Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, 163-171
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2020.03.163

УДК 621.434: 330.34

АДАПТИВНІСТЬ НАДІЙНОСТІ ВИСІВНОГО АПАРАТА З ДОЗАТОРОМ НАПРАВЛЕНОЇ ДІЇ ЯК НАПРЯМОК РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

П. С. Попик

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: pspopyk@gmail.com.

Історія статті: отримано – квітень 2020, акцептовано – серпень 2020.
Бібл. 24, рис. 13, табл. 0.

Анотація. В статті проаналізовано застосування новітніх технологій точного висіву на прикладі використання висівного апарату з дозатором направленої дії. Для цього було проаналізовано такий параметр в сільськогосподарському виробництві як витрати посівного матеріалу, що впливає на його результативність.

Об'єктом дослідження є висівний апарат з дозатором направленої дії, інноваційне конструктивне рішення якого дозволить покращити сільськогосподарське виробництво на основі ресурсозбереження.

В результаті використання нового конструктивного рішення дозатора, підвищена точність виконання технологічного процесу формування регулярного однозернового потоку. Встановлено зв'язок між відстанню від насінини до комірки і силою її присмоктування. Отримано рівняння динаміки руху насінини і часу експозиції насінини з коміркою. Проведено аналіз зусиль, що діють на насінину при переміщенні їх дозатором направленої дії.

Обґрунтовано раціональні фази роботи висівного апарату з дозатором направленої дії і визначені параметри його роботи.

Ключові слова: ресурсозбереження, пневмомеханічний висівний апарат, дозатор направленої дії, насінина, пропуск, двійник, комірка, точний висів.

Постановка проблеми

В нових умовах господарювання відчутно посилюється дефіцит сировини, тому ощадливе використання ресурсів повинно стати основним джерелом задоволення зростаючих потреб господарського комплексу в сировині, матеріалах, паливі й енергії, що слід розглядати як основну передумову підвищення ефективності й подальшого розвитку виробництва [1-7].

З ускладненням виробничих процесів і збільшення вартості використовуваних у процесі виробництва ресурсів, актуалізується питання стимулювання ощадного використання. Специфічні умови функціонування галузей АПК певним чином обмежують динаміку, обсяги ресурсних потоків, організацію та регулювання. Активізувати ці потоки можливо за рахунок ресурсозбереження на всіх стадіях виробничого процесу в аграрному секторі на основі побудови ресурсозберігаючих логістичних систем, що можна розглядати як перспективний напрям наукових досліджень [8-14].

Основними напрямками вдосконалення технологій в землеробстві визначено: застосування раціональних схем розміщення рослин, щоб найефективніше використовувати земельну площу і техніку; зменшення кількості агротехнічних прийомів на основі їх поєднання в комбінованих агрегатах (сівба і внесення добрив); потокове виконання операцій в межах окремих технологічних операцій (збирання врожаю зернових, очищення полів від соломи, дискування і т.д.); застосування нових технологій у техніці та процесах, зокрема технології точного висіву [15-21].

Аналіз останніх досліджень

Для аналізу технічних засобів направлених на підвищення точності висіву розглянуто існуючі способи та агровимоги до високоякісного висіву насіння просапних культур [22]. Проаналізовано конструкції та особливості будови висівних апаратів призначених для формування регулярного однозернового висіву насіння з метою створення апарата, який відповідав би сучасним вимогам до точності висіву. Особлива увага приділена апаратам, які в своїх конструкціях включають елементи універсальності при захваті насінин різної форми.

В останні роки для посіву все більше використовуються сівалки точного висіву, які відповідають вищесказаним вимогам і дозволяють впроваджувати інтенсивні та ресурсозберігаючі технології при вирощуванні сільськогосподарських культур. Перехід від швидкості посіву 5–9 км/год до 18 км/год із збереженням якості висіву є результатом плідної багаторічної роботи багатьох вчених [22].

Для розкриття максимального потенціалу культури необхідно застосовувати сівалку, яка б виконувала рівномірний розподіл насіння по всій площі з підвищеною продуктивністю без втрат точності та якості висіву [23]. Пневмомеханічні апарати, робота над якими була розпочата в 30-ті роки минулого століття, задовільно справляються з висівом некаліброваного насіння і насіння, яке має шорстку поверхню. До переваг пневмомеханічних апаратів слід віднести також їх високу універсальність, достатню простоту конструкції і надійність в роботі.

Вагомий науковий вклад в розвиток посівної техніки внесений авторами, що розглядали ймовірності та закономірності посіву в роботі [24].

