання в науці і практиці, намітити шляхи підвищення ефективності вібросепарації насінневого матеріалу гороху і вдосконалення технічних засобів для реалізації процесу;

- удосконалити технологічну схему вібросепаратора з малогабаритними деками для якісної підготовки насіння;

- провести експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей насіння гороху;

- провести теоретичні дослідження руху насіння гороху по деці з профілем у вигляді дуги кола, перевірити адекватність математичної моделі і обґрунтувати критерій поділу;

- розробити математичну модель руху насіння по робочій поверхні деки, профіль якої має довільну форму;

- дослідити динаміку періодичного режиму руху насіння по криволінійним поверхням дек для профілів поширених форм (кола, квадратної і кубічної парабол, гіперболи, синусоїди і складного профілю у вигляді дуги кола з доповненням лінійних ділянок);

- вивчити вплив фізико-механічних властивостей насіння і режимів роботи сепаратора на критерій поділу;

- на підставі теоретичних досліджень виявити вплив форми профілю деки на розсіювання критерію поділу і за величиною зазначеного розсіювання вибрати раціональну форму;

- обґрунтувати режими роботи, конструктивні та технологічні параметри вібросепаратора для обробки насіння;

- визначити економічну ефективність застосування сепаратора в технології підготовки насінневого матеріалу гороху.

Об'єкт дослідження – процес вібросепарації ЗС гороху і зв'язок процесу з конструктивно-режимними параметрами розробленого сепаратора та фізико-механічними властивостями зерна.

Предмет досліджень – обґрунтування параметрів процесу вібросепарації гороху на деках з криволінійним профілем робочої поверхні.

Методи дослідження: Теоретичні дослідження виконані із застосуванням основних положень теоретичної механіки, теорії віброударних систем, методів диференціального й інтегрального числення та математичного моделювання з використанням обчислювальної техніки.

Експериментальні дослідження проведено на виготовлених лабораторних установках з використанням відеозйомки. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана із застосуванням положень теорії ймовірності, математичної статистики і прикладних пакетів програм "Mathcad 15",

"Microsoft Office Excel 2003", "Avs Video Editor 7.0", "Video to JPG Converter V.5.0.61", "Solidworks 2014". Для оптимізації параметрів режиму роботи сепаратора і конструкції його робочих органів використана методика планування багатofакторного експерименту відповідно до програм "Minitab 17".

Наукова новизна одержаних результатів:

– вперше на основі побудованої математичної моделі віброударного періодичного руху зерен по поверхні деки досліджено вплив їх фізико-механічних властивостей і режимів роботи сепаратора на цей рух і доведена можливість поділу ЗС на фракції по запропонованому критерію – максимальному віддаленню траєкторії зерен від відбивача;

– на підставі дослідження динаміки руху зерен по криволінійному профілю деки вперше показано, що підвищення інтенсивності коливань деки стирає різницю в значеннях критерію поділу для зерен з різними фізико-механічними властивостями, а для ефективного поділу ЗС коефіцієнт кінематичного режиму повинен мати мінімально можливе значення;

– вперше математично інтерпретована умова самоочищення дек сепаратора, оснащених відбивачем, від домішок, на основі чого встановлено, що для належного протікання технологічного процесу – без засмічення дек, коефіцієнт кінематичного режиму повинен бути близьким до одиниці;

– отримала подальший розвиток теорія руху зерен по поверхні деки, яка відрізняється тим, що рівняння руху одержано для загального випадку, коли профіль має довільну форму, за рахунок чого дослідження технологічного процесу проведено для робочих поверхонь з профілями різних форм: кола, квадратної і кубічної парабол, гіперболи, синусоїди, дуги кола з приєднаними прямолінійними ділянками;

– на основі розроблених математичних моделей для оцінки розсіювання значень критерію поділу зернової суміші на деках з криволінійними поверхнями вперше встановлено, що серед зазначених шести форм, оптимальною є дуга кола, яка створює найбільше розсіювання.

Практична значимість отриманих результатів.

На підставі проведених досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок вібросепаратора з профілем малогабаритних дек у вигляді дуги кола для проведення додаткової обробки ЗС гороху та запропоновано оптимальні параметри режиму його роботи.

Додаткове сортування зерна на запропонованому вібросепараторі дозволяє довести якість насінневого матеріалу до вимог стандарту ДСТУ 2240-93 "Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови" і свідчить про доцільність його застосування для післязбиральної обробки зернового матеріалу в насінневих господарствах України. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження вібросепаратора складає 30910 грн.

Отримані теоретичні результати - диференціальні рівняння руху округлих частинок по профілю довільної форми, «Mathcad»-програми для пошуку періодичних безвідривних режимів руху частинок, можуть бути використані для моделювання технологічних процесів і синтезу машин, робочими елементами яких є криволінійні поверхні.

Особистий внесок здобувача. Основні результати отримані автором самостійно. У наукових працях, виконаних у співавторстві, особистий внесок наступний: [1, 8] – складені диференціальні рівняння руху сферичної частинки і матеріальної точки по дузі кола, що коливається, проведено аналіз результатів розрахунку, сформульовані висновки; [2 – 4, 6, 9] – складені диференціальні рівняння руху сферичної частинки по поверхні деки з профілем довільної форми, проведено чисельний аналіз руху для профілів у формі квадратної і кубічної парабол, гіперболи, синусоїди і дуги кола з приєднаними лінійними ділянками; [5] – проведені експериментальні дослідження поділу ЗС гороху на фракції і дана геометрична інтерпретація отриманих результатів; [7] – отримана умова самоочищення деки вібросепаратора від домішок, режим руху яких не збігається з режимом руху насіння основної культури.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідалися: на XI Міжнародній науково-технічній конференції (МНТК) "Вібрації в техніці та технологіях" (м. Полтава, ПНТУ, 2012); на XII Міжнародній науково-практичній конференції (МНПК) "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв" (м. Харків, ХНТУСГ, 2012); на XII МНТК "Вібрації в техніці та технологіях" (м. Харків, ХНТУСГ, 2013); на IX МНПК "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки" (м. Кіровоград, КНТУ, 2013); на науково-практичній конференції "Новітні технології в рослинництві" (м. Біла Церква, БНТУ, 2013); на МНПК "Інноваційні технології деревообробної промисловості та механізації процесів у лісовому комплексі" (м. Харків, ХНТУСГ, 2013); МНПК "Технічний прогрес в АПК" (м. Харків, ХНТУСГ, 2015).

Публікації. Основний зміст і результати дисертації опубліковані в 6 наукових статтях фахових видань, одна з яких за кордоном, статті в журналі "Інженерія природокористування" та двох тезах доповідей на науково-практичних конференціях. Отримано 2 патенти України на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 152 найменувань і 17 додатків. Повний обсяг дисертації — 230 сторінок. Основна частина дисертації складає 178 сторінок і містить 64 рисунка та 9 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовані мета і завдання досліджень, наведені наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено вимоги до якості насіннєвого матеріалу гороху, проведено аналітичний огляд інженерно-технологічних розробок та виявлено перспективний напрямок розвитку технологій підготовки насіння, запропонована конструктивно-технологічна схема вібросепаратора з криволінійним профілем робочих органів, виконано аналіз теоретичних досліджень застосування коливань у процесах сепарації ЗС.

