

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИСІВУ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ З ДУБЛЮЮЧИМ ДОЗАТОРОМ

*О.О. Банний, кандидат технічних наук
П.С. Попик, інженер**

В статті представлена методика проведення досліджень пневмомеханічного висівного апарата з резервним дозатором для виявлення основних показників надійності роботи запропонованого висівного апарата.

Пневмомеханічний висівний апарат, установка, точний посів, насіння, дозування.

Постановка проблеми. В процесі розробки експериментальної установки для дослідження роботи пневмомеханічного апарата вона потребує відповідати умовам роботи пневмомеханічного апарата. Для проведення досліджень розробляється індивідуальна методика проведення досліджень як лабораторних так і польових.

Аналіз останніх досліджень. Експериментальні дослідження по виявленню основних закономірностей і встановлення параметрів надійності виконання технологічного процесу дозування насінин проводяться на лабораторній установці НТС-2, [1]. Підготовка установки до проведення досліджень полягає насамперед у виборі змінних параметрів і інтервалів їх відхилень для визначення впливу на точність і надійність виконання процесу дозування насінин. Такими змінними параметрами у дослідженні виступають швидкість переміщення захоплюючої комірки відносно маси зернин у завантажувальній камері $V = 0,1 \dots 0,5 \text{ м/с}$, ступень розрідження у вакуумній камері $P = 3 \dots 6 \text{ кПа}$ і самі насінини технічних культур з притаманними для них, особливостями геометричних форм і параметрів: соя, горох, кукурудза, соняшник та буряк.

Результати досліджень. В дозуючому диску використовуються присмоктуючі комірки розповсюдженої конічної форми з кутом $\angle = 90^\circ \pm 20^\circ$, глибиною конуса 1,5 мм і прохідним отвором $\varnothing 4 \text{ мм}$.

Для проведення дослідження завантажувальна камера 5 (рис. 1) заповнюється насінням тієї культури, з якою проводиться

*Науковий керівник – доктор технічних наук А.І. Бойко

© О.О. Банний, П.С. Попик, 2014

дослід. Після цього вмикається привід дозуючого диска і вибираються ті його оберти, які відповідають необхідній лінійній швидкості переміщення присмоктуючої комірки. Швидкість обертання об/хв дозуючого диска знаходяться згідно формули:

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot R}, \quad (1)$$

де V – задана лінійна швидкість комірки, [М/с];

R – радіус розташування присмоктуючих комірок, м.

Швидкість обертання n встановлюється і контролюється за допомогою датчика 10 і частотоміра 11 прямим виміром кількості обертів за одиницю часу.

Після приведення в обертний рух висівного диска 3 створюється розрідження у вакуумній камері. Для цього вмикається пилосмок, і рівень необхідного розрідження регулюється регулятором 9. Контроль за розрідженням у вакуумній камері 1 здійснюється рідинним вакууметром 8. Установка виводиться в усталений режим роботи. При необхідності уточнюється обертова швидкість висівного диска.