Однак проблема появи пропусків і двійників в рядку та нерівномірності в інтервалах залишається на сьогодні ще не повністю вирішеною і потребує проведення ряду додаткових досліджень.

Зважаючи на це, в обох напрямах вдосконалення техніки та обґрунтування ресурсозберігаючих параметрів існують невирішені частини, які автор досліджує в даній статті.

Мета досліджень

Метою даного дослідження є обґрунтування параметрів застосування новітніх технологій точного висіву на прикладі використання висівного апарата з дозатором направленої дії.

Результати досліджень

Основою сівалки точного висіву є висівний апарат, який повинен забезпечити безперебійний, однозерновий потік насіння в борозну при різних умовах використання.

В сівалках використовують наступні висівні апарати: котушкові, котушково-штифтові, котушково-дискові, комірково-дискові, комірково-барабанні з горизонтальною віссю обертання, відцентрові, дисково-пальчикові, дисково-ложкові, пневмомеханічні, пневмомеханічні з централізованим дозуванням.

За типом висівного апарата сівалки точного висіву бувають пневмомеханічними (насіння відбирається завдяки створенню вакууму або надлишкового тиску) і механічними (висівна насінина орієнтується в комірку за розмірами).

В свою чергу пневмомеханічні висівні апарати поділяють на вакуумні та надлишкового тиску (рис. 1).

Принципово важливим конструктивним елементом сівалки точного висіву є висівний апарат (рис. 2: 1 – вакуумпровід; 2 – вакуумна камера; 3 – насіннєва камера; 4 – корпус; 5 – висівний диск), що складається з корпусу 4, в який входить вакуумна камера 2 та насіннєва камера 3, в якій обертається висівний диск 5. Висівний диск розділяє ці камери. Вентилятором створюється розрідження, яке по вакуумпроводах 1 подається до апарата і забезпечує присмоктування насіння до висівного диска. Скидачі можуть використовуватись різної конструкції, і саме вони коригують можливі подвійні прилипання насінин. Відібране з маси насіння скидається з диска у сошник. Правильне місце відсікання вакууму є передумовою необхідної точності укладання насіння і при підвищеній швидкості сівби.

Рис. 1. Універсальна вакуумна сівалка пунктирного (точного) висіву СТВ-12.

Fig. 1. Universal vacuum seeder of dotted (exact) seeding STV-12.

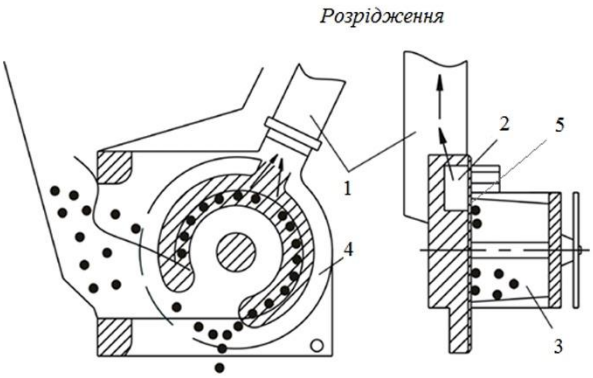

Рис. 2. Принципова схема роботи пневмомеханічного висівного апарата вакуумного типу.

Fig. 2. Schematic diagram of the pneumomechanical seeding apparatus of vacuum type.

Посів пневмомеханічними сівалками швидко стає одним із самих ефективних за рахунок високої продуктивності і універсальності використання, як при традиційному, так і при нульовому обробітку ґрунту (no-till).

Цей метод забезпечує високу продуктивність і точність технологічного процесу висіву технічних культур (кукурудза, соняшник, соя, сорго тощо).

Точність висіву має велике значення для отримання максимальної врожайності.

Ідеальною є ситуація, коли всі рослини розташовані на однаковій відстані одна від одної, тим самим створюються однотипні умови для реалізації поживного потенціалу кожної рослини.

Інколи дві рослини розташовані дуже близько одна від одної. Утворюється так званий «двійник»: відстань між двома рослинами становить менше 50 % від середнього інтервалу. Дві рослини в двійнику будуть конкурувати одна з одною, що призведе до зниження врожаю.

В іншому випадку, можливий великий розрив між двома рослинами. Спостерігається пропуск: відстань між двома рослинами становить більше 150 % від середнього інтервалу. Отже, залишається незайнятий ґрунт.

Відмови в роботі пневмомеханічних висівних апаратів представлено на рис. 3.

