

Многомерная структурная идентификация при регулярных сигналах

Новый алгоритм структурной идентификации многомерного возможно неустойчивого объекта при регулярных сигналах рассмотрен в статье. Указанный алгоритм основан на использовании преобразования Лапласа для решения обратной задачи управления. Он позволяет находить матрицы передаточных функций объекта от регулируемого входа и от возмущения в результате минимизации квадратичного функционала качества.

идентификация, передаточная функция, матрица, вектор, Лаплас

Одержано 23.05.13

УДК 681.513.6; 681.5.015

**Ю.М. Пархоменко, канд. техн. наук, В.О. Кондратец, проф., канд. техн. наук,
М.Д. Пархоменко, доц.**

Кіровоградський національний технічний університет

Обґрунтування вибору параметра регулювання норми висіву системою автоматичного керування зерновими сівалками

У статті приведені результати теоретичного обґрунтування параметра регулювання норми висіву системою автоматичного керування зерновими сівалками з котушковими висівними апаратами. Отримані і проаналізовані залежності інтенсивності висіву від швидкості руху сівалки, робочої довжини котушки і передаточної величини, а також щільності розподілу зерна вздовж рядка висіву від робочої довжини котушки і передаточної величини. Показано, що в якості параметра регулювання САК процесом висіву зернової сівалки доцільно прийняти щільність розподілу зерна вздовж рядка висіву, яка лінійно залежить від керуючого діяння - робочої довжини котушки висівного апарата.

система автоматичного керування, параметр регулювання, зернова сівалка, щільність

Ю.М. Пархоменко, В.А. Кондратец, М.Д. Пархоменко

Кіровоградський національний технічний університет

Обоснование выбора параметра регулирования нормы высева системой автоматического управления зерновыми сеялками

В статье приведены результаты теоретического обоснования параметра регулирования нормы высева системой автоматического управления зерновыми сеялками с катушечными высевающими аппаратами. Получены и проанализированы зависимости интенсивности высева от скорости движения сеялки, рабочей длины катушки и передаточной величины, а также плотности распределения зернового потока вдоль рядка высева от рабочей длины катушки и передаточной величины. Показано, что в качестве параметра регулирования САУ процессом высева зерновой сеялки целесообразно принять плотность распределения семян вдоль рядка высева, которая линейно зависит от управляющего воздействия – рабочей длины катушки высевающего аппарата.

система автоматического управления, параметр регулирования, зерновая сеялка, плотность

Аграрний сектор України є стратегічною і найбільш ефективною галуззю народного господарства, яка за підсумками 2012 року єдиною зберегла позитивне

сальдо зовнішньої торгівлі (6,8 млрд. дол. США) в основному за рахунок експорту зернових (36,6%) [1]. В той же час за даними Державної служби статистики України урожай зернових культур у 2012 році скоротився порівняно з 2011 роком на 18,6% - до 46,17 млн. тонн, а прогноз урожаю на 2013 рік збільшено на 20% - до 55,5 млн. тонн. Серед головних причин такої нестабільності названо складні погодно-кліматичні умови та недостатнє матеріально-технічне забезпечення. Для збільшення обсягів виробництва зерна і отримання більш стабільних урожаїв програмою “Зерно України – 2015” визначено ряд основних напрямків розвитку зернового господарства, до яких входить і підвищення рівня наукових розробок та впровадження передових ресурсоощадних індустріальних технологій [2]. Оскільки сівба відноситься до основних технологічних процесів в рослинництві, то і тема статті, направлена на вдосконалення засобів підвищення якості висіву зерновими сівалками, є актуальною. Тематика публікації відповідає програмі “Технічні засоби нового покоління для сільськогосподарського виробництва”, включеної до переліку Державних цільових наукових та науково-технічних програм (п. 5.7, п. п. 5.7.1), визначених законом України “Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки”. Стаття містить матеріали, що являють собою частину результатів наукових досліджень, отриманих у процесі виконання науково-дослідної роботи “Система комп’ютерної ідентифікації технологічного процесу висіву насіння зерновими сівалками” (державний реєстраційний номер 0107U005469), яка є складовою частиною тематичного плану Кіровоградського національного технічного університету.