Одержати якісне насіння гороху можливо лише після кількох етапів очищення, останнім з яких є додаткова обробка. На цьому етапі доцільно використовувати сепарацію зернової суміші на малогабаритних деках з криволінійним профілем робочої поверхні (рис.1). Коливання деки відбувається

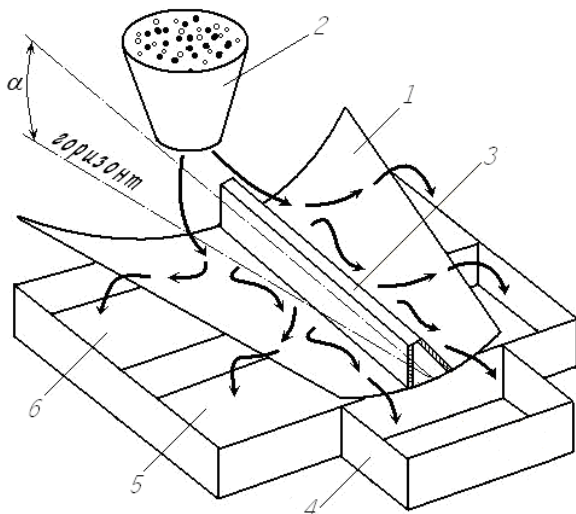


Рис.1. Конструктивно-технологічна схема розробленого сепаратора
1 – дека; 4,5,6 – приймачі продуктів сепарації; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – відбивна пластина

в поперечному напрямку. Зерновий матеріал подається на поверхню деки 1 з завантажувального пристрою 2 двома потоками. Регулярні співударення з відбивною пластиною 3 призводять до поперечного відскакування зернин, а нахил деки під кутом α до горизонту – до поздовжнього руху в напрямі приймача 4. Рухаючись по складній траєкторії, більш виповнені пружні зернини відхиляються далі від пластини 3 і попадають в бокові приймачі 5, 6, а менш дозрілі і менш пружні зернини рухаються з меншим боковим відскоком і направляються в приймач 4 біля торцевого зрізу деки.

Ця схема є найбільш пристосованою для сепарації округлого насіння, приймає вдвічі більше зернових потоків

на кожену деку і не вимагає складного приводу коливань для забезпечення ідентичного закону руху кожної точки робочої поверхні. Отже, з точки зору підвищення якості насіння, продуктивності сепарації та спрощення конструктивної реалізації, вона є перспективною для подальшого вивчення.

Підвищенням ефективності післязбиральної обробки зерна і, зокрема, застосуванням вібрації в технологіях безрешітного сепарування насіння займалися багато вчених: І.І. Блехман, П.М. Заїка, О.І. Завгородній, А.Є. Кобринський і А.А. Кобринський, Е.Е. Лавендел, Р.Ф. Нагаєв, Д.А. Пліс, Г.Д. Терсков, В.І. Якубович, Ю.О. Манчинський, В.Я. Ільїн, О.В. Богомоллов, Є.В. Михайлов, Г.Є. Мазнев, О.В. Козаченко, В.М. Лукьяненко, С.Д. Харук, І.В. Чалий та ін.

Але досі задачі знаходження періодичного віброударного режиму руху зерна по криволінійним профілям дек та вибору оптимальної форми профілю для керування ефективністю процесу повністю не вирішені.

У другому розділі проведено теоретичні дослідження руху частинок ЗС в процесі сепарування. Побудована математична модель руху для загального випадку, коли форма профілю деки може задаватися довільним рівнянням. На основі аналізу розсіювання значень критерію розподілу сумішей деками з різними профілями робочих поверхонь встановлена оптимальна форма профілю.

У процесі досліджень форму зернин гороха апроксимували сферою. Вважали також, що форма профілю деки задається рівнянням $y = f(x)$ (рис.2).

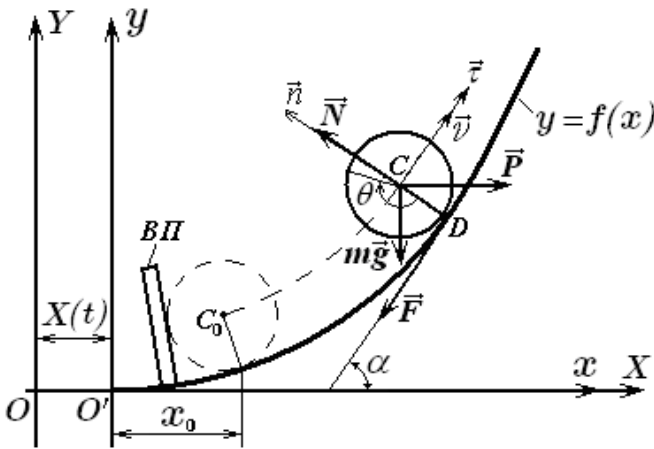


Рис.2. Розрахункова схема руху сферичної еквівалентної частинки.

На частинку, що рухається в контакті з декою, у відносній системі координат діють наступні сили: сила тяжіння $m\vec{g}$, нормальна реакція \vec{N} , сила інерції \vec{P} і сила тертя \vec{F} . З урахуванням цього диференціальні рівняння руху частинки в природних координатах запишемо так:

$$\frac{mV^2}{\rho - r} = N - mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \omega(t + t_y) \sin \alpha; \quad (1)$$

$$m\ddot{S} = mA\omega^2 \sin \omega(t + t_y) \cos \alpha - mg \sin \alpha - F; \quad (2)$$

$$I\ddot{\theta} = Fr. \quad (3)$$

Тут $I = mr_i^2$ – момент інерції частинки, t_y – час співударання частинки з ВП.

При русі частинки без ковзання до цієї системи додається рівняння в'язі $S = r\theta$ (r – радіус частинки), яке разом з (3) дозволяє виключити з рівняння (2) силу тертя і записати одне незалежне диференціальне рівняння відносно шляху S . Але в цьому рівнянні кут α визначатиметься абсцисою x точки дотику частинки з профілем. Щоб перейти повністю до однієї змінної і виключити величину S врахуємо співвідношення $dS/(\rho - r) = dl/\rho$, яке має місце при миттєвому русі частинки, та відомі залежності:

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+y'^2}}; \quad \sin \alpha = \frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}}; \quad \rho = \frac{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}}{|y''|}; \quad dl = \sqrt{1+y'^2} dx. \quad (4)$$

У результаті одержимо:

$$\left(1+y'^2 - \frac{y''r}{\sqrt{1+y'^2}}\right) \ddot{x} + \left(y'y'' - \frac{y'''(1+y'^2) - 2y'y''^2}{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}}r\right) \dot{x}^2 + \frac{1}{1+\mu} \left(gy' - A\omega^2 \sin \omega(t+t_y)\right) = 0. \quad (5)$$

Для зручності застосування числових методів дослідження використаємо безрозмірні змінні. Час будемо вимірювати в долях періоду коливань, а лінійні величини – в долях амплітуди. В зв'язку з цим введемо наступні позначення:

$$t = T\tau, \quad x = A\chi, \quad y = A\eta, \quad r_a = r/A, \quad \mu = (r_i/r)^2, \quad K = A\omega^2/g. \quad (6)$$

Похідні від безрозмірної функції η за безрозмірним часом τ позначимо зірочками, а похідні від функції η за аргументом χ – стандартно (штрихами). Сили тертя та нормальної реакції також запишемо через безрозмірні величини та виразимо в долях сили ваги:

$$\chi^{**} = \frac{1}{1+\eta'^2 - \frac{\eta''r_a}{\sqrt{1+\eta'^2}}} \left[\left(\frac{\eta'''(1+\eta'^2) - 2\eta'\eta''^2}{\sqrt{(1+\eta'^2)^3}} r_a - \eta'\eta'' \right) \chi^{*2} + \frac{4\pi^2}{1+\mu} \left(\sin 2\pi(\tau + \tau_y) - \frac{\eta'}{K} \right) \right]; \quad (7)$$

$$F^* = \frac{F}{mg} = \frac{\mu}{(1+\mu)\sqrt{1+\eta'^2}} \left[K \sin 2\pi(\tau - \tau_y) - \eta' \right]; \quad (8)$$

$$N^* = \frac{N}{mg} = \frac{1}{\sqrt{1+\eta'^2}} \left[\frac{K\eta''}{4\pi^2} \left(1 - \frac{\eta''r_a}{\sqrt{(1+\eta'^2)^3}} \right) \chi^{*2} + K\eta' \sin 2\pi(\tau + \tau_y) + 1 \right]. \quad (9)$$

Рівняння (7)-(9) можуть бути використані для профілів будь-якої форми, необхідно тільки задати цю форму явним рівнянням виду $\eta = \eta(\chi)$ та доповнити його першими трьома похідними від функції $\eta(\chi)$. До уваги приймали найбільш розповсюджені форми: квадратна та кубічна параболи, коло, синусоїда, гіпербола і складна форма у вигляді кола, доповненого прямолінійними ділянками.