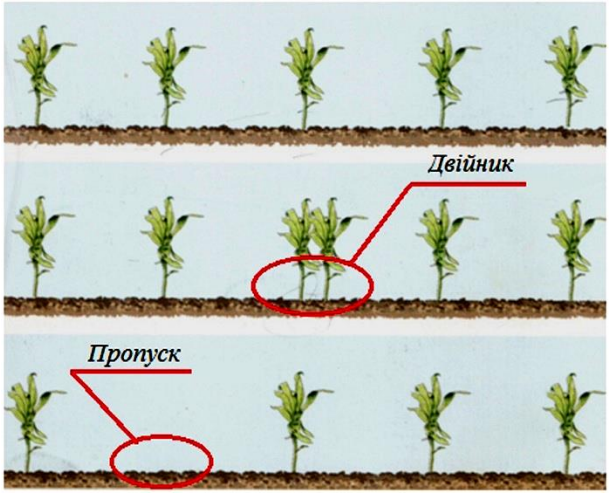

Рис. 3. Характерні відмови в роботі пневмомеханічного висівного апарата.

Fig. 3. Characteristic failures of the pneumomechanical seeding machine.

Такі не оптимізовані посіви призводять до суттєвого зниження врожайності.

Загальна тенденція розробок сівалок точного висіву вказує на поступовий перехід від механічних апаратів до пневмомеханічних, хоча останні мають певні недоліки.

Широке розповсюдження на Україні та за кордоном отримали пневмомеханічні (вакуумні та надлишкового тиску) апарати з вертикальними плоскими висівними дисками. Із закордонних фірм, що випускають сівалки точного висіву широке використання знайшли: AMAZONE (Німеччина), KINZE (США), Monosem (Франція), Gaspardo (Італія), John Deere (США), BOURGAULT (Канада) та інші. Аналіз конструкцій різних апаратів і показників роботи дав можливість відібрати найбільш раціональну схему апарата, що підлягає експериментально-теоретичному дослідженню, намітити задачі дослідницьких робіт.

Гіпотеза розробки висівного апарата з дозатором направленої дії полягає в створенні пневмомеханічного апарата з коміркою, що змінює своє положення для кращої своєї орієнтації відносно дозуючих насінин. Ідея розробки такого апарата полягає в підвищенні точності висіву.

Схеми силової взаємодії насінини з присмоктуючою коміркою серійного дослідного висівного диска пневмомеханічного висівного апарата (3D модель) представлено на рис. 4 і рис. 5.

Важливим при дослідженнях процесу захвату насіння є встановлення закономірності зміни присмоктуючої сили від відстані до комірки $F = f(l_k)$.

Для спрощення математичного моделювання процесу і подальших викладок насінина представляється у вигляді сфери радіуса ρ, що відповідає формі насінин гороху, сої та гранульованого висівного матеріалу. Правомірно також прийняти, що присмоктуюча сила, переважно, діє на крайню ближчу насінину (рис. 7).

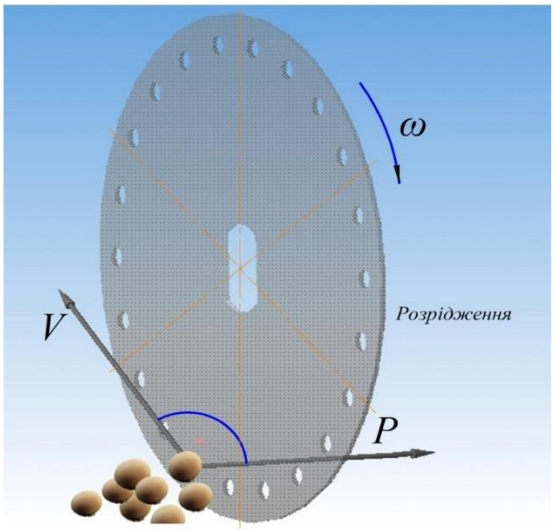

Рис. 4. Ортогональне розташування векторів.

Fig. 4. Orthogonal arrangement of vectors.

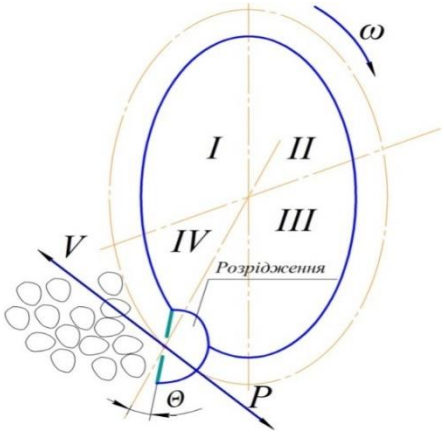

Рис. 5. Колінеарне розташування векторів.