В Україні найпоширенішими є сівалки, які обладнуються механічними висівними системами. Типовим представником цих машин є зернова сівалка СЗ-3,6 з котушковим висівним апаратом. Такі сівалки доволі значною номенклатурою виробляють практично всі світові фірми [3]. За конкретних умов (відсутності тряски, вібрації, запиленості тощо) зернова сівалка, яка представляє собою систему з розімкнутим циклом керування, забезпечує стабільну норму висіву і рівномірний розподіл зернин вздовж рядка. Однак, як показали дослідження [4], на роботу висівних апаратів зернової сівалки в польових умовах діє цілий ряд зовнішніх факторів, які впливають на якість сівби шляхом неперервної зміни норми висіву. Найбільш вагомим регулярним фактором є коефіцієнт заповнення жолобків котушки, залежний від наявного обсягу зерна в бункері, типу фракції посівного матеріалу та запиленості жолобків. Самостійно сівалка не може виправити таке положення, що приводить до зниження якості висіву, зменшення врожайності і витрат посівного матеріалу. Автоматизацією процесу висіву у різні роки займалися Г.М. Бузенков, Е.А. Біляєв, В.Б. Біляков, В.Г. Демидов, С.В. Кардашевський, М.Г. Кінкер, В.В. Логін, Л.М. Макаревич, Л.Г. Сакало та ін., однак якість процесу висіву залишалась низькою.

Для подолання цього недоліку на зернові сівалки необхідно встановлювати такі системи автоматичного керування процесом висіву, які б оперативно реагували як на фракцію посівного матеріалу, так і на характер зміни щільності розподілу зернового потоку на довільних ділянках поля і забезпечували сталість норми висіву в допустимих агрономічних межах, однак таку задачу ніхто не розв’язував.

Метою даної роботи є обґрунтування вибору параметра регулювання норми висіву системою автоматичного керування зерновою сівалкою з котушковими висівними апаратами.

Оскільки налаштування на задану норму висіву Q (кг/га) усіх висівних апаратів сівалки здійснюється одночасно і синхронно, а контроль якості висіву забезпечується лише по одному рядку, то в якості параметра регулювання можна прийняти або інтенсивність зернового потоку на виході сошника Q_c (шт/с), або щільність розподілу зерна вздовж рядка висіву Q_m (шт/м), які визначаються на підставі заданої норми висіву

Q (кг/га).

Згідно з аналітичними дослідженнями, динамічна модель зернового потоку, що формується на виході котушкового висівного апарата сівалки СЗ-3,6А, визначається залежною від часу інтенсивністю $\lambda(k, L_k, t)$ [5, 6]. Вказана залежність є періодичною, пропорційною терміну розвантаження T_j k -го жолобка. Оскільки порційність зернового потоку по мірі його переміщення по насіннепроводу згладжується, то на рівні дна борозни інтенсивність зернового потоку $\lambda(k, L_k, t)$ можна розглядати як незалежну від часу величину $Q_c(L_k, V_c, i)$

$$Q_c = \frac{L_k \cdot \omega_k \cdot \gamma \cdot 10^{-3}}{2 \cdot A} \cdot \left[\frac{S_T \cdot \mu}{\omega_k} + \frac{d_k \cdot (1 - e^{-b_0 \cdot C_1})}{b_0} \right], \text{ шт/с} \quad (1)$$

де S_T - середня за період T_j площа розвантаження сектора k - го жолобка;

$\omega_k = 2 \cdot V_c \cdot i / D_k \cdot 3,6$ - кутова швидкість обертання котушки (рад/с), залежна від швидкості руху сівалки V_c (км/год) та передаточної величини i ;

$T_j = \pi \cdot D_k \cdot 3,6 / V_c \cdot i \cdot z$ - період розвантаження k - го жолобка.

