

КІРОВОГРАДСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

На правах рукопису

ТАТАРОВ Анатолій Васильович

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ, ДІАГНОСТИКИ ТА
ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВИСІВУ
УНІВЕРСАЛЬНОГО ВИСІВАЮЧОГО АПАРАТА

Спеціальність 05.13.07 «Автоматизація технологічних
процесів та виробництв»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КІРОВОГРАД
1997



Дисертація є рукопис
Робота виконана в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування та в СП «Деметра» НВО «ЛАН» (м. Кіровоград).

Наукові керівники: заслужений діяч науки і техніки України, академік Міжнародної Інженерної академії та Інженерної академії України, доктор технічних наук, професор

Носов Григорій Романович;

кандидат технічних наук, доцент
Кінкер Михайло Григорович.

Офіційні опоненти: академік Української академії наук національного прогресу, доктор технічних наук, професор
Галай Микола Васильович;
кандидат технічних наук, доцент
Петренко Микола Миколайович.

Провідна організація: Полтавський державний сільськогосподарський інститут Міністерства сільського господарства та продовольства України

Захист відбудеться «8» липеня 1997 р. о 10 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 13.01.02 в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316017, Кіровоград, пр. Правди, 70 А, ауд. 361.

З дисертаційною роботою можна ознайомитись у бібліотеці Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316017, Кіровоград, пр. Правди, 70 А.

Автореферат розісланий «6» червня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук, доцент

В. М. Каліч

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення ефективності вирощування просапних культур вимагає істотного поліпшення якості посіву. Це досягається як за рахунок удосконалення висіваючих систем, так і шляхом застосування сучасних засобів автоматизації контролю порушень, діагностики і вимірювання параметрів процесу висіву насіння. Наявність таких засобів дозволяє своєчасно отримувати та оцінювати інформацію про стан висіву та його якісні показники, забезпечуючи їх підтримання у заданому діапазоні, що свідчить про безумовну актуальність теми. Її рішення передбачено планами науково-дослідних робіт Української академії аграрних наук з теми 9. 2 «Розробити наукові основи і технічні засоби автоматизації процесів управління і наладки комплексів машин для виробництва основних сільськогосподарських культур» та Проблемної науково-дослідної лабораторії автоматизації виробничих процесів Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування по темі 62Б46 «Розробка системи контролю і вимірювання технологічних параметрів посівних машин і комбінованих агрегатів» і договору про сумісні роботи між СП «Деметра» Кіровоградського НВО «Лан» і Кіровоградським інститутом сільськогосподарського машинобудування.

Мета та задачі досліджень. Метою досліджень є теоретичне обґрунтування, експериментальна перевірка та практична реалізація системи автоматичного контролю порушень, діагностики і вимірювань параметрів процесу висіву насіння універсальним пневматичним висіваючим апаратом просапної сівалки. Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі:

1. Проведені аналіз, теоретичні дослідження і моделювання висіву насіння універсальним пневматичним висіваючим апаратом, виявлені причини його порушень та їх вплив на якісні показники. Створена ймовірно-інформаційна модель порушень висіву та визначено місце розташування первинного перетворювача (датчика) висіву, сформовані вимоги до його схемно-конструктивної будови.

2. Досліджені та обґрунтовані алгоритми виявлення порушень висіву насіння, діагностики та вимірювання його норми, на основі яких розроблені структурні, функціональні та принципиальні схеми технічних засобів системи.

3. Теоретично досліджені датчики висіву насіння та виміру шляху сівалки, виконані їх схемно-конструктивні розробки.

4. Розроблені програми, методики, обладнання та виконані лабораторні та стендові дослідження технічних засобів системи.

5. Проведені польові випробування дослідного зразка системи і дана оцінка його техніко-економічних показників.

Об'єкти досліджень. Об'єктами досліджень є процес висіву насіння універсальним пневматичним висіваючим апаратом точного висіву просапних культур, датчики висіву насіння та вимірювання шляху, система автоматичного контролю порушень, діагностики та вимірювання параметрів процесу.

Методи досліджень. Аналіз процесу висіву та його порушень виконаний на основі методів визначення вагових коефіцієнтів показників якості систем та ймовірно-інформаційної моделі. Теоретичні дослідження траєкторій руху насіння виконані на основі законів фізики руху матеріального тіла у гравітаційному полі і математичного моделювання його просторового руху. Теоретичні дослідження і моделювання датчика висіву насіння виконані на основі теорії розпізнавальних оптичних систем. Для теоретичного обґрунтування основних положень роботи використано методи теорії автоматичного управління, побудови алгоритмів, ідентифікації об'єктів, а також передові науково-технічні досягнення в галузях електроніки та оптико-електронних систем.

Експериментальні дослідження здійснювались з використанням стандартних контрольно-вимірювальних пристроїв і нестандартного обладнання та стендів. Планування експериментів та обробка даних виконувались методами математичної статистики. Основні результати експериментальних досліджень одержані при надійній ймовірності 0.9 - 0.95. Розрахунки і моделювання виконані із застосуванням ПЕОМ.

Наукова новизна. Створена ймовірно-інформаційна модель порушень висіву насіння основних просапних культур при їх сівбі універсальним пневматичним висіваючим апаратом.

Обґрунтоване місце розміщення датчика висіву, створена його модель, досліджені та змодельовані траєкторії руху насіння у зоні чутливості датчика, запропонована, теоретично обґрунтована та експериментально досліджена його схемно-конструктивна реалізація на основі регульованої розпізнавальної оптичної системи.