Fig. 5. Collinear arrangement of vectors.

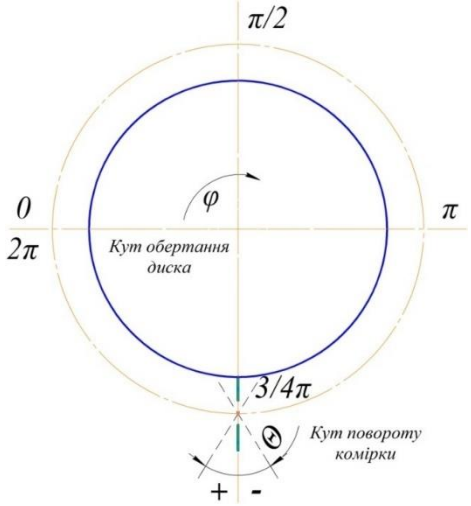

Рис. 6. Координатні осі і напрямки кутів дослідного диска.

Fig. 6. Coordinate axes and directions of the angles of the experimental disk.

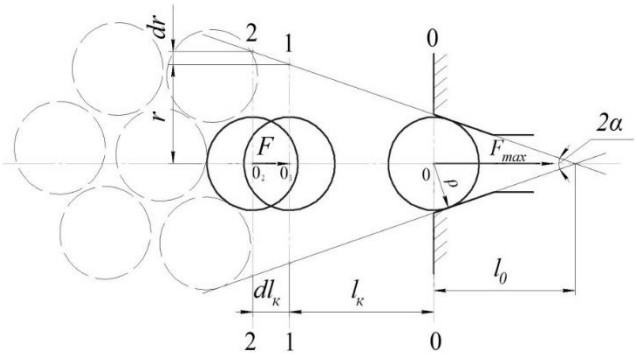

Рис. 7. Схема взаємодії комірки з насіниною.
Fig. 7. The scheme of interaction of a cell with seeds.

При прийнятих формах присмоктуючих комірок на відносно невеликих відстанях між насіниною і коміркою присмоктуючий потік повітря формується близьким до конічного, і розширюється по мірі віддалення від вершини. Таким чином, площа основи конуса збільшується зі збільшенням відстані l_k, а розрідження в ній при незмінній F_{max} поступово зменшується.

В положенні 2-2, що відображує збільшення площі конуса при елементарному приросту відстані $dl_к$, площа представляється сумою

$$S_{2-2} = \pi\left[r^2 + 2r \cdot dr + (dr)^2\right].$$

Тоді сила, що діє на насінину в перетині конуса 2-2 згідно (1) дорівнює

$$F = \frac{F_{\max}}{\pi r^2 + 2\pi r \cdot dr}\pi\rho^2$$

Після інтегрування і алгебраїчних спрощень запишемо

$$F = \frac{F_{\max}}{r^2}\rho^2 + C$$

де C - постійна інтегрування, яка знаходиться з початкових умов:

Підставляючи значення в кінцевому вигляді для сили присмоктування маємо:

$$F = \frac{F_{\max}}{\left(l_к + \frac{\rho}{\sin\alpha}\right)^2 tg^2\alpha}\rho^2 + F_{\max}(1 - \frac{1}{2}\cos^2\alpha)$$

При $l_к = 0$, $F = F_{\max}$.

При $l_k \to \infty$; $F = F_{\max}(1 - \frac{1}{2}\cos^2\alpha)$.

Якщо насінина вже захоплена коміркою і переміщується разом з дозуючим диском, то на неї діють наступні сили: сила присмоктування F, сила тяжіння G та відцентрова сила R (рис. 8).

Для аналізу умов утримання необхідної для висіву однієї насінини і скидання можливих зайвих, що ведуть до утворювання двійників, проаналізовано вплив всіх вказаних сил. Умовою утримання насінин в площині комірки є рівність або перевага сили тертя T над сумою інших складових сил, що діють по дотичній площадки комірки τ-τ.