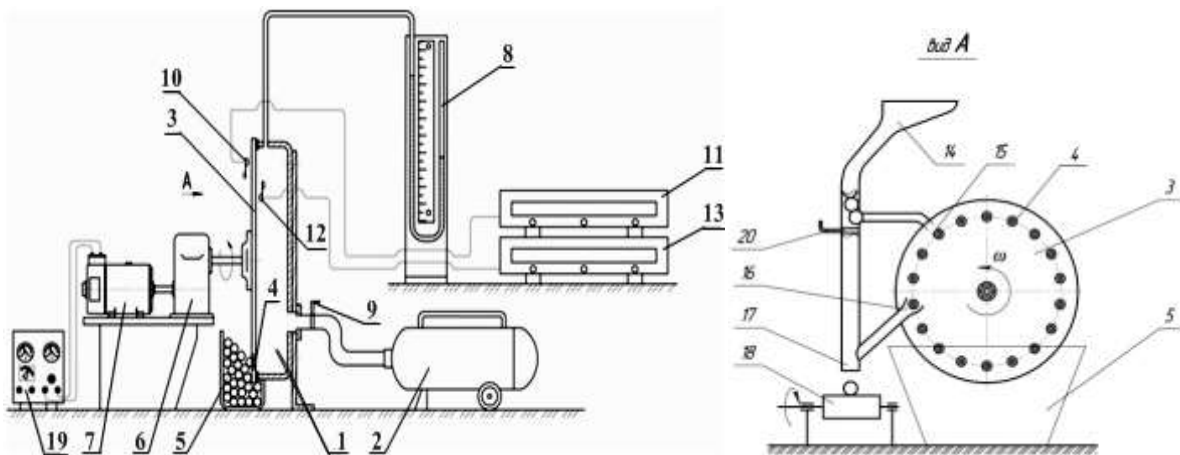


Рис. 1. Схема експериментальної установки НТС-2 для дослідження точності висіву: 1 – вакуумна камера; 2 – пилосмок; 3 – висівний диск; 4 – присмоктуюча комірка; 5 – завантажувальна камера; 6 – редуктор приводу висівного диска; 7 – електродвигун; 8 – вакууметр; 9 – регулятор розрідження; 10 – датчик обертів; 11 – частотомір виміру швидкості обертання диска; 12 – датчик пропуску насіння; 13 – частотомір рахування пропучків; 14 – резервний дозатор; 15 – датчик спрацювання резервного дозатора; 16 – уловлювач; 17 – суматор направляч; 18 – транспортер; 19 – блок управління приводу; 20 – вимикач резервного дозатора.

Даний режим роботи установки відповідає по своїй сутності роботі серійного пневмомеханічного висівного апарата. Підключення резервного дозатора 14 полягає у його завантаженні насіннями тієї

ж культури, що завантажена в основний дозатор установки. Для цього з самого початку завантажуються декілька насінин, перша з яких закриває комірку трубки пневматичного датчика 15. Далі резервний дозатор доповнюється до повного заповнення. Уточнюються основні параметри установки V_iP . Частотоміри контролю обертів висівного диска 11 і пропуску насінин 13 переводяться в режим рахування кількості подаючих імпульсів. Включається транспортер з липкою стрічкою 18 і фіксується час початку експерименту.

Тривалість досліду краще визначати по кількості обертів висівного диска N_d . Достатня кількість обертів диска для отримання стійкого результату оцінки надійності виконання технологічного процесу апаратом визначається попередньою серією дослідів. При цьому основним показником роботи апарата є ймовірність його відмов у вигляді пропусків (незаповнень присмоктуючих комірок). Для оцінки апарата як серійного (без застосування дублюючого дозатора) достатньо підрахувати ймовірність пропусків згідно формули:

$$\xi_{nc} = \frac{n_{\pi}}{N_d \cdot z}, \quad (2)$$

де n_{π} – кількість пропусків; z – кількість комірок на диску.

При відключеному додатковому дублюючому дозаторі 14 за допомогою вимикача 20 результати роботи пневмомеханічного апарата відображуються у вигляді реально висіяних насінин на липкій стрічці транспортера 18. По пропускам вони дублюють результати автоматичних вимірювань і підрахувань згідно формули (2), але по наявності і по кількості двійників дають нову додаткову інформацію про якість виконання посіву. Кількісно відмови висівного апарата по двійникам оцінюються ймовірністю їх появи.

В експериментальному дослідженні ймовірність появи двійників підрахована слідуєчим чином. На заліковій ділянці транспортера 18 довжиною L підраховується загальна кількість місць, де повинні знаходитися висіяні насінини $n_{\text{вис}}$. З них виділяються місця з кількості насінин, що перебільшують одну $n_{\text{дв}}$. Тоді ймовірність утворення двійників дорівнює

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вис}}}. \quad (3)$$

Так як $n_{\text{вис}} = N_d \cdot z$, то підставляючи в (3), маємо

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{N_d \cdot z}. \quad (4)$$

Отримані залежності (2) і (3) використовуються для кількісної оцінки якості виконання технологічного процесу висіву пневмомеханічного апаратом.

Методично таким же чином оцінюється надійність виконання процесу дозування насіння висівним апаратом при включеному додатковому дозаторі.