Запропоновані та обґрунтовані методи та алгоритми виявлення порушень висіву, діагностики та вимірювання його параметрів. На основі запропонованих методів і алгоритмів розроблені структура і схемна реалізація технічних засобів системи та її складових частин, обґрунтовані їх параметри, розроблені методики і виконані їх дослідження.

Новизна та винахідницький рівень технічних рішень роботи підтверджені патентом України від 15. 04. 1997 року N 17381A «Пристрій для вимірювання шляху мобільної сільськогосподарської машини» та позитивним рішенням Держпатенту України по заявці

на винахід від 15. 01. 1996 року № 96010156 « Пристрій для рахунку насіння при посіві висіваючим апаратом».

Практична цінність. Розроблені електричні, структурні та функціональні схеми системи автоматичного контролю порушень висіву насіння, діагностики та вимірювань параметрів висіву. Виготовлений та досліджений у лабораторних, стендових і польових умовах дослідний зразок системи. Визначено, що своєчасне виявлення порушень висіву, оперативне діагностування та вимірювання його параметрів, сприяє зменшенню просівів і втрат врожаю, поліпшує умови праці тракториста та якісні показники посіву.

Реалізація результатів досліджень. Результати дисертаційної роботи використані при виконанні НДР по темі 62Б46 «Розробка системи контролю і вимірювання технологічних параметрів посівних машин і комбінованих агрегатів» і передані в українсько-болгарське СП «Деметра» Кіровоградського НВО «Лан» для практичного використання. Дослідний зразок системи використовується в улюбленому процесі кафедри «Автоматизація виробничих процесів» КІСМ.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були заслухані та обговорені на міжнародних науково-технічних конференціях: «Питання розвитку механізації, електрифікації, автоматизації і технічного сервісу АПК в умовах ринкових відносин (Глеваха, 1995 р.), «Контроль і управління у технічних системах» (Вінниця, 1995 р.) та науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів і співробітників КІСМ (1995 - 1997 роки).

На захист виносяться:

1. Дослідження пневматичного висіваючого апарату точного висіву як джерела інформації про параметри процесу та об'єкта автоматизації.
2. Обґрунтування схем, конструкцій та параметрів датчика висіву насіння та датчика шляху у складі системи.
3. Математичні моделі та алгоритми автоматичного виявлення порушень процесу висіву насіння, діагностики та вимірювання його параметрів.
4. Обґрунтування та дослідження структури системи та її функціональних частин.
5. Система автоматичного контролю порушень процесу висіву насіння, діагностики та вимірювання його параметрів.

Конкретний особистий внесок автора у розробку наукових результатів, що виносяться на захист. Досліджено процес висіву насіння універсальним пневматичним висіваючим апаратом, виявлені та проаналізовані основні причини виникнення його порушень. Створена ймовірно-інформаційна модель порушень висіву, досліджені та змодельовані траєкторії руху насіння, на основі яких

визначено місце розташування датчика висіву та його схемно-конструктивні параметри. Створені математичні моделі та алгоритми автоматизації контролю порушень висіву насіння, діагностики та вимірювання його параметрів. Виготовлений і перевірений у лабораторних, стендових та польових умовах дослідний зразок системи. Загальна доля участі автора в опублікованих у співавторстві друкованих роботах з теми дисертації складає 40 — 60 %, а у патентах на винахід — 35 — 40 %.

Публікації. Результати дисертації висвітлені у 12 наукових роботах, у тому числі у 1 патенті України та 1 позитивному рішенню про видачу патенту на винахід Держпатенту України.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків і списку літератури з 164 найменувань, 9 додатків. Загальний обсяг рукопису дисертації 148 сторінок, у тому числі — 8 таблиць і 97 малюнків.

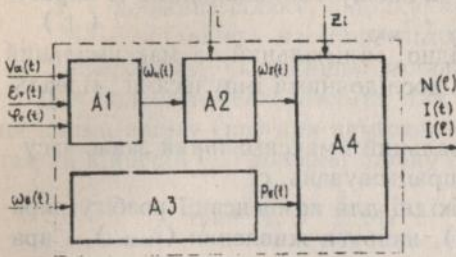
ЗМІСТ РОБОТИ.

Вступ. Обґрунтована актуальність теми та викладені основні положення, які виносяться на захист.

Розділ 1 «Стан питання та задачі досліджень». Розглянуті конструкція та технологічний процес універсального висіваючого апарату для просапних культур (кукурудза, соняшник, цукровий та кормовий буряк та ін.), проаналізована схема цього процесу, виявлені причини порушень висіву насіння та дестабілізації його параметрів, дана їх кількісна оцінка. Виділені основні параметри процесу, що підлягають контролю, діагностиці та вимірюванню. На ґрунті ймовірно-інформаційної моделі показано, що найбільш повну інформацію про стан висіву та його порушення, діагностику і вимірювання його кількісних параметрів можна отримати, реєструючи рух насіння після сходу з висіваючого диска і до надходження в сошник. Аналіз інформаційних джерел у галузі автоматизації посівної техніки показав, що автоматизований контроль порушень висіву насіння, його діагностика та вимірювання є ефективними засобами підвищення якості посіву, що сприяють зменшенню кількості і довжини просівів (незасіяні ділянки лану), виключаючи розріджений чи загушений посів. Розглянута відповідність існуючих технічних засобів сучасним вимогам, поставлені задачі досліджень.