Вивчали періодичний безвідривний режим руху зернин при відсутності ковзання, який, як відомо, має високу стійкість. Для цього на основі співвідношень (7)-(9) було складено систему рівнянь, що впроваджує умови періодичності, а відсутність ковзання та відриву частинок від робочої поверхні контролювалось, відповідно, нерівностями $|F^*| < F_{\max}^* = fN^*$ і $N^* > 0$ або $F_{\max}^* > 0$. Розв'язування вказаної системи і пошук відповідного режиму проводили в середовищі «Mathcad». Наглядне уявлення про динаміку руху частинок по криволінійним робочим поверхням дек та вплив параметрів коливань і властивостей зерна на величину дальності відскоку (S_{\max}) дають графіки на рис. 3-4.

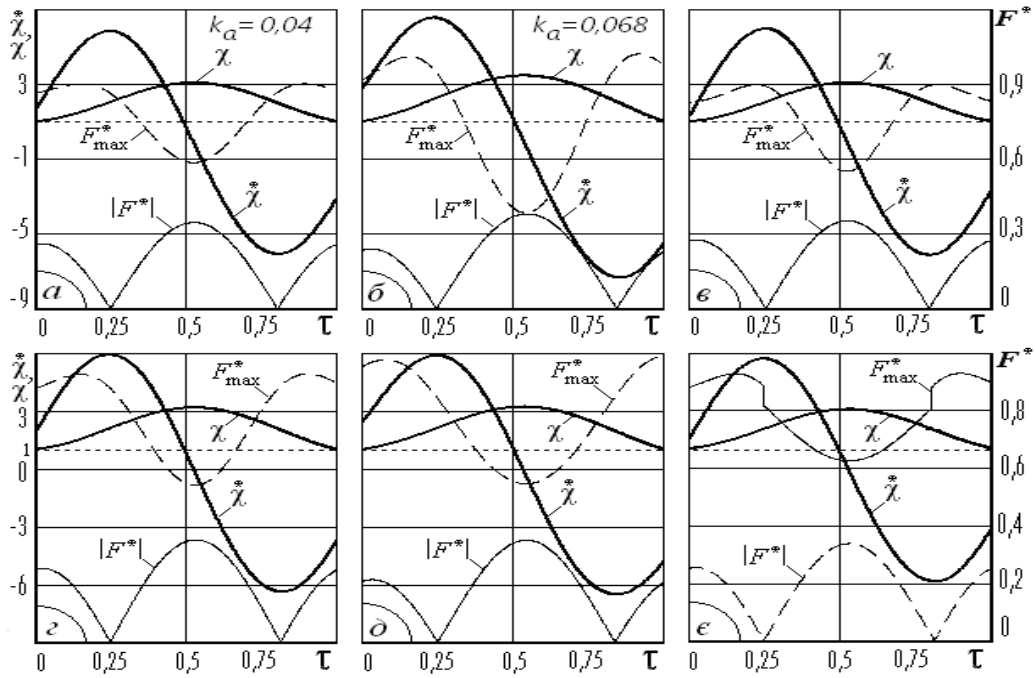


Рис. 3. Характеристики руху зерна по криволінійним робочим поверхням:
 а), б) – квадратна парабола; в) – кубічна парабола; г) – синусоїда;
 д) – гіпербола; е) – коло, доповнене прямолінійними ділянками,
 де: χ – переміщення в долях амплітуди; $\dot{\chi}$ – безрозмірна швидкість;
 F^* , F_{\max}^* – відповідно, сила тертя та її максимально можливе значення

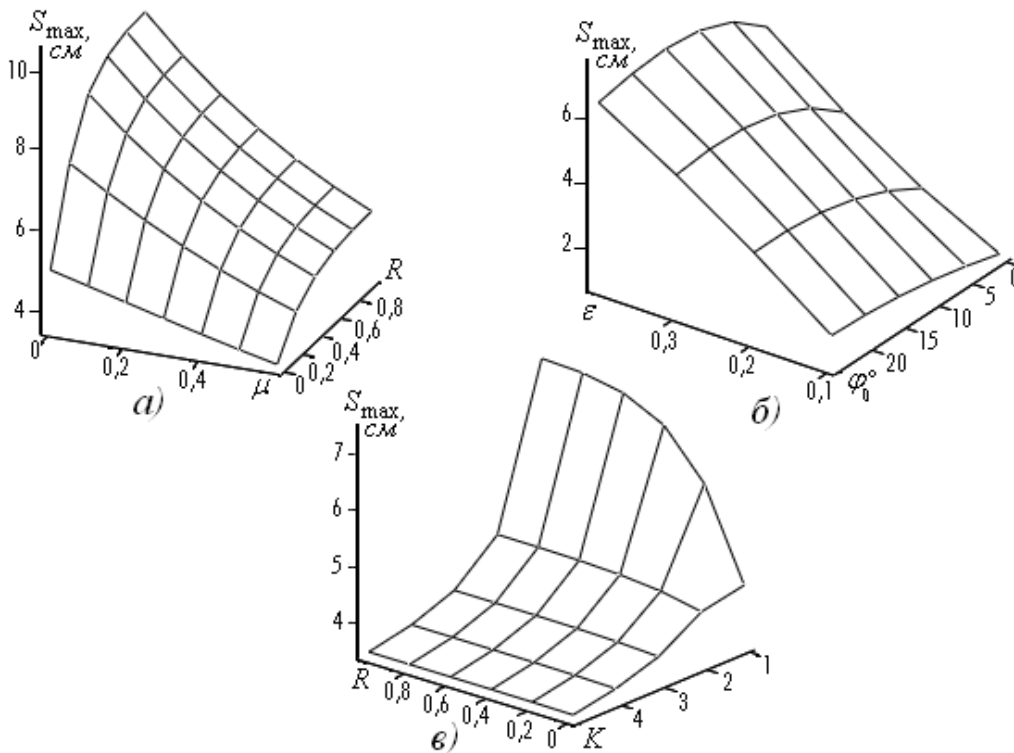


Рис. 4. Залежності дальності відскоку зернин від параметрів коливань (ε , K), розташування відбивної пластини (φ_0) та фізико-механічних властивостей зерна (μ , R)

Як видно (рис. 3), параметри профілів можливо вибирати таким чином, щоб умова $|F^*| < F_{\max}^*$ виконувалась для кожного з них і тим самим підтримувався, вказаний вище, періодичний режим руху.

Динаміка руху зерна посилюється (діапазони зміни координат χ , швидкостей $\dot{\chi}$ та сил $|F^*|, F_{\max}^*$ зростають) при збільшенні “крутизни” профілю деки (рис. 3, б). На цьому рисунку, порівняно з рис. 3, а, коефіцієнт k_a форми параболи $\eta = k_a \chi^2$ збільшено з 0,04 до 0,068. Такий ефект спричиняється збільшенням складової сили ваги, яка діє вздовж траєкторій руху зерна.

Критичною областю, в якій може відбутися зміна режиму руху зернин (поява ковзання чи відриву від робочої поверхні), є ділянка найбільшого віддалення від ВП, де вони змінюють напрямок руху, а реакція N^* приймає найменше значення. На рис. 3, б показано випадок, коли в указаній області має місце критична точка, в якій $|F^*| = F_{\max}^*$. Очевидно, що подальше збільшення коефіцієнта k_a форми недоцільне, так як приведе до порушення періодичного режиму руху.

Рух зерна по складному профілю (коло, доповнене прямолінійними ділянками – рис. 3, в) має особливості. При русі по колу в нижній частині профілю ($0 \leq \chi < \chi_c$) на зерно діє відцентрова сила інерції, яка зникає при попаданні на прямолінійну ділянку і з'являється, як тільки зерно знову опиняється в нижній частині. Це призводить до скачків сили $F_{\max}^* = fN^*$ при переході через точку $\chi_c = 2$ зрощування круглої і прямолінійної ділянок.

Відзначимо, що комплексним критерієм, по якому відбувається сепарування сумішей на малогабаритних деках, є максимальне віддалення S_{\max} зернин від ВП у відносному русі. На рис. 4 наведені залежності величини S_{\max} від пружності зернин, інертності обертального руху, кута φ_0 розміщення ВП та параметрів коливань для випадку, коли формою профілю деки є дуга кола. Пружність характеризується коефіцієнтом відновлення швидкості R , а інертність – показником μ (6). При незмінній різниці $R_d - r$ зміну показника $\varepsilon = A/(R_d - r)$ можна тлумачити, як зміну амплітуди коливань A .