Для проведення дослідження роботи висівного апарата з додатковим резервним дозатором останній вводиться в дію вимикачем 20. При цьому автоматично в разі пропусків дозуючого диска вакансія комірки основного дозатора компенсується насінною, що подається з резервного дозатора.

Результати якості висіву оцінюються по рівномірності потоку висіяних насінин, розташованих на липкій стрічці транспортера 18. Кількісно ймовірності пропусків і двійників підраховуються згідно формул (1) і (4).

Ефективність компенсуючої дії дублюючого дозатора може бути оцінена порівнянням ймовірностей пропусків і двійників в рівних умовах експерименту як для серійного, так і для експериментального висівного апарата.

Доцільно ефективність підвищення якості виконання посіву оцінювати відносними величинами у порівнянні з серійним висівним апаратом. Для цього вводиться коефіцієнт пропусків і коефіцієнт двійників. Коефіцієнт пропусків представляє собою відношення:

$$K_{\Pi} = \frac{\xi_{\Pi \text{ екс}}}{\xi_{\Pi \text{ сер}}}, \quad (5)$$

де $\xi_{\Pi \text{ екс}}$ – ймовірність пропусків експериментального висівного апарата з дублюючим дозатором ;

$\xi_{\Pi \text{ сер}}$ – ймовірність пропусків серійного висівного апарата.

Чим менше значення коефіцієнту пропусків, тим краща компенсуюча дія резервного дозатора. При $K_{\Pi} = 1$ його дія фактично відсутня. Аналогічно вводиться коефіцієнт двійників, який дорівнює відношенню:

$$K_{\text{дв}} = \frac{\xi_{\text{дв екс}}}{\xi_{\text{дв сер}}}, \quad (6)$$

де $\xi_{\text{дв екс}}$ – ймовірність двійників експериментального висівного апарата з дублюючим дозатором;

$\xi_{\text{дв сер}}$ – ймовірність двійників серійного висівного апарата.

Меншому значенню коефіцієнта двійників відповідає краща робота висівного апарата з більш високою точністю дозування.

Результати визначених параметрів дослідження при варіаціях по швидкості V і розрідженню P для насіння просапних культур (соя, горох, кукурудза, соняшник та інші) зводяться у відповідні таблиці, на підставі яких будуються графічні залежності.

Проведення експериментальних польових досліджень посівної секції обладнаної додатковим дублюючим дозатором потребує її доопрацювань.

Доопрацювання передбачають введення в конструкцію висівного апарата додаткового дозатора. Зважаючи на існуючу конструкцію пневмомеханічного апарата сівалки СУПН-8, де дозуючим елементом є висівний диск з комірками у вигляді отворів необхідного діаметра і форми, доцільно до цього основного дозатора ввести додатковий (дублюючий) у вигляді другої доріжки з таким ж комірками (рис. 2,а).



Рис. 2. Дублюючий дозатор у вигляді додаткової другої доріжки на висівному диска (а) і відповідно зміненого профілю ущільнюючої прокладки (б).

Введення другої присмоктуючої доріжки комірок додаткового дозатора привело до необхідності змін форми і об'єму вакуумної камери. Крім того, для синхронізації роботи основного і додаткового дозаторів зміщені фази скидання насінин на деякий кут η (рис. 2,б) шляхом надання профілю камери відповідної форми.

Таким чином, фази і синхронізація роботи додаткового дозатора організуються шляхом заданням необхідного профілю ущільнюючої прокладки, де відключення вакууму здійснюється в необхідний момент часу для направлення насінини на місце пропущеної основним дозатором.

Команди на спрацьовування дублюючого дозатора поступають від датчика, виконаного у вигляді трубки, в якій періодично відключається вакуум, коли положення датчика співпадає з положенням незаповненої комірки (рис. 3,а).

Для недопущення фіктивних спрацювань висівного апарата, що може привести до виникнення додаткових двійників в перепускнуну магістраль змін розрідження між основним і додатковим дозатором вмонтований спеціальний клапан односторонньої дії (рис. 3,б) у вигляді сферичної кулі, що при переміщенні регулює потоки повітря.