$$T \geq \Sigma_{(\tau-\tau)}. \quad (1)$$

Правомірно припустити, що для насінини близької по формі до тіла обертання більш ймовірним при переміщенні по поверхні площини комірки буде перекочування. Тоді для сили тертя кочення запишемо:

$$T \geq \Sigma_{(n-n)} \cdot \lambda \cdot 1/\rho. \quad (2)$$

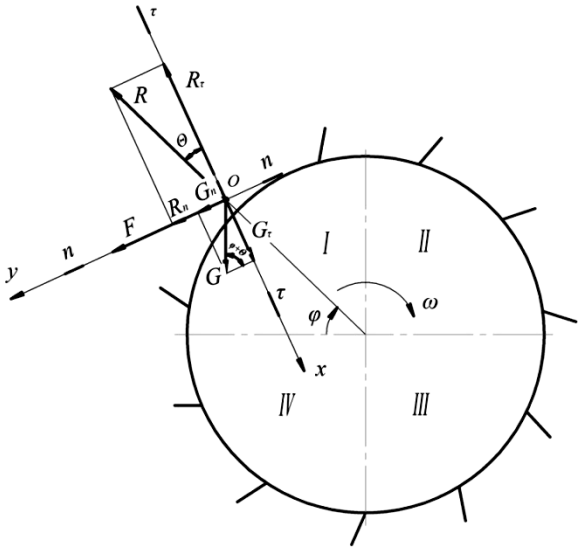

Рис. 8. Схема сил та їх проекції, що діють на насінину в процесі переміщення дозуючого елемента.
Fig. 8. Scheme of forces and their projections acting on the seed in the process of moving the dosing element.

Сили, що прикладені по нормалі дорівнюють:

$\Sigma_{(n-n)} = F + R_n + G_n$; $R_n = R \cdot \sin\theta$; $G_n = G \cdot \cos(\varphi + \theta)$,

де θ – кут орієнтації комірки; φ – кут повороту висівного диска.

Права сторона умови (1) є сумою складових сил, що прикладені по дотичній до поверхні комірки, тобто по самій поверхні:

$$\Sigma_{(\tau-\tau)} = \overline{R_\tau} + \overline{G_\tau}$$

де $R_\tau = -R \cdot \cos\theta$; $G_\tau = G \cdot \sin(\varphi + \theta)$.

Після відповідних підстановок і алгебраїчних перетворень присмоктуюча сила з (10) визначається наступним чином:

$$F \geq \rho/\lambda\,[-R \cdot \cos\theta + G \cdot \sin(\varphi + \theta)] - R \cdot \sin\theta - G \cdot \cos(\varphi + \theta). \quad (3)$$

Змінним параметром в отриманій умові (3) є кут обертання φ, який періодично змінює своє значення за повний поворот диска. Управляючим параметром, що може впливати на утримання насінини є присмоктуюча сила F, яка діє тільки на єдину основну насінину, що захоплена коміркою. Всі інші повинні бути скинуті, як зайві при формуванні регулярного однозернового потоку.

Величина сили F гарантує утримання насінини у всіх фазах переміщення дозуючим диском. Те як змінюється присмоктуюча сила в залежності від положення насінини при коловому русі показано на рис. 9. З рис. 9 видно, що максимум сили, як і весь її розподіл, може зміщуватися в більшу або меншу сторону за рахунок кута орієнтації площини комірки θ.

Таким чином кут орієнтації θ може бути використано як регулюючий параметр при виборі раціонального положення зони скидання зайвих насінин.

Важливим етапом функціонування висівного апарату, що суттєво впливає на якість посіву, є

своєчасне позбавлення від зайвих насінин, які обумовлюють непотрібний висів двійників.

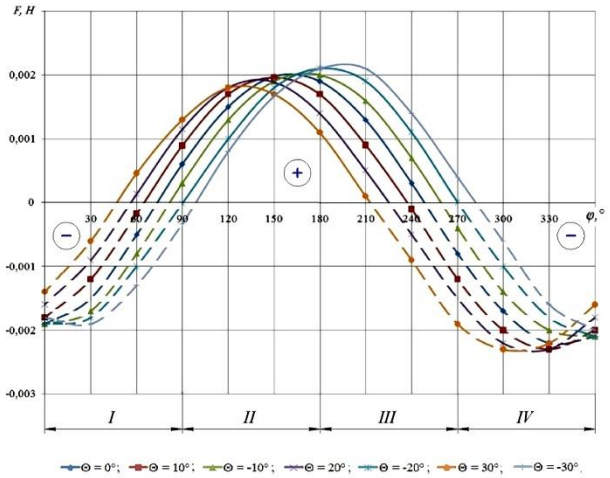

Рис. 9. Залежність присмоктуючої сили *F* від кута повороту дозатора *φ* при різних положеннях площадки комірки *θ*: *ρ=2,5 мм, λ=0,85 мм, r=110 мм, m=0,2 г, ω=3,63 с*$^{-1}$.

Fig. 9. The dependence of the suction force *F* on the angle of rotation of the dispenser *φ* at different positions of the cell site *θ*: *ρ=2,5 mm, λ=0,85 mm, r=110 mm, m=0,2 g, ω=3,63 s*$^{-1}$.