Збільшення пружності зернин призводить до зростання величини S_{\max} , а збільшення інертності руху – до її спадання (рис. 4, а), що і очікувалось.

З ростом кута φ_0 розміщення ВП збільшується роль пружності зернин, але дотична складова сили інерції ($P \cos \varphi_0$), яка сприяє розкачуванню частинок, зменшується. Такий протилежний вплив призводить до появи ділянок зростання та спадання величини S_{\max} (рис. 4, б). Найбільші значення S_{\max} спостерігаються в діапазоні зміни кута φ_0 від 10° до 15° . При сталій інтенсивності коливань (K) залежність величини S_{\max} від амплітуди прямо пропорціональна і майже лінійна, що досить важливо для керування якістю сепарування сумішей.

Збільшення інтенсивності коливань K за рахунок частоти ω знижує показник S_{\max} до одного й того ж значення, якими б не були значення інших параметрів, наприклад, коефіцієнта R (рис. 4, в). Це говорить про те, що при високих інтенсивностях коливань сепарація ЗС на малогабаритних деках неможлива. Для профілів, що мають іншу форму, описані залежності якісно збігаються, але мають кількісні відмінності.

Попадання на поверхню деки плоских домішок (кусточків стеблин, половинок гороха, насіння других рослин тощо) може призвести до засміченості деки і зниження ефективності сепарації. Щоб цього не сталося, треба щоб означені домішки не залишалися на поверхні деки нерухомими, а транспортувалися при коливанні деки в нижній приймач 4 продуктів розподілу (рис. 1). На основі аналізу діючих сил одержана умова, при якій гарантується таке транспортування по профілю довільної форми:

$$K > \frac{f + y'(x_n)}{1 - f y'(x_n)}, \quad (10)$$

де: f – коефіцієнт тертя; x_n – координата встановлення ВП на профілі деки.

Зважаючи на те, що $y'(x_n) = \operatorname{tg} \varphi_0$, а $f = \operatorname{tg}(\varphi_f)$ (φ_f – кут тертя), ця умова може бути записана в спрощеному вигляді:

$$K > \operatorname{tg}(\varphi_f + \varphi_0). \quad (11)$$

Так як сума $\varphi_f + \varphi_0$ близька до 45° , то раціональним є використання значення коефіцієнта кінематичного режиму, близького до одиниці.

Вибір раціонального профілю проводили на основі аналізу розмаху R_L розсіювання величини $L_A = L/A$ максимального віддалення точки контакту зернин від ВП вздовж профілю. Найкращим вважався профіль, який створює найбільше розсіювання і, тим самим, задає найкращі умови для розподілу ЗС на фракції. Для визначення найбільшого значення розмаху R_L була задіяна вибірка 100 зернин гороху, для кожної з яких виявлені фізико-механічні властивості. Змінювалися конструктивні параметри профілю при одних і тих же режимах коливань деки (для визначеності прийнято: $A = 0,01\text{м}$, $K = 1$). Шукана величина знаходилася за відомою залежністю: $R_L = L_{A\max} - L_{A\min}$. Знаходження екстремальних значень $L_{A\max}$, $L_{A\min}$ проводили в середовищі «Mathcad» за розробленими двома програмами для однопараметричних (коло, квадратна і кубічна параболи) та двопараметричних кривих форми профілю (гіпербола, синусоїда, коло, доповнене прямолінійними ділянками). Режим безвідривного руху контролювали знаком нормальної реакції: $N^* \geq 0$. Розрахунки зупинялися, як тільки нормальна реакція приймала від'ємне значення. Результати розрахунків розмаху R_L для вказаних профілів представлено графіками на рис. 5. Позиціям (а)-(є) на цьому рисунку відповідають наступні рівняння профілів в безрозмірних координатах:

$$\begin{aligned} \text{а) } \eta(\chi) &= R_{dA} - \sqrt{R_{dA}^2 - \chi^2}; & \text{б) } \eta(\chi) &= k_a \chi^2; & \text{в) } \eta(\chi) &= k_A \chi^3; \\ \text{г) } \eta(\chi) &= \frac{b_A}{a_A} \sqrt{\chi^2 + a_A^2} - b_A; & \text{д) } \eta(\chi) &= B_A (1 - \cos \varpi_A \chi); & & \\ \text{є) } \eta(\chi) &= \left(R_{dA} - \sqrt{R_{dA}^2 - \chi^2} \right) (0 \leq \chi \leq \chi_c) + \left(R_{dA} - \sqrt{R_{dA}^2 - \chi_c^2} + \frac{\chi_c}{\sqrt{R_{dA}^2 - \chi_c^2}} (\chi - \chi_c) \right) (\chi > \chi_c) \end{aligned} \quad (12)$$

У рівнянні (12, є) нерівності розглядаються як логічні вирази, яким у випадках “вірно” чи “невірно” присвоюються значення “1” чи “0”.

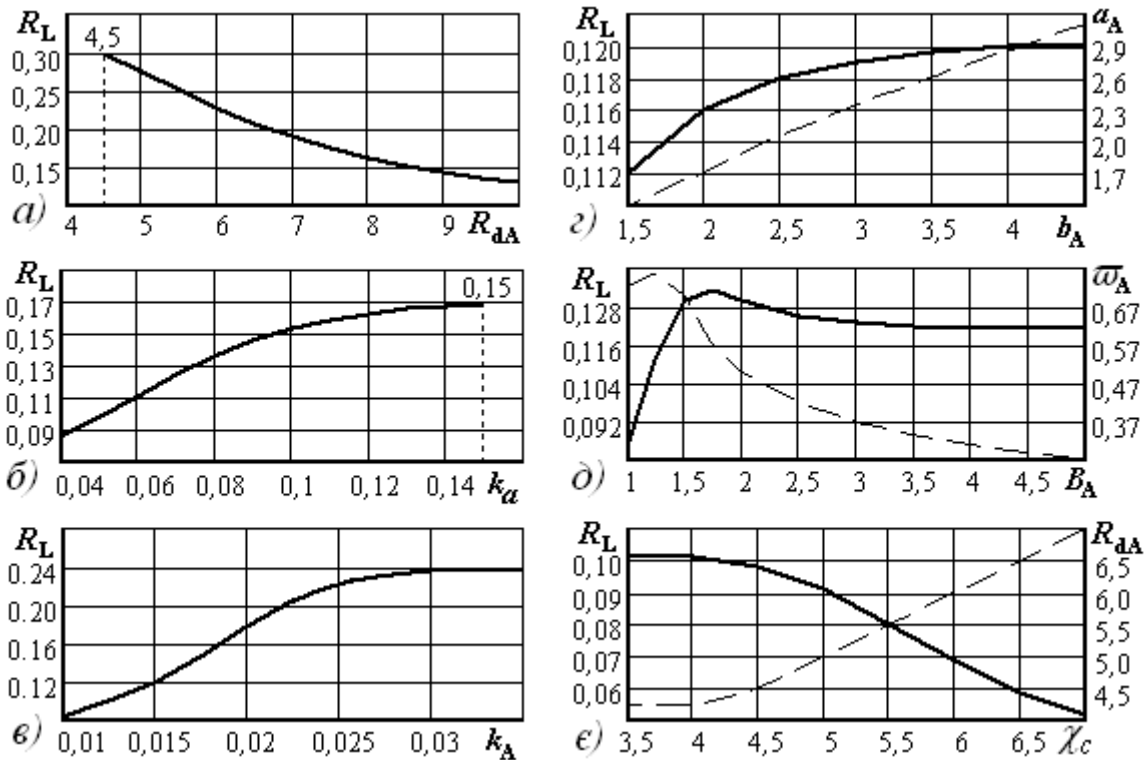


Рис. 5. Оцінка розсіювання параметра L_A за величиною розмаху R_L для профілів деки у вигляді кола (а), квадратної (б) і кубічної (в) парабол, гіперболи (г), синусоїди (д), складної форми з круглою та прямолінійними ділянками (е)

На рис. 5, г-е ліва шкала відповідає суцільній, а права – пунктирній ліній.