Розділ 2 « Теоретичні дослідження та моделювання методів і засобів автоматичного контролю, діагностики та вимірювань параметрів процесу висіву універсального висіваючого апарату». В задачах моделювання висіваючий апарат розглянуто як складну динамічну систему, що перетворює сукупність випадковим чином розта-

шованого в бункері сівалки насіння у їх упорядковану не випадкову послідовність для розміщення у ґрунті відповідно із заданим інтервалом. Вихідними параметрами системи є норма висіву $N(I)$, що являє число насіння, висіяного на одиницю шляху сівалки та інтенсивність висіву, яка є частотою його подачі у ґрунт за одиницю часу $I(t)$ чи на одиницю шляху $I(I)$ (малюнок 1).



Мал. 1. Функціональна модель висівального апарату.

(ланка A2), перетворює кутову швидкість обертання колеса $\omega_{\kappa}(t)$ у кутову швидкість обертання висівального диску $d(t)$ з числом комірок Z_i (ланка A4). Ступінь розрідження у вакуумній камері висівального апарату $P_v(t)$ формується вентилятором (ланка A3) при підтриманні стабільності його обертів $\omega_n(t)$. Зміни стану ланок A1 — A4 системи відбуваються як скачкоподібно (відмови у приводі, обривання пневмосистеми, заклинювання висівальних дисків), так і поступово (забивання сошників та комірок висівальних дисків, знос та старіння рухомих елементів, розрегулювання вузлів видалення «зайвих» насінин), а значення норми висіву безпосередньо не вимірюється і не контролюється, а є результатом підрахунку кількості насіння M_i на шляху довжиною L_1 при наявності похибки вимірювань $S(t)$, тому модель процесу розглянуто як сукупність окремих операцій, що підлягають автоматизації.

Обґрунтування алгоритму виявлення порушень висіву насіння виконано за методом технологічної моделі процесу, при якій висів насіння є реалізація процесу $Y(t)$, що відтворює частоту $F_i(t)$ надходження насіння у борозну. Це цілком припустимо, якщо прийняти, що на будь-якій, довільно взятій i -ій ділянці лану швидкість руху сівалки $V_{ai}(t)$ є постійною, а враховуючи те, що агротехнічними вимогами на інтервал між насінинами встановлено двосторонній симетричний допуск, базою відліку можна приймати установче або налагоджувальне значення $Y_n(t)$ контрольованого процесу $Y(t)$. Таке

Для цього лінійна швидкість руху агрегату $V_a(t)$ через його опорноприводне колесо перетворюється у кутову швидкість обертання останнього $\omega_{\kappa}(t)$ (ланка A1). Коефіцієнти $\epsilon(t)$ та $\phi_{\kappa}(t)$ враховують буксування коліс трактора та просковзування коліс сівалки. Передавальний механізм, параметри якого задані передавальним відношенням « i »

припущення істотно спрощує алгоритм виявлення порушень висіву та його апаратну реалізацію. Приймавши за налагоджувальне значення процесу $Y_n(t)$ частоту $F_{зад}$ імпульсів задавача «ідеального» процесу та переходячи від частоти до періоду імпульсів $T_{зад.}$, значення часу виявлення порушень висіву $T_{вп.}$ знаходимо із виразу

$$t_{\min} + T_{зад. \min} T_{вп.} T_{зад. \max} + t_{\max}, \quad (1)$$

де $T_{зад. \min}$, $T_{зад. \max}$ — відповідно, мінімальний та максимальний інтервали часу між двома послідовними імпульсами «ідеального» процесу, с;

t_{\min} та t_{\max} — відповідно, мінімальний і максимальний запас часу на виключення «хибних» спрацьовувань, с.

Запаси часу t_{\min} та t_{\max} , необхідні для компенсації розбігу параметрів схем перетворювача ($t_{сх.і}$), напруги живлення ($t_{жив.і}$), і враховують тривалість захисного інтервалу ($t_{зах.і}$), що виключає випадкові спрацьовування сигналізаторів при відсутності порушень висіву. Визначивши

$$t_i = t_{зах.і} + (t_{сх.і} + t_{жив.і}) = (1 \div 2) T_{зад.}, \quad (2)$$

умову (1) виразимо у вигляді

$$T_{зад.} < T_{вп.} < 2T_{зад. \max}. \quad (3)$$

Вираз (3) покладено у основу алгоритму виявлення порушень висіву насіння, який можна сформулювати таким чином:

Умова 1. Реєструються моменти тв. і висіву насіння у кожному із висіваючих апаратів (сигнали «1...12», малюнок 4);

Умова 2. Реєструються еталонні відмітки часу $T_{зад.і}$ задавача «ідеального» процесу висіву з урахуванням наявності захисного інтервалу ($t_{зах.}$) — (сигнал «ІВ», малюнок 4);

Умова 3. Визначається наявність не менш одного імпульсу кожного із сигналів «1...12» у проміжку між двома сусідніми імпульсами сигналу «ІВ»;

Умова 4. При виконанні умови 3 сигнал «порушення висіву» не формується;

Умова 5. Якщо умова 3 не виконується, то формується сигнал «порушення висіву» і здійснюється його запам'ятування;

Умова 6. За сигналом «порушення висіву» здійснюється включення звукового та світлового сигналізаторів;

Умова 7. Відключення сигналізаторів при відновленні процесу.