Якщо для насінини, захопленої коміркою, важливим є утримання до моменту скидання в насіннєпровід, то для зайвих насінин навпаки, повинна виконуватися умова їх скидання з площини комірки.

$$T < \Sigma_{(\tau\text{-}\tau)}. \qquad (4)$$

Однак слід відмітити, що на зайву насінину практично не діє сила присмоктування і нею можна знехтувати. Важливим є те, щоб для скидання зайвих насінин переміщення відбувалося в напрямку від центру обертання диска. Виходячи з приведеного і того, що $G = mg$, а $R = m\omega^2 r$ і підставляючи значення в (4) після перетворень і спрощень визначено граничну кутову швидкість:

$$\omega_{гр} = \sqrt{\frac{g\left[\frac{\lambda}{\rho}\cdot\cos(\varphi+\Theta)+\sin(\varphi+\Theta)\right]}{r(\cos\Theta-\frac{\lambda}{\rho}\cdot\sin\Theta)}}. \qquad (5)$$

Таким чином необхідною умовою скидання є $\omega > \omega_{гр}$.

Графіки залежності $\omega_{гр}=f(\varphi)$ представлені на рис. 10.

Згідно проведених вище досліджень, при формуванні регулярного потоку насіння найбільш ефективно відповідають положення присмоктуючої комірки, які визначаються кутом орієнтації *θ*.

При управлінні технологічними процесами в рослинництві повинні вирішуватися такі завдання:

1. ефективне використання всіх сільськогосподарських угідь для одержання високих і стабільних урожаїв;
2. постійне підвищення родючості ґрунтів;
3. раціональне використання землі з урахуванням вимог охорони навколишнього природного середовища і ґрунту.

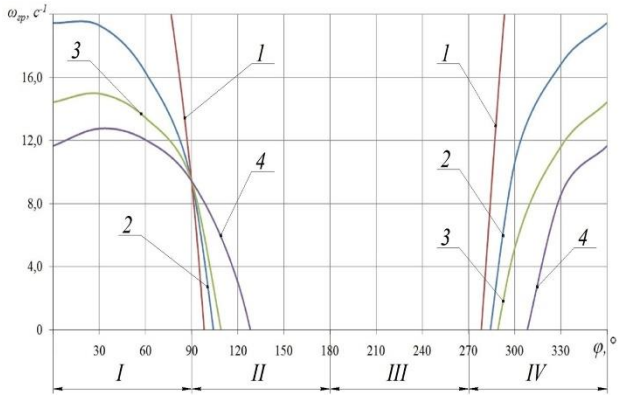

Рис. 10. Вплив кута повороту *φ* на граничну швидкість скидання зайвих насінин $\omega_{гр}$ при різних кутах орієнтації присмоктуючої комірки *θ*: 1. *θ = 10°*; 2. *θ = 0°*; 3. *θ = - 10°*; 4. *θ = - 20°*.

Fig. 10. Influence of the angle of rotation *φ* on the maximum rate of discharge of excess seeds ω_{gr} at different angles of orientation of the suction cell *θ*: 1. *θ = 10°*; 2. *θ = 0°*; 3. *θ = - 10°*; 4. *θ = - 20°*.

Для прогресивного насичення сільськогосподарського виробництва системами машин і технологій, разом з удосконаленням організації виробництва, ефективнішим використанням всіх видів виробничих ресурсів, у т. ч. землі та праці, необхідно застосовувати нові технічні рішення. Крім того, принциповим конструктивним недоліком пневмомеханічних висівних апаратів є необхідність ущільнення без якого можливе засмоктування пилу з абразивними частинками. При поступовому накопиченні абразиву в апараті, інтенсивно зношуються елементи конструкції, що призводить до втрат точності висіву і в кінцевому результаті відмови апарата.

Розглянувши і проаналізувавши конструкції та особливості сучасних висівних апаратів, очевидним є, що найбільш придатним та перспективним для удосконалень являється висівний апарат вакуумного типу сівалки СТВТ-12/8М виробництва ПАТ «Тодак» (Україна).

Особливістю висівного апарата є наявність ротора, що рухається в тому ж напрямку і з тією ж швидкістю, як і весь посівний агрегат. Таким чином, насіння потрапляє у ґрунт з лопаті ротора практично при нульовій відносно землі швидкості. Завдяки цьому запобігається інерційне скочування насіння по насіннєвому ложе вздовж рядка.

Саме тому, сівалка СТВТ-12/8М з пневмомеханічними висівними апаратами, може працювати навіть на підвищених швидкостях до 9 км/год без втрат якості і точності висіву.