Елементами системи додаткового дозування стали також корпус висівного апарата в якому введено додатковий прорізний отвір повернення зайвих (невикористаних насінин) з дублюючого дозатора (рис. 4,а). Розділенню потоків повернення невикористаних насінин у завантажувальну камеру і необхідних для заповнення

пропусків сприяє спеціально встановлений додатковий лоток (рис. 4,б). Загальний вигляд доопрацьованої посівної секції з резервним дублюючим дозатором представлено на рис. 5.



Рис. 3. Датчик команди скидання насінин при пропусках в роботі основного дозатора: а – датчик команди; б – перепускний клапан.

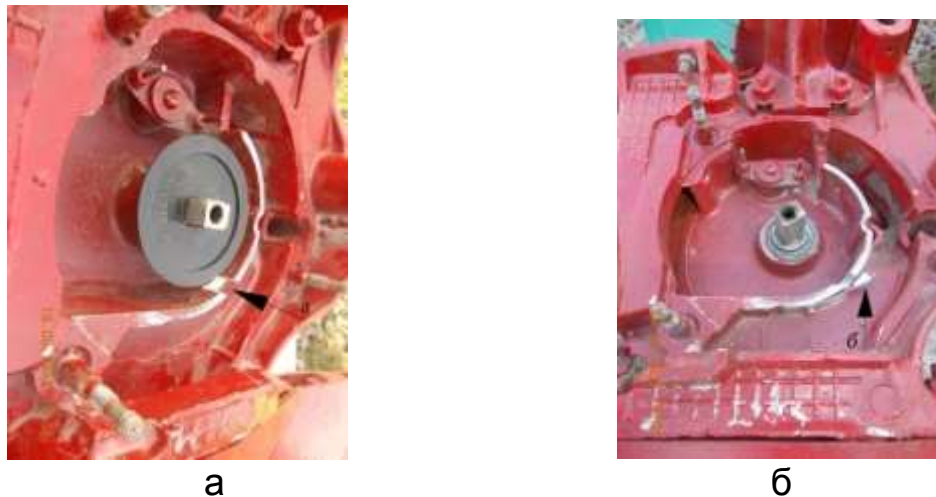


Рис. 4. Елементи доопрацювань корпуса висівного апарата СУПН-8 для встановлення додаткового дозатора: а – прорізний отвір повернення насінин у завантажувальну камеру; б – додатковий забірний лоток.



Рис. 5. Загальний вигляд дослідної посівної секції.

Запропонована конструкція висівного апарата з резервним дозатором захищена Патентом України №71576 від 25.07.2012р. бюл. №14. ПАТ «Червона зірка» (м. Кіровоград) видано акт до впровадження удосконаленого пневмомеханічного висівного апарата з резервним дозатором.

Польові дослідження проводяться при виконанні посівних робіт в реальних умовах експлуатації сівалки СУПН-8. Для цього на сівалці одна з штатних посівних секцій замінюється на експериментальну спеціально підготовлену до проведення досліджень. Така заміна надає можливість порівняльної оцінки роботи серійної і експериментальної посівної секції в ідентичних умовах експлуатації. Посів проводиться на заздалегідь підготовленому полі. Посівний агрегат складається з трактора МТЗ-80 і сівалки СУПН-8. Робоча швидкість агрегату вибирається виходячи з агровимог до посіву в межах 5...8 км/год. Глибина заробки насінин встановлюється на рівні 40...120 мм.

Якість виконання технологічного процесу посіву оцінюється по точності висіву уздовж рядка. За показники якості приймаються показники надійності з урахуванням можливих пропусків і наявності двійників при подачі насінин до борозни.

Експериментальні дослідження проводяться згідно існуючих стандартів оцінки якості виконання посіву [3, 5]. При цьому застосовується метод контролю відстані між насінинами в рядку. Після проведення посіву відстані між насінинами вимірюються з точністю до 5мм, а дані замірів заносяться в спеціальні таблиці для подальшої статистичної обробки. Математична обробка результатів вимірів виконується згідно рекомендацій робіт [2, 4] з використанням обчислювальної техніки. Основними статистичними характеристиками, що визначаються, є:

1. Середнє значення інтервалів між насінинами

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}, \quad (7)$$

де l_i – величина інтервалів між сусідніми насінинами;

n – кількість інтервалів, $n = N - 1 - n_{\text{пр}} + n_{\text{дв}}$

N – кількість висіяних насінин;

$n_{\text{пр}}$ – кількість пропусків;

$n_{\text{дв}}$ – кількість двійників.

2. Середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{n}}. \quad (8)$$

3. Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{\sigma}{\bar{l}}. \quad (9)$$

4. Похибка середньоарифметичного значення довжини інтервалу

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

5. Точність проведення експерименту

$$\chi = \frac{m}{\bar{l}} \quad (11)$$

6. Частота (ймовірність) пропусків (відмов 1^{го} роду)

$$\xi_{\text{пр}}^* = \frac{n_{\text{пр}}}{n}, \quad (12)$$

7. Частота (ймовірність) двійників (відмов 2^{го} роду)

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{n}, \quad (13)$$

Обчислення статистичної інформації виконується за допомогою пакетів прикладних програм Statistica, StatGraphics Plus 3.0, MathCad 2000 Professional.

Висновки

Аналіз отриманих результатів показує, що для всіх висіяних культур введення додаткового дозатора привело до підвищення якості висіву при зменшенні пропусків. Особливо це позначилося на висіву кукурудзи, гороху і сої. В меншій ступені вираш надійності виконання технологічного процесу проявився для насіння соняшника і буряка. Для них він складає декілька (4...6) відсотків. Отримане зниження пропусків до 27% для кукурудзи і до 18% для гороху і сої вказує на позитивний вплив додаткового дозатора у підвищення точності висіву, а значить і подальшу врожайність культур.

Встановлення додаткового дозатора практично не вплинуло на утворення двійників. Зміна стосується окремих відсотків, що не несуть суттєвого результату для практики підвищення точності сівби.

В умовах рядової експлуатації на висівному апараті, обладнаному скидачем зайвих насінин, виявлено незначний вплив додаткового дозатора на утворення двійників. Показник вирашу надійності по утворенню двійників для всіх культур знаходиться на рівні одиниці ($G_{\xi_{\text{пр}}} \approx 1$). Це вказує на необхідність збереження в конструкції скидача і доцільності його регулювання в напрямку деякого зменшення двійників, при одночасному забезпеченні компенсації можливого збільшення пропусків дозатором.

Список літератури

1. Банний О.О. Експериментальна установка для проведення лабораторних досліджень точності виконання процесу дозування насіння / О.О. Банний, П.С. Попик // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 227–232.
2. Мармоза А.Т. Практикум по математической статистике / А.Т. Мармоза. – К.: Вища школа, 1990. – 336 с.
3. Машины посевные. Программа и методика испытания. ОСТ 70.5.1-74. – М.: 1975. – 156 с.

4. Омельченко В.П. Практические занятия по высшей математике / В.П. Омельченко, Э.В. Курбатова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 350 с.
5. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программа и методика испытаний. ОСТ 70.5.1-82. – М.: Техника, 1982. – 159 с.

В статье представлена методика проведения исследований пневмомеханического высевного аппарата с резервным дозатором для выявления основных показателей надежности работы предложенного высевного аппарата.

Пневмомеханический высевной аппарат, установка, точный сев, семена, дозирование.

The paper pedstavlena method conducting research pneumomechanic sowing apparatus with reserve doser to identify main indicators of reliability of work the proposed sowing apparatus.

Pneumomechanic sowing apparatus, experimental setup, exact seeding, seed, seeding, dosage.

УДК 631.361.022

УТОЧНЕНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ РУХУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
А.П. Ляшко, аспірантка****

Представлені уточнене дослідження динаміки руху молотильного барабана зернозбирального комбайна. Дослідження проводилися для двох випадків зміни приводного моменту: постійний момент приводного механізму; параболічна зміна моменту. Встановлено залежність амплітуди коливань швидкості молотильного барабана від жорсткості приводу.

Молотильний барабан, привод, жорсткість, швидкість, динаміка.

Постановка проблеми. Привод молотильного барабана зернозбирального комбайна є складною системою. Комбайнер під час комбайнування обирає оптимальну швидкість обмолоту залежно від виду культури, вологості зерна, рельєфу поля, біологічних особливостей культури.

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, А.П. Ляшко, 2014