Теоретичний аналіз методу вимірювання норми висіву виконано, виходячи із визначення похибки вимірювань як різниці оцінюваних значень норми висіву (m_k) та (m_n) при вимірюваннях у $1 < k < n$ та у n -висіваючих апаратах (ВА) на кінцевій (L_i) і нескінченній (L_∞) довжинах шляху, при якій точність вимірювань найбільша (4).

$$\Delta = \bar{m}_k - \bar{m}_n = A_1 \left[k^{-1} \sum_{i=1}^k \bar{M}_i - n^{-1} \sum_{i=1}^n \bar{M}_i \right], \quad (4)$$

де A_1 — перерахунковий коефіцієнт, $A = 10^4 \cdot n \cdot B^{-1} \cdot l^{-1}$;

B — робоча ширина сівалки, м;

l — довжина шляху, підрахунку насіння, м;

M_i — кількість насіння, підрахованого на виході i -го ВА у перерахунку на одиницю засіяної площини, шт/м².

Для заданого числа насінин для висіву $M_{з.і}$ оцінювальне значення норми висіву ($m_{з.і}$) при вимірюваннях у $1 < k < n$ висіваючих апаратах на кінцевій (L) довжині шляху становить

$$m_{з.і} = A_1 k^{-1} \sum_{i=1}^k M_{з.і} \quad (5)$$

Перетворення рівняння (4) із врахуванням (5) дає значення похибки вимірювань (Δ) внаслідок різниці між підрахованою і заданою кількістю насіння при підрахунку у $1 < k < n$ висіваючих апаратах на кінцевій (L_i) довжині шляху (Δ_i)

$$\Delta = (\bar{m}_k - m_{з.і}) + (m_{з.і} - \bar{m}_n) = \frac{1}{k} \sum (\bar{M}_i - M_{з.і}) + \left[\frac{1}{k} \sum M_{з.і} - \frac{1}{n} \sum \bar{M}_i \right] = A_1 (\Delta_1 + \Delta_2), \quad (6)$$

де Δ_2 — абсолютне збільшення похибки вимірювань при підрахунку насіння у $1 < k < n$ ВА на кінцевій (L_i) довжині шляху.

Таке уявлення Δ_1 та Δ_2 вірне, оскільки при $k=1$ $\Delta_1 = M_i - M_{з.і}$, а при $k=n$ Δ_2 звертається у нуль. Переходячи до дисперсії Δ_2 та враховуючи властивості однозернового висіву, отримуємо значення абсолютної $\delta(\Delta)$ та відносної (ϵ) середньоквадратичної похибки вимірювань

$$\sigma(\Delta) = \frac{10^4}{B} \sqrt{\left[\frac{n^2}{k l} + \frac{2.56 c^2 n^2 (n - k)}{k} \right] N_n};$$

$$\epsilon = \frac{\sigma(\Delta)}{M} = \left(\frac{1}{N_n k l} + \frac{2.56 c^2 (n - k)}{n k} \right)^{1/2} \quad (7)$$

Розв'язавши (7) відносно l для довільного числа $k < n$ висіваючих апаратів, знаходимо значення довжини шляху вимірювань

$$l_k = \frac{10^4 k n^2}{Q_n B [\epsilon_1^2 n k - 2.56 c^2 (n - k)]} = \frac{k n}{N_n [\epsilon_1^2 n k - 2.56 c^2 (n - k)]} \quad (8)$$

При вимірюваннях значення норми висіву у одному висіваючому апараті ($k=1$) значення довжини шляху вимірювань l_1 становить

$$l_1 = \frac{10^4 n^2}{Q_n B [\epsilon_1^2 n - 2.56c^2(n-1)]} = \frac{n}{N_b [\epsilon_1^2 n - 2.56c^2(n-1)]} \quad (9)$$

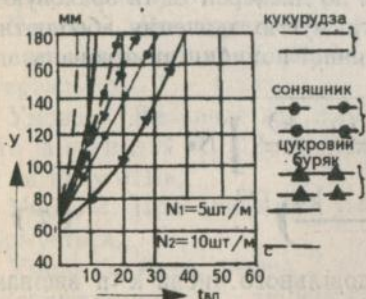
де c — припустимі коливання норми висіву між ВА,

Q_n — норма висіву при її завданні з розмірністю, кг/га.

Виходячи з того, що для просапних сівалок припустимі коливання норми висіву між висіваючими апаратами згідно з агротехнічними вимогами на висів не перевищують $\pm 3\%$ ($c = 0.03$), із (9) знайдено, що при $\epsilon_1 > 0.0357$, тобто середньоквадратична похибка вимірювань норми висіву при $k=1$ не може бути менше, ніж 3.57%. Із виразу (9) при $c = 0.03$ змодельовані залежності $L_b = f(N_b)$ для висіву насіння кукурудзи при ($n=8$ $B=5.6$ м і $n=12$ $B=8.4$ м) та цукрового буряка при $n=12$ і $B=5.4$ м при значеннях $\epsilon_1 = 0.1$ та $\epsilon_1 = 0.2$, із яких обчислено оптимальну довжину шляху вимірювань, що становить 20 метрів для найбільш поширених значень норм висіву просапних культур.