Графіки показують, що найбільший ефект сепарації слід чекати при виконанні профілю деки у вигляді кола (рис. 5, а). При цьому забезпечується найбільше значення розмаху $R_L = 0,3A$. Ще один аргумент на користь вибору такої форми – простота виготовлення.

При амплітуді коливань $A = 2 \text{ см}$ розмах R_L дорівнює 6 мм , що, враховуючи розміри зерна гороху, для малогабаритної деки цілком прийнятно. Рациональне відносне значення радіуса профілю складає $R_{dA} = 4,5$ (рис. 5, а), а в натуральних одиницях: $R_d = A \cdot R_{dA} = 4,5A = 9 \text{ см}$.

Мінімально допустиме значення амплітуди коливань дорівнює $A = 1,2 \text{ см}$. Тобто, для амплітуди маємо: $1,2 \dots 2,0 \text{ см}$. Знаючи, що значення коефіцієнта кінематичного режиму близьке до одиниці ($K \approx 1$), знаходимо також межі зміни частоти ω для проведення планування експерименту $28 \dots 34 \text{ с}^{-1}$.

У третьому розділі наведено програму проведення експериментальних досліджень, описано розроблені експериментальні установки, наведено методику проведення експериментальних досліджень та обробки їх результатів.

Для перевірки адекватності математичної моделі руху зерна по робочим поверхням малогабаритних дек, дослідження процесу сепарації та визначення його оптимальних параметрів розроблена лабораторна установка, конструктивна схема якої показана на рис. 6.

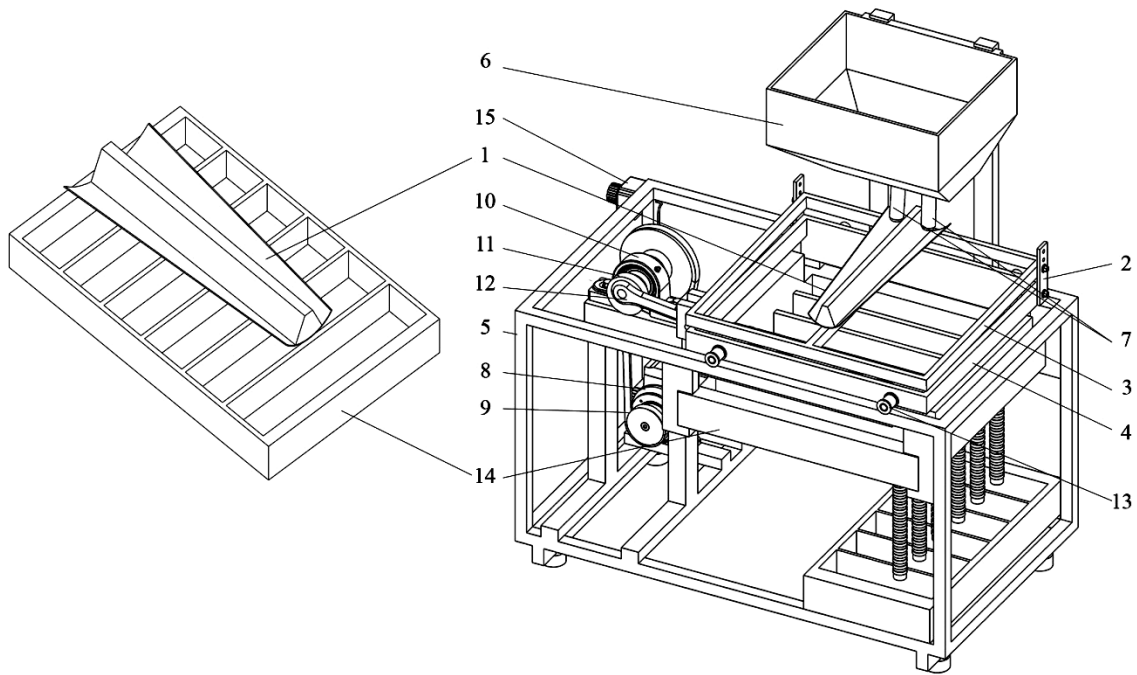


Рис. 6. Конструктивна схема лабораторної установки з малогабаритною декою: 1 – орган робочий (малогабаритна дека); 2 – механізм регулювання поздовжнього кута нахилу; 3 – рама регулювання поздовжнього кута нахилу; 4 – вібростіл; 5 – станина; 6 – бункер зерна; 7 – пристрій завантажувальний; 8 – електродвигун; 9 – передача клинопасова; 10 – опора проміжна; 11 – механізм регулювання амплітуди коливань; 12 – шатун приводу вібростола; 13 – ролики; 14 – приймачі продуктів розподілу; 15 – пульт керування

Регулювання поздовжнього кута нахилу деки та частоти її коливань в розробленій установці відбувається плавно за допомогою, відповідно, механізму 2 та електричної схеми керування частотою обертань електродвигуна 8, розміщеної в пульті 15. Амплітуда коливань деки змінюється ступінчато за рахунок зміни довжини кривошипа механізму приводу 11.

Перевірку адекватності математичної моделі проводили методом аналізу сповільненого кадру відеозйомки руху зерна по робочій поверхні деки. Для цього була підготовлена дека з поділками і шкалою для відліку відстані зернин від ВП.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень та їх аналіз. Зокрема досліджені фізико-механічні властивості зерна гороху сорту “Модус” урожаю 2013 року. З використанням критерію узгодженості Пірсона встановлено, що діаметр і коефіцієнт тертя по металу з імовірністю, не меншою 0,95, не суперечать нормальному закону розподілу, а коефіцієнт відновлення швидкості при ударі об дерево – рівномірному закону. Середні значення і коефіцієнти варіації для вказаних величин, відповідно, дорівнюють: $\bar{d} = 7,45$ мм, $V_d = 0,055$; $\bar{f} = 0,296$, $V_f = 0,072$; $\bar{R} = 0,588$, $V_R = 0,055$. Наявність розсіювання розглянутих показників свідчить про можливість розподілу ЗС гороху по відповідним ознакам.

Наглядно уявлення про адекватність використаної математичної моделі дають графіки на рис. 7.

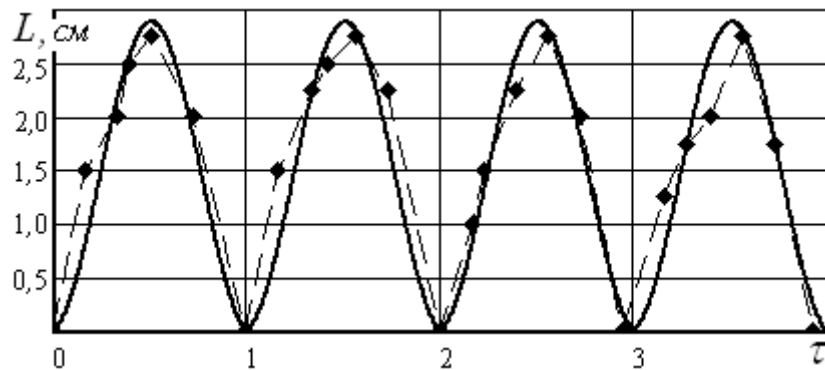


Рис. 7. Суміщені графіки руху зерна гороху, побудовані по експериментальним (пунктирна) і розрахунковим даним

Покадровий аналіз відеозйомки показав, що вже після кількох співударянь зернин з ВП їх рух стає майже періодичним (квазіперіодичним) та близьким до модельного, що спостерігається на наведеному рисунку. Кількісно адекватність математичної моделі оцінювали по максимальному значенню віддалення L зернин від ВП, як критерію розподілу. Похибка визначення цього показника складає 5,1%.

Проведений кореляційно-регресійний аналіз посівних якостей насіння гороху показав, що між масою 1000 насінин, схожістю та енергією проростання існує кореляційний зв'язок. Це підтверджено за допомогою критерію Стьюдента при рівні значущості 0,05. Найбільш тісно цей зв'язок проявляється між масою 1000 насінин та схожістю, де коефіцієнт кореляції найбільший і становить 0,91. Одержано рівняння лінійної регресії маси 1000 насінин на схожість та енергію проростання:

$$BC(x) = 0,9630x - 173,7; \quad EN(x) = 1,553x - 367,5, \quad (13)$$

де x – маса 1000 насінин гороху.