Проведення експериментальних польових досліджень висівної секції обладнаної дозатором направленої дії потребує деяких її доопрацювань.

Доопрацювання передбачають лише введення в конструкцію висівного апарата сівалки СТВТ-12/8М дозатора з направленим вектором дії. Для цього достатньо замінити серійний висівний диск з периферійними комірками (рис. 11) у вигляді отворів необхідного діаметра і форми, на дозатор з активними комірками направленої дії (рис. 13). Заміна серійного

висівного диска на експериментальний не потребує значних змін конструкції висівного апарата.

Рис. 11. Серійний висівний диск.
Fig. 11. Serial seeding disc.

Дозатор направленої дії по своїм основним геометричним розмірам аналогічний серійному і встановлюється замість його на лопатевому роторі, що розміщений у корпусі вакуумної камери (рис. 12).

Рис. 12. Висівний диск з активними комірками направленої дії.
Fig. 12. Sowing disk with active cells of the directed action.

Поворотна комірка має осьове та радіальне свердлення, які утворюють Г-подібний канал, в якому присутнє розрідження, що створює присмоктуючу силу. Початок радіального свердлення має конічної форми заглиблення, яке утворює комірку. Фіксується поворотна комірка на диску за допомогою штопорного кільця. Присмоктуюча комірка за рахунок підпружиненого важеля копіює робочу поверхню нерухомого копіра.

В профіль копіра закладені раціональні значення кута орієнтації комірки θ незалежно від зміни кута повороту висівного диска φ для всіх фаз роботи пневмомеханічного висівного апарата. Важливе практичне значення має правильна орієнтація комірки, що необхідна для надійного захвату насінини, транспортування, можливості скидання зайвих насінин відцентровою силою та скидання основної насінини у сошник.

Таким чином, фази роботи дозатора з направленим вектором дії присмоктуючої сили залишаються як в серійному, де відключення вакууму здійснюється в необхідний момент часу для направлення насінини в сошник.

На рис. 13 представлено висівні апарати сівалки СТВТ-12/8М з серійним дозатором насіння та дослідним з активними комірками направленої дії.

Рис. 13. Порівняльні дослідження точності дозування насіння серійного і дослідного апарата сівалки СТВТ-12/8М.
Fig. 13. Comparative studies of seed dosing accuracy of serial and experimental apparatus of STVT-12/8M seeder.

Запропонована конструкція висівного апарата з дозатором направленої дії захищена двома патентами України. Ускладнення конструкції дозуючого елемента компенсується його універсальністю при використанні для висіву насіння різних культур та фракцій.

Висновки

1. Перспективним для подальшого збільшення точності висіву та ресурсозбереження при сівбі просапних культур є впровадження в технологію сільськогосподарського виробництва пневмомеханічного висівного апарата з дозатором направленої дії.

2. В результаті досліджень встановлено, що присмоктуюча сила досягає максимуму в інтервалі кутів повороту дозатора $\varphi=140^o...200^o$. При чому, максимум сили як і весь її розподіл може зміщуватися в більшу або меншу сторону за рахунок кута орієнтації площини комірки θ. Величина цієї сили гарантує утримання насінини у всіх фазах переміщення її дозатором.

3. Скидання зайвих насінин доцільно виконувати в другій четверті руху дозатора при кутах його повороту $92^o \leq \varphi \leq 110^o$. При цьому раціональне значення кута орієнтації комірки складає $\theta = -10^o$, а достатня гранична кутова швидкість дорівнює $\omega_{гр}=1,3\ c^{-1}$.

Список літератури

1. *Попик П. С.* Определение условий сброса лишних семян пневмомеханическим высевным аппаратом с периферийным торцевым расположением присасывающих ячеек. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszow. 2015. Vol. 17. No 3. P. 316-321.

2. *Свірень М.* Методика оцінки якісних показників роботи висівних систем точного землеробства. Техніка і технології АПК. 2012. № 8. С. 35-39.

3. *Попик П. С.* Пневмомеханічний висівний апарат з дозатором направленої дії. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 282. С. 244-248.

4. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 2017. Vol. 19. P. 158-163.

5. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79-84.

6. *Rogovskii I., Grubrin O.* Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

7. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. P. 95-98.

8. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018. P. 64-74.

9. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76. UNSP 04036.

10. *Novotny J.* Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15. P. 16-20.

11. *Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266. Issue 3. P. 407-441.

12. *Rogovskii I. L.* Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

13. *Rogovskii I. L.* Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource’s costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.