Оптимізацію місця установки датчика висіву насіння виконано із міркувань отримання найменшого збитку при порушеннях першої (припинення руху насіння на дно борозни у зв'язку їх відсутності) та другої (забиванням сошників) груп, шляхом мінімізації часу виявлення порушень висіву ($t_{пв}$), визначеного функцією висоти знаходження зони чутливості датчика (малюнок 2)

$$t_{пв} = \int_{Y_{пр}}^{Y_{дат}} S(y) N_{в.і}^{-1} V_a^{-1} v_{нас}^{-1} k_{зап} dy \quad (10)$$



Мал.2. Залежність часу насивлення порушення висіву від висоти датчика над дном борозни

де $Y_{дат}$ — відповідно, висота датчика $Y_{пр}$ та «пробки» відносно дна борозни, мм;

$S(y)$ — площа перетину порожнин сошника і ВА у функції її висоти, мм²;

$N_{в.і}$ — норма висіву, шт/м;

V_a — швидкість посівного агрегату, м/с;

$v_{нас}$ — об'єм насінини, мм³;

$k_{зап}$ — коефіцієнт заповнення порожнин сошника і ВА.

Конструктивні параметри датчика висіву визначені за даними математичного моделювання траєкторій руху насіння, відокремлених від висіваючого диску, для чого знайдений вираз залежності її координати X_i насінини у площини XOZ від параметрів висіву

$$x_i = V_a(1 - k_{дi} N_{дi} \cos \alpha) \{-V_a k_{дi} N \sin \alpha + [V_a^2 N_{дi}^2 k_{дi}^2 \sin^2 \alpha + 2g(y_d - r_i \cos \alpha)]^{1/2}\} g^{-1}, \quad (11)$$

де $k_{дi}$ = $2\pi r_i z_i$ — конструктивний коефіцієнт висіваючого диску;
 r_i — радіус центрів комірок висіваючого диску, мм;
 z_i — число комірок (отворів) висіваючого диску, шт;
 α — кут сходження насінин із комірок, градусів.

Результатами моделювання показано, що при висіві кукурудзи, сояшника та інших великонасінневих культур розмір зони чутливості датчика висіву становить від 110 до 125 мм, а при висіві насіння цукрового та кормового буряка може бути скорочений до 80 мм, що враховано при розробці конструкції та схеми датчика висіву, який має регульовану зону сприяття руху насіння.

Модель датчика висіву насіння — розпізнаюча оптична система, дія якої полягає в модулюванні оптичної потужності випромінювання джерела світла P висіваючим насінням (фізичне збурення $X = X_0 + \Delta X$), реєстрації змін освітлення поверхні фотоприймача ($P_0 + \Delta P$) і їх перетворювання у інформаційний сигнал $\Delta I = f(X_0 + \Delta X)$ (мал.3).



Мал. 3. Схема утворення інформаційного сигналу висіву насіння

Для такої схеми функціонал перетворення датчика буде

$$P_0 \rightarrow X = X_0 + \Delta X \rightarrow P_0 + \Delta P \rightarrow i = f(x) = i_0 + \Delta i \rightarrow \Delta I_{\text{вих}} = f(X_0 + \Delta X) \quad (12)$$

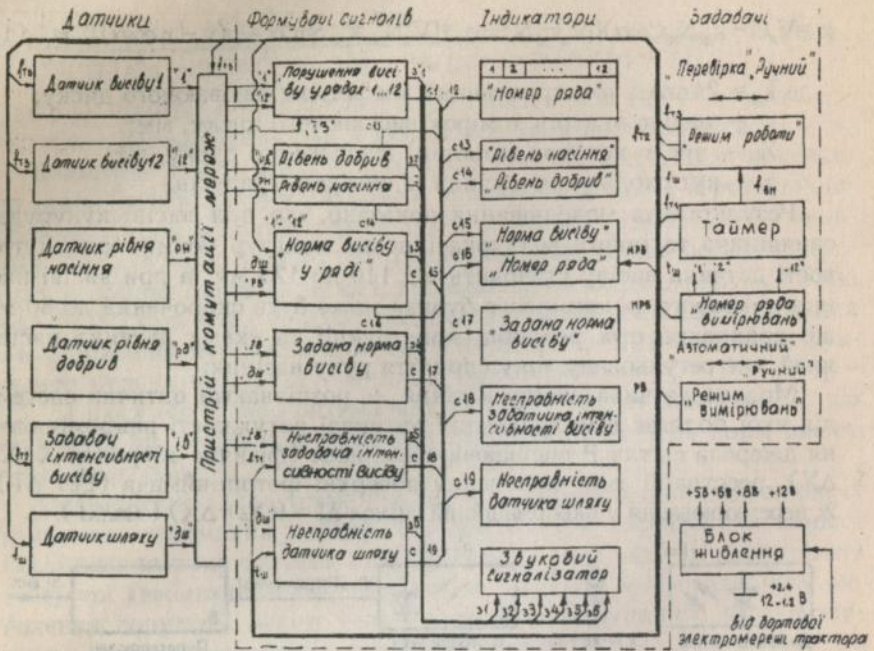
Його рішення відносно $\Delta I_{\text{вих}}$ дає вираз функціональної моделі датчика висіву у вигляді

$$\Delta I_{\text{вих}} = S_{\Phi} P_{\Phi}^i T T_s(x), \quad (13)$$

де S_{Φ} — ампер-ваттна чутливість фотоприймача;
 P_{Φ}^i — вхідна оптична потужність фотоприймача;
 T — коефіцієнт пропускання оптичного тракту по потужності;
 $T_s(x)$ — коефіцієнт модуляції оптичного тракту насінням.