Досліди з пророщування насіння і визначенню схожості та енергії проростання проводили у відповідності до ДСТУ 4138-2002 на базі кафедри сільськогосподарських машин ХНТУСГ.

Для проведення планування експериментів використана стандартна програма “Minitab 17”. Завдяки рівнянню (13), за основний критерій оптимізації стало можливим обрати масу 1000 насінин. Допоміжним критерієм стала процентна доля зерна, яке надходить в кожний з шести наявних приймачів продуктів розподілу. Попередніми дослідженнями встановлено, що при подачі на одну деку зверху 24 кг/год технологічний режим руху зерна порушується, тому досліди проводили при сталій подачі. Змінними факторами вважалися: амплітуда і частота коливань, кут нахилу та довжина деки, для яких встановлені наступні рівні варіювання: для амплітуди 1,2...2,0 см; для частоти 28...34 с⁻¹; для кута нахилу деки 4...8 град; для довжини 23...35 см. Для маси 1000 зернин одержані наступні рівняння регресії в декодованому вигляді:

$$\begin{aligned}
M1(\alpha, A, \omega, L) &:= 317.3 - 5.44 \cdot \alpha + 31.3 \cdot A - 4.13 \cdot \omega - 1.13 \cdot L - 0.365 \cdot \alpha^2 - 0.729 \cdot \alpha \cdot A \dots \\
&\quad + 0.431 \cdot \alpha \cdot \omega - 0.0938 \cdot \alpha \cdot L + 0.174 \cdot A \cdot \omega - 1.007 \cdot A \cdot L + 0.0926 \cdot \omega \cdot L \\
M2(\alpha, A, \omega, L) &:= -63 - 10.72 \cdot \alpha + 58.2 \cdot A + 21.8 \cdot \omega - 1.49 \cdot L + 0.531 \cdot \alpha^2 - 10.0 \cdot A^2 \dots \\
&\quad + 0.208 \cdot \alpha \cdot A - 0.367 \cdot \omega^2 - 0.0112 \cdot L^2 + 0.0278 \cdot \alpha \cdot \omega \dots \\
&\quad + 0.0868 \cdot \alpha \cdot L - 0.903 \cdot A \cdot \omega - 0.052 \cdot A \cdot L + 0.0671 \cdot \omega \cdot L \\
M3(\alpha, A, \omega, L) &:= 552 + 1.37 \cdot \alpha + 26.8 \cdot A - 21.6 \cdot \omega + 2.26 \cdot L - 0.423 \cdot \alpha^2 - 6.80 \cdot A^2 \dots \\
&\quad + 0.334 \cdot \omega^2 - 0.0866 \cdot L^2 + 0.938 \cdot \alpha \cdot A - 0.0208 \cdot \alpha \cdot \omega \dots \\
&\quad + 0.0729 \cdot \alpha \cdot L - 0.590 \cdot A \cdot \omega + 0.330 \cdot A \cdot L + 0.0602 \cdot \omega \cdot L \\
M4(\alpha, A, \omega, L) &:= 215 - 2.40 \cdot \alpha + 8.60 \cdot A + 0.100 \cdot \omega + 2.71 \cdot L - 0.186 \cdot \alpha^2 \dots \\
&\quad + 1.10 \cdot A^2 - 0.0210 \cdot \omega^2 - 0.0776 \cdot L^2 + 0.0208 \cdot \alpha \cdot L \dots \\
&\quad + 0.208 \cdot \alpha \cdot \omega - 1.51 \cdot \alpha \cdot A - 0.243 \cdot A \cdot \omega + 0.330 \cdot A \cdot L + 0.0370 \cdot \omega \cdot L \\
M5(\alpha, A, \omega, L) &:= 122 + 4.00 \cdot \alpha + 13.4 \cdot A + 3.20 \cdot \omega + 2.88 \cdot L - 0.971 \cdot \alpha^2 \dots \\
&\quad + 6.80 \cdot A^2 - 0.009 \cdot \omega^2 - 0.0558 \cdot L^2 + 0.142 \cdot \alpha \cdot \omega - 1.016 \cdot \alpha \cdot A \dots \\
&\quad + 0.1545 \cdot \alpha \cdot L - 0.816 \cdot A \cdot \omega - 0.0610 \cdot A \cdot L - 0.0127 \cdot \omega \cdot L \\
M6(\alpha, A, \omega, L) &:= 346.8 - 9.22 \cdot \alpha + 10.0 \cdot A - 2.22 \cdot \omega - 3.004 \cdot L + 0.242 \cdot \alpha^2 - 0.776 \cdot \alpha \cdot A \dots \\
&\quad + 0.1813 \cdot \alpha \cdot \omega + 0.0872 \cdot \alpha \cdot L - 0.316 \cdot A \cdot \omega + 0.241 \cdot A \cdot L + 0.0669 \cdot \omega \cdot L
\end{aligned} \tag{14}$$

Тут кожне рівняння відповідає одному з шести приймачів за їх номерами. Формат запису рівнянь той же, що і в системі «Mathcad». Ще шість рівнянь аналогічного виду одержано для допоміжного критерію $G_i(\alpha, A, \omega, L)$, $i=1, 2, \dots, 6$ – маси зерна, яке поступає в кожен приймач. Це дозволяє знаходити масу 1000 зернин в послідовно розміщених, об'єднаних в групи, приймачах за формулою:

$$M_{k\dots n} = \left[\sum_{i=k}^n M_i(\alpha, A, \omega, L) G_i(\alpha, A, \omega, L) \right] / \left[\sum_{i=k}^n G_i(\alpha, A, \omega, L) \right], \tag{15}$$

де $k\dots n$ – номери від першого (k) до останнього (n) приймача в групі.

Розрахунки проводилися за формулами (14), (15) за допомогою влаштованих функцій «Mathcad».

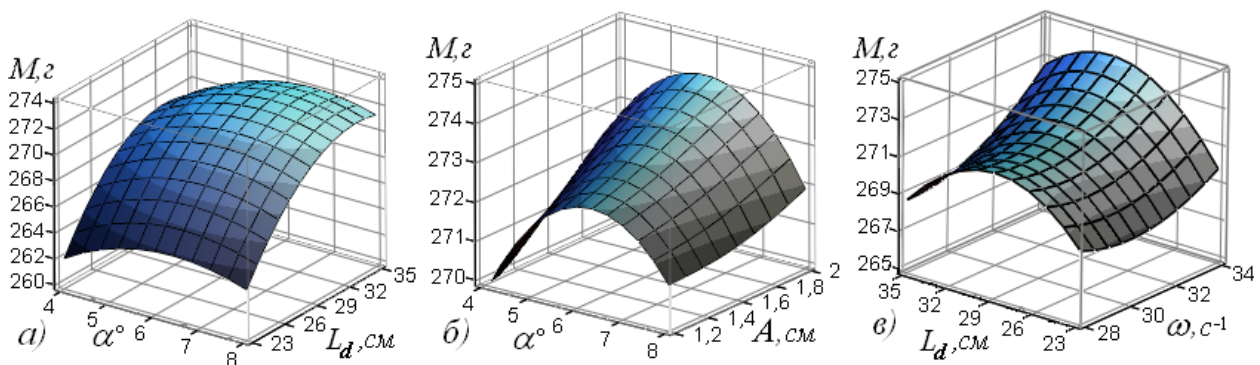


Рис. 8. Поверхні відгуку: а) $M = f(\alpha, L_d)$, $A = 2\tilde{n}$, $\omega = 34c^{-1}$;
б) $M = f(\alpha, A)$, $L = 30,5\tilde{n}$, $\omega = 34c^{-1}$; в) $M = f(\omega, L_d)$, $\alpha = 5,8^\circ$, $A = 2\tilde{n}$

У результаті розрахунків встановлено, що найбільшу кількість кондиційного матеріалу можна одержати через три об'єднані приймачі – третій, четвертий і п'ятий, якщо встановити наступні оптимальні значення параметрів (рис. 8): $\alpha = 5,8^\circ$; $A = 2\text{ см}$; $\omega = 34c^{-1}$; $L = 30,5\text{ см}$.