14. *Роговський І. Л.* Алгоритмічність визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх ресурсу. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 155-162.

15. *Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V.* Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 2019. Vol. 18. P. 291-298.

16. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 2017. Vol. 18. No 3. P. 179-184.

17. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 93-102.

18. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105-115.

19. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

20. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

21. *Rogovskii I. L.* Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399-407.

22. *Роговський І. Л.* Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 314–322.

23. *Rogovskii Ivan.* Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18. No 3. P. 155–164.

24. *Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P.* Experimental studies of drying

conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 2019. Vol. 57. No 1. P. 141-146.

References

1. *Popyk P. S.* (2015). Determination of the conditions for dumping excess seeds by a pneumatic-mechanical sowing device with a peripheral end location of suction cells. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszow. 17(3). 316-321.

2. *Sviren M.* (2012). Methods for assessing the quality of sowing systems of precision farming. Machinery and technologies of APC. 8. 35-39.

3. *Popyk P. S.* (2018). Pneumomechanical sowing machine with directional metering unit. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 282. 244-248.

4. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 19. 158-163.

5. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 16. 79-84.

6. *Rogovskii I., Grubrin O.* (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 298. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

7. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. 95-98.

8. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.

9. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, UNSP 04036.

10. *Novotny J.* (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 15. 16-20.

11. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, 266 (3). 407-441.

12. *Rogovskii I. L.* (2019). Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 181-187.

13. *Rogovskii I. L.* (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource’s costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(4). 145-150.

14. *Rogovskii I. L.* (2020). Algorithmicly determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource’s costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(1). 155-162.

15. *Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V.* (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 18. 291-298.

16. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* (2014). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 18(3). 179-184.

17. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin–Rzeszów. 17(3). 93-102.

18. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* (2018). Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 18(1). 105-115.

19. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 380-390.

20. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 262. 353-361.

21. *Rogovskii I. L.* (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 399-407.

22. *Rogovskii I. L.* (2015). Metodological performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural mashines at limited resources. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 212(1). 314-322.

23. *Rogovskii Ivan.* (2016). Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 18(3). 155-164.

24. *Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solomka O. V., Popyk P. S., Shvidia V. O., Stepanenko S. P.* (2019). Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in

low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 57(1). 141-146.

АДАПТИВНОСТЬ НАДЕЖНОСТИ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ С ДОЗАТОРОМ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

П. С. Попик

Аннотация. В статье проанализированы применения новейших технологий точного высева на примере использования посевного аппарата с дозатором направленного действия. Для этого были проанализированы такой параметр в сельскохозяйственном производстве как расходы посевного материала, влияет на его результативность.

Объектом исследования является высевающий аппарат с дозатором направленного действия, инновационное конструктивное решение которого позволит улучшить сельскохозяйственное производство на основе ресурсосбережения.

В результате использования нового конструктивного решения дозатора, повышенная точность выполнения технологического процесса формирования регулярного однозернового потока. Установлена связь между расстоянием от семени к ячейке и силой ее присасывания. Получены уравнения динамики движения семена и времени экспозиции семена с ячейкой. Проведен анализ усилий, действующих на семя при перемещении их дозатором направленного действия.

Обоснованно рациональные фазы работы высевающего аппарата с дозатором направленного действия и определенные параметры его работы.

Ключевые слова: ресурсосбережение, пневмомеханический высевающий аппарат, дозатор направленного действия, семя, пропуск, двойник, ячейка, точный высев.

ADAPTABILITY OF RELIABILITY OF SEEDING DEVICE WITH DISPENSER OF DIRECTED ACTION AS DIRECTION OF RESOURCE SAVING

P. S. Popyk

Abstract. The article analyzes the application of the latest technologies of precision seeding on the example of the use of a seeding machine with a directional metering unit. To do this, we analyzed such a parameter in agricultural production as the cost of sowing material, which affects its effectiveness.

The object of the study is a sowing machine with a directional dispenser, an innovative design solution which will improve agricultural production on the basis of resource conservation.

As a result of using a new design solution of the dispenser, the accuracy of the technological process of forming a regular single-grain flow is increased. The connection between the distance from the seed to the cell and the force of its suction is established. The equation of dynamics of movement of seeds and time of exposure of seeds with a cell is received. The analysis of the forces acting on the seeds when moving them by the dispenser of the directed action is carried out.

Rational phases of work of the sowing device with the batcher of the directed action are substantiated and parameters of its work are defined.

Key words: resource saving, pneumomechanical sowing machine, dispenser of the directed action, seed, pass, double, cell, exact sowing.

П. С. Попик ORCID 0000-0002-1320-3603.