$$T_s(x) = \frac{ah + x \sqrt{a^2 - x^2} - a^2 \arccos(x/a)}{\pi(r + \Delta y \operatorname{tg} \alpha_r)^2} \quad (14)$$

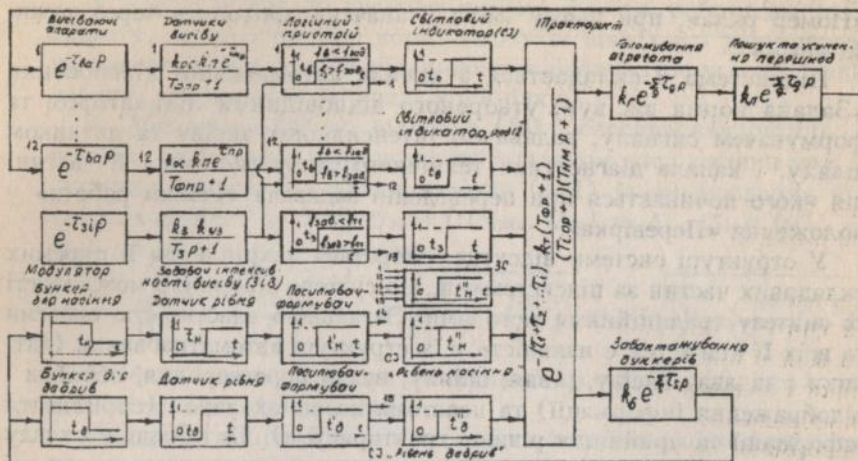
Розділ 3. «Синтез структури та обґрунтування параметрів системи» За результатами теоретичних досліджень властивостей висіву та його порушень і їх моделювання визначені основні вимоги до системи та її структура (малюнок 4). Методами функціональної декомпозиції визначені складові підсистеми:



Мал. 4. Функціональна структура системи контролю, діагностики та вимірювань параметрів процесу висіву універсального пневматичного висівального апарату

1. «Контролю технологічного процесу сівалки та виявлення порушень висіву насіння».
2. «Вимірювання норми висіву насіння».
3. «Діагностики технологічного процесу сівалки та технічного стану системи».

У підсистемі 1 датчики висіву реєструють рух насіння у борозну (імпульси «1...12», малюнок 4), а задавач інтенсивності висіву формує імпульси (імпульс «ІВ», малюнок 4), які обробляються формувачем сигналів «Порушення висіву в рядах», сигнал, з виходу якого приводить у дію звуковий сигналізатор, одночасно вмикаючи індикатор «Номер ряду», у якому виникло порушення висіву. При зниженні рівня насіння або добрив нижче височини розміщення відповідного датчика формувач сигналів «Рівень насіння» або «Рівень добрив» вмикає звуковий сигналізатор і відповідний індикатор рівня. На малюнку 5 дана узагальнена структурна схема підсистеми 1, а на малюнку 6 — вигляд її каналів після лінеаризації.

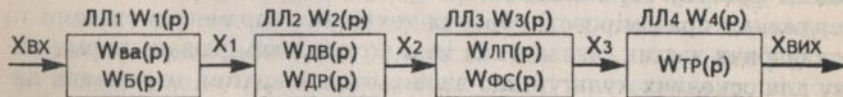


Мал.5. Загальнена структурна схема підсистеми 1

Записавши реакцію лінійних ланок (ЛЛ) на вхідне ступінчате незникаюче збурення у вигляді системи рівнянь (15) і вирішивши їх відносно складових тривалостей перехідних процесів t_1-t_4 , знаходимо вираз для обчислення загальної тривалості перехідного процесу $T_{пер}$ у вигляді функціоналу (16)

$$\begin{cases} x_{10} = h_1(t_1) x_{вх0} \\ x_{20} = h_2(t_2) x_{10} \\ x_{30} = h_3(t_3) x_{20} \\ x_{вих} \pm 0,05 x_{вих} = h_4(t_4) x_{40} \end{cases} \quad (15)$$

де $h_i(t_i)$ — перехідна функція лінійних ланок.



Мал.6. Структурна схема каналів підсистеми 1 після лінеаризації ланок.

$$T_{пер} = \Phi_1\{X_{вх0} W_{1(p)} X_{10}\} + \dots + \Phi_{n-1}\{X_{n-2} W_{n-1}\} + \Phi_n\{X_{n-1} W_{n(p)} X_{вих}\}. \quad (16)$$

Розрахунки значень $T_{пер}$ для фактичних умов висіву показали, що його тривалість при порушеннях висіву насіння не перевищує 1,8 — 2,4 секунди.

В режимі «Автоматичний» підсистеми 2 до формувача інформації «Норма висіву у ряді» по чергову через кожні 20 метрів підключаються датчики висіву, а індикатори «Норма висіву» і «Номер ряду»

висвічують відповідну інформацію. У режимі «Ручний» норма висіву вимірюється лише у ряду, номер якого встановлено задавачем «Номер ряду», при цьому зміна її значень проходить через кожні 20 метрів.

Підсистема 3 складається з каналу автоматичної діагностики «Задана норма висіву», утвореного відповідними індикатором та формувачем сигналу, задавачем інтенсивності висіву та датчиком шляху, і каналу діагностики технічного стану системи і її частин, дія якого починається при переведенні задавача «Режим роботи» у положення «Перевірка».