У п'ятому розділі наведено виробничі випробування розробленого експериментального зразка вібросепаратора з малогабаритними деками (рис. 7) і показана його техніко-економічна ефективність. Випробування проводили на

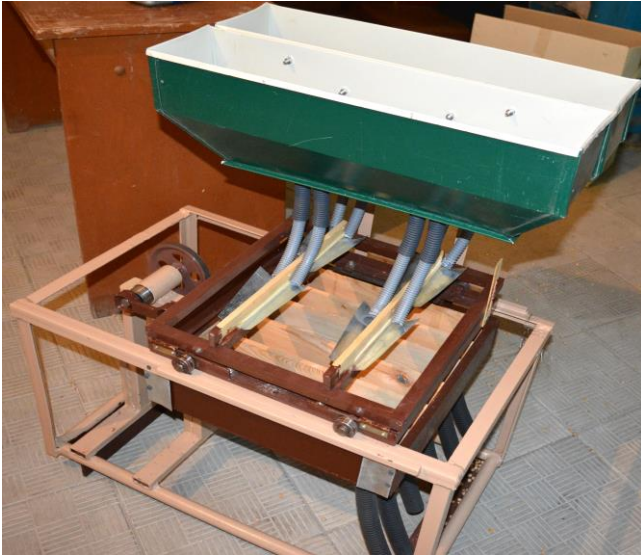


Рис. 7. Експериментальний зразок вібросепаратора

базі ЧП «Ланна-Агро» Карлівського району Полтавської області. Виконувалась допоміжна обробка ЗС гороху сорту «Модус», яка пройшла попередню обробку, сушку і основну обробку. Режим роботи сепаратора відповідав оптимальним значенням параметрів, знайдених за результатами проведених досліджень: амплітуда коливань робочих органів – 2 см; частота коливань – 34 с^{-1} ; позовжній кут нахилу дек – 6° ; довжина робочих органів – 30,5 см. Порівняно з лабораторною установкою число робочих органів сепаратора збільшили до чотирьох.

У цілому випробування підтвердили високу експлуатаційну ефективність і надійність розробленого сепаратора. При продуктивності 96 кг/год вихід кондиційного зерна зі схожістю 90,4% і енергією проростання 58,3% за один пропуск складав 75...78%. Фактичний економічний ефект від сезонного використання розробленого вібросепаратора при підготовці посівного матеріалу гороху склав 10582 грн. Очікуваний річний економічний ефект становить 30910 грн. на одну машину.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, яке виявляється в розроблених математичних моделях руху зерна по робочій поверхні деки з криволінійними робочими поверхнями, які враховують вплив конструктивних параметрів, фізико-механічних властивостей зерна та режимів роботи сепаратора на кінематику і динаміку вказаного руху. Це дозволило обґрунтувати оптимальні параметри сепаратора і підвищити посівні якості оброблюваних ЗС до рівня агротехнічних вимог.

Основні наукові і практичні результати полягають в наступному:

1. Проведеним аналізом науково-технічної інформації встановлено, що основною стратегією створення надійної сировинної і продовольчої бази країни є підвищення якості насінневого матеріалу. Існуючі конструкції зерноочисних машин для обробки зерна гороху не забезпечують насіння високих посівних кондицій. Для одержання найбільш якісного посівного матеріалу із ЗС доцільно використовувати безрешітні вібросепаратори з малогабаритними деками, які відрізняються високою ефективністю сепарації і дозволяють багаторазово підвищувати продуктивність за рахунок збільшення числа місць завантаження, без зміни габаритних розмірів машин.

2. На основі варіаційного аналізу фізико-механічних властивостей зерна гороха сорту “Модус” урожаю 2013 року встановлено, що діаметр зерна і коефіцієнт тертя по металу з імовірністю, не меншою 0,95, не суперечать нормальному закону розподілу, а значення коефіцієнта відновлення швидкості – рівномірному закону. Середні значення і коефіцієнти варіації для вказаних властивостей дорівнюють: для коефіцієнта тертя $\bar{f} = 0,296$, $V_f = 0,072$; для коефіцієнта відновлення швидкості $\bar{R} = 0,588$, $V_R = 0,055$; для діаметра $\bar{d} = 7,45$ мм, $V_d = 0,055$. Наявність розсіювання цих властивостей вказує на можливість розглядати їх в якості ознак поділу ЗС на фракції.

3. Проведеним кореляційно-регресійним аналізом посівних якостей зерна гороху – схожості, енергії проростання, маси 1000 зернин встановлено, що між ними існує кореляційний зв'язок. Одержано рівняння лінійної регресії маси 1000 зернин на схожість і енергію проростання. Наявність вказаних залежностей дозволяє вибирати більш просту функцію оптимізації при проведенні планування експерименту.

4. У середовищі “Mathcad” розроблено програми пошуку параметрів періодичного віброударного режиму руху зерна основної культури та домішок по робочій поверхні деки з профілем у вигляді дуги кола і відбивною пластиною в нижній її частині. Виявлені залежності параметрів руху зерна від їх фізико-механічних властивостей і режимів роботи машини. Встановлено, що дальність відскоку зернин у суттєвій мірі залежить від їх пружності, що підтверджує можливість сепарації ЗС гороху на малогабаритних деках.

5. Перевіркою адекватності математичної моделі руху зерна по криволінійній поверхні деки на основі аналізу відеозйомки встановлено, що розбіжність результатів теоретичного і експериментального визначення дальності максимального відскоку зернин гороху від ВП не перевищує 5,1%.

6. Одержано умови існування режиму руху зерна гороху без відриву і ковзання, стійкість якого підтверджено відеозйомкою. На основі проведеного аналізу діючих сил знайдена умова самоочищення робочої поверхні деки. Вона одержана як для кола, так і для загального випадку коли профіль деки має довільну форму. Аналізом одержаних результатів встановлено, що сприйнятливим для виконання вказаних умов є значення коефіцієнта кінематичного режиму коливань деки, близьке до одиниці ($K \approx 1$).

7. Для врахування впливу форми профілю деки на переміщення зерна одержано диференціальні рівняння руху для загального випадку, коли профіль деки має довільну форму. Крім кола розглянуті форми профілю у вигляді квадратної та кубічної парабол, гіперболи, синусоїди і складного профілю з круглим та прямолінійними ділянками. Встановлено, що найкращим серед них є профіль у виді дуги кола радіусом $R_d = 4,5A$, який забезпечує найбільше розсіювання – 0,3A відскоку зернин від відбивної пластини. Для проведення планування експеримента знайдені межі варіювання амплітуди 1,2...2,0 см і частоти коливань деки 28...34 c^{-1} .

8. Комплексним аналізом результатів теоретичних і експериментальних досліджень, проведеного багатофакторного експерименту визначені взаємозв'язки основних конструктивних параметрів сепаратора і режимів його роботи у вигляді рівнянь регресії та знайдені оптимальні значення параметрів, при яких досягається максимальний вихід – 78,5% кондиційного насіння: подача зерна – $Q = 96$ кг/год; амплітуда коливань – $A = 2$ см; частота коливань – $\omega = 34c^{-1}$; кут нахилу деки до горизонту – $\alpha = 5,8^\circ$; довжина деки – $L = 30,5$ см; радіус профілю деки – $R_d = 9$ см; При цьому посівні яксті зерна відповідають агротехнічним вимогам: схожість складає 90,4%, а енергія проростання – 58,3%.

9. Виробничими випробуваннями розробленого сепаратора з малогабаритними деками і криволінійним профілем робочих поверхонь в умовах ЧП «Ланна-Агро» Карлівського району Полтавської області встановлено, що сепаратор простий в обслуговуванні, надійний в експлуатації і забезпечує за один пропуск підготовку кондиційного насіння. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження вібросепаратора складає 30910,92 грн.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСКРЕТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Завгородний А.И. Периодический виброударный режим движения шара по дуге окружности / А.И. Завгородний, Монтасер Хессро // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – № 2 (66). – С. 35-41.

2. Завгородний А.И. Периодический виброударный режим движения сферической частицы по дуге параболы / А.И. Завгородний, Монтасер Хессро // Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. – Біла Церква. – Вип. 11 (104). – 2013. – С.161-167.

3. Завгородний А.И. Периодический виброударный режим движения сферической частицы по дуге гиперболы / А.И. Завгородний, Монтасер Хессро // Інноваційні технології деревообробної промисловості та механізації процесів у лісовому комплексі: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – Вип. 143. – С. 194-203.