γ - об'ємна маса зерна, г/дм³;

A - маса 1000шт. насіння, г;

μ - коефіцієнт заповнення жолобків;

d_k - діаметр котушки, мм;

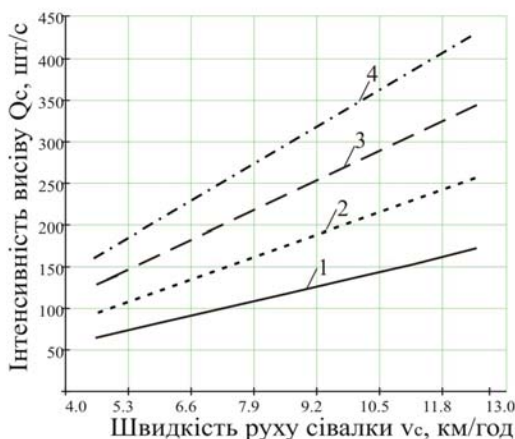
b_0 - коефіцієнт пропорційності, залежний від величини, форми та внутрішнього коефіцієнту тертя насіння (для пшениці та жита $b_0 = 0,3 \div 0,35$);

C_1 - відстань до денця котушки, мм;

z - число жолобків котушки;

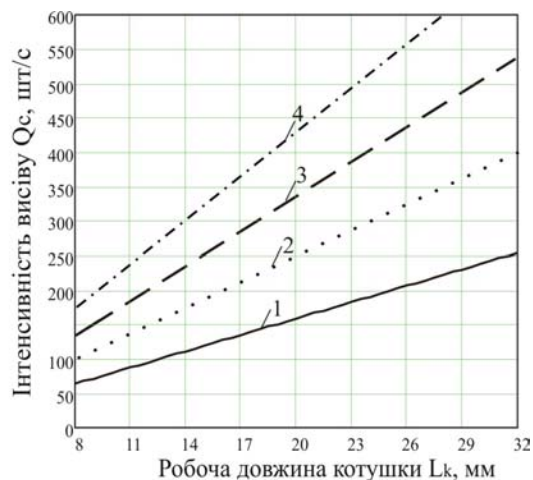
L_k - робоча довжина котушки, мм;

Графіки залежності інтенсивності зернового потоку Q_c від швидкості руху сівалки V_c при $i = 1,15$, робочої довжини котушки L_k при $i = 1,15$ та передаточної величини i при постійній швидкості $V_c = 7,2 \text{ км/год}$ відповідно представлено на рис.1 –рис. 3.



1 – 8мм; 2 – 12мм; 3 – 16мм; 4 – 20мм

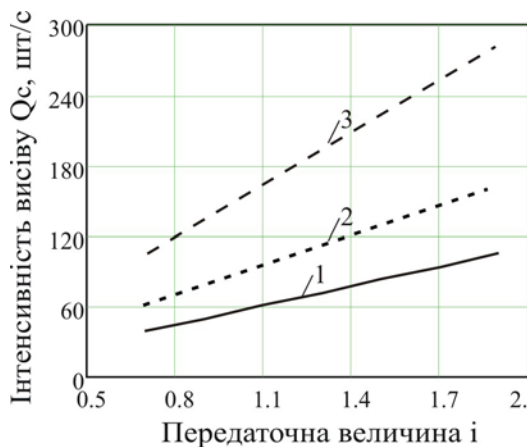
Рисунок 1 - Залежність інтенсивності висіву від швидкості руху сівалки



1 – 4,6км/год; 2 – 7,2км/год;

3 – 9,8км/год; 4 – 12,4км/год

Рисунок 2 - Залежність інтенсивності висіву від робочої довжини котушки



1 – 4,6км/год; 2 – 7,2км/год; 3 - 12,4км/год

Рисунок 3 - Залежність інтенсивності висіву від передаточної величини при різних V_c