У структурі системи відсутнє «жорстке» закріплення її окремих складових частин за підсистемами, що суттєво обмежило можливості їх синтезу традиційними методами. Загальною властивістю системи та всіх її підсистем є наявність у їх структурі автоматизованих (датчики і задавач висіву, рівня, шляху, вузли перетворення, обробки і відображення інформації) та неавтоматизованих ланок (сприйняття інформації та прийняття рішень трактористом). Оптимізація складу та параметрів функціональних частин системи виконана за умови мінімізації втрат від порушень процесу довжини просівів, загущення та розрідження висіву. Для цього досліджені передавальні функції ланок, для окремих ланок виконана лінеаризація, визначені постійні часу ланок у складі підсистем. У неавтоматизованих ланках всіх підсистем передавальну функцію тракториста дано у вигляді трьох ланок. Оператор (Тф+р+1) ланки 2 (малюнок 5) для всіх підсистем є форсуючим елементом, який компенсує зорову інформаційну переваженість тракториста при керуванні агрегатом за рахунок формування диференційованого за характером та часом дії звукового сигналу.

Розділ 4. «Експериментальні дослідження системи». Метою досліджень є перевірка вірогідності та адекватності теоретичних положень роботи, отримання достатнього обсягу інформації для підтвердження правомірності обраних технічних параметрів системи та її складових частин, визначення меж похибок вимірювань норми висіву для основних культур, що висіваються апаратом, отримання даних для визначення техніко-економічних показників системи. Для цього у лабораторних, стендових, лабораторно-стендових та лабораторно-польових умовах дослідженні й визначені:

1. Межі траєкторій руху кукурудзи, соняшника та цукрового буряка у площині ХОУ. Встановлено, що максимальна віддаленість траєкторії руху насіння відносно осі ОУ становить для цукрового буряка 62 ± 2 мм, для кукурудзи та соняшника – $104,2 \pm 3,6$ мм.

2. Тривалість заповнювання порожнини сошника насінням при

імітації забивання, яка не перевищує для насіння цукрового буряка 12-25 секунд, кукурудзи — 8-11 секунд, соняшника — 10-18 секунд.

3. Часові інтервали висіву у сталому режимі роботи висіваючого апарату, які пропорційні нормі висіву та швидкості руху агрегата і утворюють близьку до періодичної послідовність в усьому діапазоні робочих норм висіву та швидкостей руху.

4. Абсолютна (ΔN_b), відносна (δ_N) і середньквдратична (σ_N) похибки вимірювань норми висіву — шляхом дослідження меж абсолютних похибок рахування насіння (ΔM) та вимірювання шляху (ΔL) як функції — ΔM , $\sigma_M = f_1(N_{зад}, V_{сд})$ та ΔL , $\sigma_L = f_2(V_a, W_{гр}, h_{гр})$, які обчислені за виразами

$$\Delta N_b = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta M}{L}\right)^2 + \left(\frac{M \Delta L}{L^2}\right)^2}; \delta_N = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta M}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2}; \sigma_N = \pm \sqrt{\frac{\sigma_M^2}{L^2} + \left(\frac{M}{L}\right)^2 \sigma_L^2}. \quad (17)$$

5. Межі довжин просівів як функції $l_{пр} = f_3(N_b, V_a, m_{пр})$ — шляхом імітації порушень висіву.

Розділ 5. «Випробування та оцінка технічно-економічних показників системи». Отримані результати польових випробувань системи умовах на висіві насіння кукурудзи, соняшника та цукрового буряка, за якими визначені показники надійності системи. За даними обстежень посівів кукурудзи встановлено, що доля просівів при застосуванні системи становить від 0.4 до 2.9% загальної площі посіву. Витрати часу на полагодження сівалки, її контроль та діагностику під час висіву зменшуються на 0.04-0.07 люд.-год./га. Коефіцієнт готовності системи становить 0.99 — 0.992.

ВИСНОВКИ.

Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, реалізація та польові випробування дослідного зразка системи дозволили зробити наступні висновки.

1. Універсальний пневматичний висіваючий апарат є складною динамічною системою, для контролю, діагностики та вимірювань параметрів якої необхідна і достатня адитивна схема спостережень з накопиченням та обробкою інформації про стан «ідеального» та «реального» процесів.

2. Ймовірно-інформаційна модель висіву насіння свідчить, що найбільш повну інформацію про хід процесу та його порушення, діагностику та вимірювання кількісних параметрів можна отримати, реєструючи рух насіння після сходу з висіваючого диска і до надходження у сошник. При цьому найменші втрати від порушень при допустимій вірогідності реєстрації насіння будуть при розміщенні зони чутливості датчика висіву на висоті 120...130 мм від центру осі

висіваючого диска.

3. Граничні межі регулювання оптичної системи зони чутливості датчика висіву не перевищують 110-125мм для насіння кукурудзи, сояшника та інших великонасінневи культур і 80 мм для насіння цукрового та кормового буряка.

4. Алгоритм розпізнавання порушень висіву повинен враховувати наявність захисного інтервалу, тривалість якого більше заданого і не перевищує подвійний максимальний заданий інтервал часу подавання насіння у зону чутливості датчика.

5. Для прийнятого алгоритму вимірювань норми висіву при припустимих її коливаннях у межах $\pm 3\%$ середньоквадратична похибка вимірювань не може бути меншою 3,57% при шляху вимірювань 20 метрів.