4. Завгородний А.И. Периодический виброударный режим движения сферической частицы по дуге составной кривой / А.И. Завгородний, А.В. Обухов, Монтасер Хессро // Технічний сервіс машин для рослинництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. – Вип.145. – С. 123-130.

5. Завгородний А.И. Результаты исследований повышения посевных качеств семян гороха / А.И. Завгородний, А.А. Шептур, Монтасер Хейри Хессро, А.В. Обухов // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2015. – Вип. 156. – С. 76-80.

Статті у міжнародних виданнях

6. Zavgorodniy A. I. Periodic Vibro-Impact Mode of Motion of Spherical Particles along the Sine Curve / A. I. Zavgorodniy, Montaser Kh. Khessro // International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering. – Vol. 3 Issue 3. – March-2014. – pp. 127-131.

Додаткові публікації

7. Завгородний А.И. Определение рациональной интенсивности колебаний рабочих органов вибросепаратора зерновых смесей / А.И. Завгородний, Монтасер Хессро // Інженерія природокористування: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2015. – Вип. 2. – С. 32-39.

Матеріали наукових конференцій

8. Завгородний А.И. Периодический режим движения плоских частиц по колеблющейся дуге окружности / Завгородний А.И., Хессро Монтасер, Обихвост А.В. // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: XII міжнародна науково-практична конференція, 1-2 листопада, 2012 р.: тези доп. – Харків, 2012.– С.66

9. Завгородній О.І. Періодичний віброударний режим руху сферичної частинки по дузі кубічної параболи / Завгородній О.І., Хессро Монтасер // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: IX міжнародна науково-практична конференція, 7-8 листопада, 2013 р.: тези доп. – Кіровоград, 2013.– С.35.

Патенти

10. Пат. 88016 Україна, МПК⁷ В07В 13/00. Пристрій для розділення сипучих матеріалів / О.І. Завгородній, Хессро Монтасер, О.В. Обихвіст, О.В. Сіняєва; заявл. 07.10.13; опубл. 25.02.14, Бюл. №4.

11. Пат. 87911 Україна, МПК⁷ В07В 13/00. Пристрій для розділення зернових сумішей по крупності і пружним властивостям / О.І. Завгородній, О.В. Обихвіст, Хессро Монтасер, О.В. Сіняєва; заявл. 23.08.13; опубл. 25.02.14, Бюл. №4.

АНОТАЦІЇ

Хессро Монтасер Хейрі Хуссейн. Обґрунтування параметрів процесу вібросепарації гороху на деках з криволінійними робочими поверхнями. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Харків. 2015.

У дисертації вирішене науково-прикладне завдання підвищення якості насінневого матеріалу гороху шляхом розробки вібросепаратора з малогабаритними деками для додаткової обробки насіння і обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів. Запропоновано конструкцію деки у вигляді циліндричного жолоба з криволінійним профілем і відбивною пластиною в нижній його частині, що дає можливість керування процесом сепарації за рахунок підбору форми профілю і одночасної обробки кожною декою двох потоків зерна.

Побудовано математичну модель руху зерна по робочій поверхні для загального випадку, коли профіль деки має довільну форму. Розглянуто процес руху зерна гороху по робочим поверхням з різною формою профілю: коло, квадратна та кубічна параболы, гіпербола, синусоїда, складна форма у вигляді дуги кола, доповненого прямолінійними ділянками. Виявлено вплив конструктивно-технологічних параметрів і властивостей зерна на критерій сепарації. Вибрано раціональну форму профілю деки, яка створює найбільше розсіювання вказаного критерію.

Експериментально досліджено фізико-механічні властивості зерна гороху, На підтверджена адекватність математичних моделей. В результаті проведення математичного планування обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри сепаратора. Економічний ефект від впровадження розробленого сепаратора в ЧП «Ланна-Агро» Карлівського району Полтавської області при підготовці посівного матеріалу гороху склав 10582 грн.

Ключові слова: процес вібросепарації, малогабаритна дека, криволінійний профіль, динаміка руху зерна, ефективність

Хессро Монтасер Хейри Хуссейн. Обоснование параметров процесса вибросепарации гороха на деках с криволинейными рабочими поверхностями. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко. Харьков, 2015.

В диссертации решена научно-прикладная задача повышения качества семенного материала гороха путем разработки вибросепаратора с малогабаритными деками для дополнительной обработки семян и обоснования его конструктивно-технологических параметров. Предложено конструкцию деки в виде цилиндрического желоба с криволинейным профилем и отражательной пластиной в нижней его части, что дает возможность управления процессом сепарации за счет подбора формы профиля и одновременной обработки каждой декой двух потоков зерна.

Построена математическая модель движения зерна по рабочей поверхности для общего случая, когда профиль деки имеет произвольную форму. Рассмотрен процесс движения зерна гороха па рабочим поверхностям с различной формой профиля: окружность, квадратная и кубическая параболы, гипербола, синусоида, сложная форма в виде дуги окружности, дополненной прямолинейными участками. Изучена динамика процесса и установлено, что при определенном сочетании параметров колебаний деки и физико-механических свойств зерна на деках с указанными профилями осуществляется периодический безотрывный режим движения при отсутствии проскальзывания.

Рассмотрено взаимодействие рабочей поверхности с примесями. На основании анализа действующих сил получено условие самоочистки дек в виде нижнего ограничения на значение коэффициента кинематического режима работы сепаратора.

Выявлено влияние конструктивно-технологических параметров на комплексный критерий сепарации – максимальное удаление зерен от отражательной пластины в относительном движении. Разработано программное обеспечение расчета степени рассеивания указанного критерия на базе выборки семян в зависимости от конструктивных параметров профилей. Обоснована рациональная форма профиля деки, создающая наибольшее рассеивание.

Экспериментально исследованы физико-механические свойства зерна гороха сорта «Модус». На основании анализа проведенной видеосъемки подтверждена адекватность математических моделей движения зерна по рабочим поверхностям. Проведен корреляционно-регрессионный анализ посевных качеств зерна гороха. Установлено, что между массой 1000 семян, всхожестью и энергией прорастания существует положительная корреляционная связь. Полученные уравнения регрессии массы 1000 семян на всхожесть и энергию прорастания применены для планирования эксперимента, в результате чего найдены оптимальные конструктивно-технологические параметры сепаратора.

Экономический эффект от внедрения разработанного сепаратора в ЧП «Ланна-Агро» Карловского района Полтавской области при подготовке посевного материала гороха составил 10582 грн.

Ключевые слова: процесс вибросепарации, малогабаритная дека, криволинейный профиль, динамика движения зерна, эффективность.

Khessro Montaser Khairie Hussain. Substantiation of process of parameters vibroseparation pea seeds on decks with a curvilinear profile of working surfaces. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate in technical sciences, specialty 05.05.11 - Machines and mechanization of agricultural production. -Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasilenko. Kharkiv, 2015.

Thesis solved a scientific and applied problem to improve the quality of pea seed by developing a vibroseparator with small size decks for additional treatment of seeds and by justifying its design and technological parameters.

A mathematical model of the motion of the grain on the working surface for the general case, when the profile of the deck has an arbitrary shape constructed. The process of movement of grain peas on working surfaces with different shape profile considered.

The influence of structural and technological parameters and properties of grain on the criterion of separation ascertained. The rational form of the profile deck, which establishes the greatest dispersion of specified criteria was selected.

Physical and mechanical properties of peas grain were experimentally studied and the adequacy of mathematical models was confirmed. As a result of mathematical planning constructive and technological parameters of the separator were justified. The economic effect of the introduction of the developed separator at PE "Lanna-Agro" in Charles district, Poltava region, in preparation for pea seed was 10582 UAH.

Keywords: Vibroseparation processes, small-size deck, curvilinear profile, the dynamics of grain movement, effectiveness.

Підписано до друку 22.12.2015 р. Формат паперу 60x84 ¹/₁₆.
Папір офсетний. Гарнітура «Times New Roman». Друк ризографічний.
Обл. – вид. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. № 365.

Навчально-методичний відділ Харківського національного технічного
університету сільського господарства імені Петра Василенка,
61002, г. Харків, вул. Артема, 44, кім. 101.