Як видно з графіків, залежність інтенсивності Q_c від кожного окремого параметра V_c , L_k або i є лінійною. Для побудови одновимірної системи керування інтенсивністю зернового потоку необхідно, щоб в ній регулювання здійснювалося зміною лише одного вхідного параметра - робочої довжини котушки L_k , передаточної величини i або швидкості руху сівалки V_c при фіксованих значеннях інших

факторів. Однак забезпечити такий режим роботи системи практично не можливо, оскільки швидкість руху сівалки в польових умовах не може бути постійною, що приводить до необхідності регулювання в умовах нелінійності, викликаній одночасною дією двох

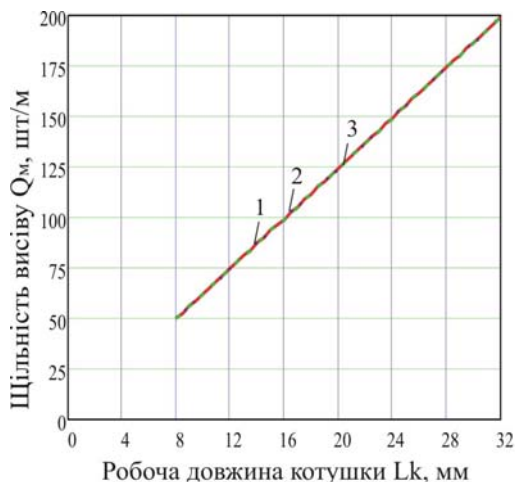
вхідних факторів - робочої довжини котушки L_k і швидкості руху сівалки V_c - $Q_c(L_k, V_c, i = const)$ або швидкості V_c і передаточної величини i - $Q_c(L_k = const, V_c, i)$. Тому інтенсивність зернового потоку Q_c не може бути обраною в якості параметра регулювання досліджуваної САК.

Другим показником оцінки якості сівби може виступати щільність розподілу зернового потоку вздовж рядка висіву Q_m (шт/м)

$$Q_m = 3,6 \cdot Q_c / V_c = \frac{\gamma \cdot 10^{-3}}{A \cdot D_k} \cdot \left[\frac{S_j \cdot \mu}{2 \cdot \pi} + \frac{d_k \cdot (1 - e^{-b_0 C_1})}{b_0} \right] \cdot i \cdot L_k, \quad (2)$$

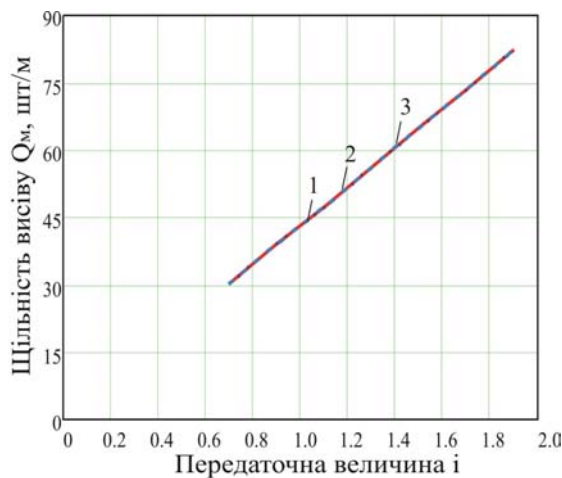
де S_j - площа поперечного перетину жолобка, mm^2 .

Графіки залежності щільності Q_m від робочої довжини котушки $L_k \in 8 \dots 32 mm$ при різних швидкостях руху сівалки $V_c = 4,6; 7,2; 12,4$ км/год та фіксованому значенні передаточної величини $i = 1,15$, а також від передаточної величини $i \in 0,7 \dots 1,92$ при різних швидкостях та фіксованому значенні робочої довжини котушки $L_k = 8 mm$ представлено на рис. 4 та рис. 5.