6. Застосування регульованої оптичної системи у датчику висіву забезпечує коефіцієнт реєстрації зернин не нижче 0,963 для насіння цукрового буряка та 0,981 для крупнонасінневих культур.

7. Абсолютна похибка виміру норми висіву (ΔN_n) становить $\Delta N_{n,\min} = \pm 0,115$ шт/м та $\Delta N_{n,\max} = \pm 1,75$ шт/м.

8. Прогнозований економічний ефект та зменшення витрат часу при експлуатації системи знаходяться у межах 0,005-0,007 тис.грн/га та 0,04 – 0,07 люд. год/га, відповідно.

Основні положення дисертації викладено у роботах:

1. Носов Г. Р., Кинкер М. Г., Сало В. М., Татаров А. В. Системи контролю технологического процесса посевных машин // Проблемы автоматизации и энергообеспечения в машиностроении. — Кировоград, КИСМ, 1995. — С. 3-11.

2. Кинкер М. Г., Татаров А. В. Методы контроля и диагностики посевного агрегата // Проблемы автоматизации и энергообеспечения в машиностроении. — Кировоград, КИСМ, 1995. — С. 44-49.

3. Кинкер М. Г., Лушников В. М., Татаров А. В. Обоснование места установки датчика высева семян // Проблемы автоматизации та енергозабезпечення в сільському господарстві та машинобудуванні. — Кировоград, КИСМ, 1996. — С. 32-35.

4. Лушников В. М., Кинкер М. Г., Татаров А. В. Теоретические исследования траекторий движения семян // Проблемы автоматизации та енергозабезпечення в сільському господарстві і машинобудуванні. — Кировоград, КИСМ, 1996. — С. 41-46.

5. Носов Г. Р., Кинкер М. Г., Татаров А. В. Теоретический анализ методов измерения нормы высева семян при пунктирном посеве // Проблемы автоматизации та енергозабезпечення в сільському господарстві та машинобудуванні. — Кировоград, КИСМ, 1996. — С. 58-61.

6. Патент № 17381А кл. А01С7/00 (Україна). Пристрій для вимірювання шляху мобільної сільськогосподарської машини / Носов Г. Р., Кінкер М. Г., Татаров А. В. / — від 15.04.1997 р.

7. Носов Г. Р., Кінкер М. Г., Татаров А. В., Лушніков В. М. Пристрій для рахунку насіння при посіві висівальним апаратом. Заявка № 96010156, кл. А01С7/00, поз. ріш. Держпатенту України. 20

8. Носов Г. Р., Кінкер М. Г., Татаров А. В. Прибор для исследований параметров потока семян, высеваемых сеялкой точного высева. // 3-я Междунар. научн-техн. конф. «Контроль и управление в технических системах». / Тез. докл. 18-21 сентября — Винница —1995. — Т 2. — С. 380-381.

9. Носов Г. Р., Кінкер М. Г., Татаров А. В. Математична модель процесу точного висіву та обґрунтування методів його контролю і вимірювань. // Міжн. техн. конф. з питань розвитку механізації, електрифікації, автоматизації, технічного сервісу АПК в умовах ринкових відносин. // Тези допов. 26-28 вересня — Глеваха — 1995. — Т.1. — С. 62.

АННОТАЦИЯ

Татаров А. В. Автоматизация контроля, диагностики и измерений параметров процесса высева универсального высевающего аппарата.

Рукописная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 — Автоматизация технологических процессов и производств. Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, Кировоград 1997.

Содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований высева семян универсальным высевающим аппаратом, методов средств автоматизации контроля, диагностики и измерения параметров процесса: нарушений высева семян, их заданной и фактической норм, и уровня посевного материала.

Синтезирована структура системы и обобщены ее параметры. В состав системы входят: датчики высева семян, пути сеялки, уровня семян и удобрений, задатчик интенсивности высева, электронный блок, коммутационное устройство и блок электропитания.

Приводятся результаты исследований системы и ее составных частей, выполнена оценка технико-экономических показателей системы.

SUMMARY

Tatarov A. V. Automation of control, diagnostics and measuring of universal distributor seeding parameters.

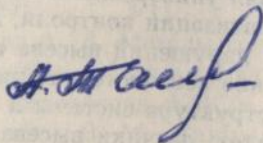
The dissertation manuscript for a candidate's degree on subject 05.13.07 — Automation of Technological Processes and Manufacturing. Kirovograd Institute of Agricultural Engineering, Kirovograd, 1997.

The dissertation contains theoretical and experimental research data on universal distributor seeding, the methods and aids for automation of control, diagnostics and measuring of the following seeding parameters: seeding disturbances, designed and actual norms of seeding and the quantity of seeds.

The unit structure is synthesized and its parameters are grounded. The unit consists of a seeding sensor, planter direction sensor, quantity of seeds and fertilises, seeding intensity selector, electronic block, switching device and power supply unit.

Test data on the unit and its components functioning are given, technical-and-economic indexes are presented.

Ключові слова: норма висіву, насіння, алгоритм, датчик, модель.



Комп'ютерна верстка Голубев С.В.
Здано до набору 26.05.97. Підписано до друку 03.06.97.
Формат 60x84 . Папір газетний. Надруковано на різнографі.
Умов. друк. арк. 1,0. Зам. № 625/97. Тираж 100 прим. (S.autotmay)

© РВЛ. КІСМ. м. Кіровоград, пр. Правди, 70-А, тел. 597-541, 559-245.

420062

AB 38.063