1 – 4,6км/год; 2 – 7,2км/год; 3 - 12,4км/год

Рисунок 4 - Залежність щільності від робочої довжини котушки при $i = 1,15$



1 – 4,6км/год; 2 – 7,2км/год; 3 - 12,4км/год

Рисунок 5 - Залежність щільності від передаточної величини при $L_k = 8 mm$

Як видно з графіків, щільність розподілу зернового потоку Q_m також лінійно залежить від робочої довжини котушки L_k при фіксованій величині i та від передаточної величини i при постійній L_k і не залежить від зміни швидкості руху сівалки V_c , тобто $Q_m(L_k, V_c, i) = Q_m(L_k, i)$, тому цей показник є найбільш прийнятним в якості параметра регулювання одновимірної САК.

Зважаючи на те, що передаточне відношення i між кутовими швидкостями котушки ω_k та опорно-приводного колеса сівалки $\omega_{ок}$ ($\omega_k = i \cdot \omega_{ок}$) задається через ступеневу або безступеневу (варіатор) коробки передач, то для забезпечення його оперативного і плавного перерегулювання в процесі сівби необхідно внести зміни в конструкцію самої сівалки, що не бажано. З іншого боку, одночасне переміщення робочої довжини котушок усіх висівних апаратів сівалки можна здійснювати за допомогою актуатора, закріпленого на її несучій рамі, що не потребує доробок діючої конструкції сівалки. Оскільки передаточне відношення i та відстань до денця котушки C_1 для кожного поля та типу посівного матеріалу можуть встановлюватися перед початком сівби і залишатися незмінними до її завершення як при традиційній, так і при точній технології землеробства, то щільність розподілу зерна вздовж рядка висіву Q_m ($шт/м$) можна розглядати як лінійно залежну від робочої довжини котушки L_k функцію

$$Q_m = b'_m \cdot L_k, \quad (3)$$

де b'_m - умовно сталий коефіцієнт пропорційності, залежний від передаточної величини i , відстані до денця котушки C_1 , конструктивних параметрів висівної системи, посівного матеріалу та коефіцієнта заповнення жолобків.

Отримана залежність (3) вказує на можливі шляхи та засоби регулювання щільності розподілу зернового потоку при висіванні зернових культур в польових умовах в разі її відхилення від заданого значення. Наприклад, за сигналом системи автоматичного керування (САК) встановленої на зерновій сівалці актуатор може змістити робочу довжину котушок висівних апаратів на задану величину ΔL_k , пропорційну величині відхилення щільності розподілу зернового потоку ΔQ_m .

Практичних засобів оперативного вимірювання щільності розподілу зерна безпосередньо вздовж рядка висіву під час сівби на сьогодні не існує. Існуючі безконтактні датчики можуть фіксувати лише моменти перетину зернинами площини їх контролю. Якщо подібний датчик, здатний реєструвати до 350...400 зернин в секунду, встановити на виході насіннепроводу або в площині сошника, то з його допомогою можна визначати інтенсивність досліджуваного зернового потоку Q_c ($шт/с$) шляхом підрахунку числа зареєстрованих зернин за фіксований інтервал часу. Виходячи з залежності (2), значення щільності розподілу зернового потоку Q_m ($шт/м$) можна було б розраховувати на підставі вимірювань за фіксований інтервал часу Δt ($с$) значень інтенсивності зернового потоку Q_c ($шт/с$) та швидкості руху сівалки V_c ($км/год$). Однак даний спосіб визначення щільності є громіздким і неточним, оскільки потребує одночасного вимірювання значень двох параметрів – інтенсивності і щільності з наступним виконанням над ними операції ділення. При цьому відрізок шляху $\Delta S_i = \Delta t \cdot V_{ci} / 3,6$ ($м$) при кожному вимірюванні буде різним, оскільки швидкість руху сівалки V_c ($км/год$) безперервно змінюється.

Другий спосіб визначення поточного значення щільності розподілу зерен в рядку Q_m ($шт/м$) полягає у підрахунку числа зареєстрованих датчиком зернин N_i ($шт$)

вісієних апаратом на фіксованій довжині пройденого сівалкою шляху ΔS (м). Для формування сигналів відліку початку та кінця фіксованого інтервалу виміру ΔS можна прив'язатися до опорно – приводного або додаткового колеса сівалки. За фіксований інтервал бажано прийняти відстань $\Delta S = 10$ м, що спрощує розрахунок

$$Q_m = N_i / \Delta S = N_i / 10 \text{ (шт/м)}. \quad (4)$$

Даний спосіб є більш зручним і точним у виконанні.

Виходячи з розглянутого, приходимо до висновку, що в якості параметра регулювання норми висіву системою автоматичного керування зернової сівалки доцільно прийняти щільність розподілу зернового потоку вздовж рядка висіву Q_m (шт/м), яка лінійно залежить від керуючого діяння - робочої довжини котушки висівного апарата. Цей вибір обґрунтовується також тим, що крім загально прийнятої норми висіву Q (кг/га), щільність розподілу відноситься до основних агротехнічних показників оцінки якості висіву зернових сівалок, оскільки згідно з агрономогами на одному погонному метрі рядка повинна укладатися задана кількість зернин з практично однаковою відстанню. Нерівномірний розподіл зерен вздовж рядка висіву, їх розрідження або загушення призводять до втрати врожайності.

Перспективою подальших досліджень є розробка системи автоматичного керування нормою висіву, яка забезпечить рівномірність розподілу зерен вздовж рядка висіву і значне підвищення врожайності зернових культур.

Список літератури

1. Іщенко Г. Аграрії розширили експортні ринки / Іщенко Г. // газета «Урядовий кур'єр». – 11.12.2012.
2. Програма “Зерно України – 2015”. – К.: ДІА, 2011. – 48 с.
3. Шустік Л. Пропозиції сівалок провідних виробників на Європейському ринку / Л. Шустік, В. Погорілий // Журнал «Пропозиція». – Вид. дім «Юнівест Медіа», 2003 – №4. – С. 159-164.
4. Пархоменко Ю.М. Дослідження факторів впливу на сталість норми висіву зернових культур у польових умовах / Ю.М. Пархоменко, В.О. Кондратець, М.Д. Пархоменко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб-к. – 2012. – Вип. 42, Ч. I. – С.121-127.
5. Пархоменко Ю.М. Теоретичне дослідження статистики зернового потоку котушкового висівного апарата / Ю.М. Пархоменко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ. – 2007. - №19. - С. 151-156
6. Пархоменко Ю.М. Визначення математичної моделі процесу формування зернового потоку на виході котушкового висівного апарата / Ю.М. Пархоменко, В.О. Кондратець, М.Д. Пархоменко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб-к. – 2011. - Вип. №41.- С. 62-68.

Y. Parhomenko, V. Kondrateg, M. Parhomenko
Kirovograd National Technical University (Ukraine)

Justification of the choice of the parameter control seeding rate automatic control system grain seeders

The aim is to justify the choice of control parameters seeding rate of the automatic control system with coil-grain sowing machines. The paper presents the results of a theoretical study of the parameter control seeding rate automatic control system grain seeders with the coil sowing machines.

Obtained and analyzed according to the intensity of the speed of the seed drill, the working length of the coil and the transfer value and the density of the grain flow along the row seeding of the working length of the coil and the transfer value. It is shown that, as a control parameter of the ACS process seed corn planter is advisable to take the density distribution of seeds along the row seeding, which is a linear function of the control action - the working length of the coil sowing.

Rightly selected control parameter - the density distribution of seeds along the row seeding allows for the automatic control seeding rate that will ensure even distribution of seeds and a significant increase in productivity.

automatic control system, the control parameter, the grain drill, density

Одержано 22.04.13