

УДК 631.315:629.783:525

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Л. В. Анісевич

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: l-anisk@meta.ua.

Історія статті: отримано – травень 2018, акцентовано – вересень 2018.

Бібл. 3, рис. 6, табл. 0.

Анотація. Проведено аналіз моделі функціонування машини для місцевизначеної сівби зернових культур, який дозволив визначити раціональні значення структури та параметрів керуючої дії бортового комп'ютера. Рекомендовано додати до програмного забезпечення бортового комп'ютера можливості оперативного введення часу затримки, яка обумовлена проходженням насіння по насіннепроводу.

Ключові слова: місцевизначена сівба, карт-технологія, модель функціонування, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарської техніки і спеціалізованого обладнання при виробництві продукції рослинництва широкого застосування набули технології точного землеробства (ТЗ) [1], зокрема місцевизначена сівба зернових культур.

Аналіз останніх досліджень

Така сівба виконується посівними машинами до яких висувається вимога максимально точного виконання заздалегідь складеного (для карт-технології) режиму зміни щільності розподілу насіння по площі поля.

В цьому випадку посівна машина одночасно з традиційними задачами дотримання агротехнічних вимог до сівби тієї або іншої культури, повинна ще виконувати задачі реалізації електронних картограм-завдань сівби, які синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між агробіологічним потенціалом елементарних ділянок поля і нормою сівби. Схема формування і реалізації картограм-завдань на сівбу представлена на рис. 1.

Для реалізації процесу сівби за карт-технологією, на першому етапі необхідно сформулювати картограму сівби. Як правило, така картограма базується на інформації про урожайність культури попереднього року сільськогосподарських робіт та даних моніторингу фізико-механічних та агрохімічних параметрів ґрунту. На підставі цієї інформації та на

базі агрономічних знань, історичних відомостей про поле (як і чим ореється, сівозміни, рельєф тощо) і алгоритмів взаємозв'язку між місцевизначеними параметрами поля за допомогою відповідного програмного забезпечення випрацьовується електронна картограма сівби.

Мета досліджень

Провести аналіз моделі функціонування машини для місцевизначеної сівби зернових культур, який дозволив би визначити раціональні значення структури та параметрів керуючої дії бортового комп'ютера.

Результати досліджень

Електронна картограма сівби стає практичною основою для управління механізованими процесами сівби. Під час сівби інформація від картограми-завдання зчитується і обробляється програмним забезпеченням бортового комп'ютера, в який закладена модель функціонування дозатора висівної системи сівалки. У відповідності до інформації від картограми-завдання і координат місцезнаходження МТА в полі, випрацьовується сигнал управління, який поступає на регулятор норми сівби. Датчик інтенсивності потоку насіння контролює дійсну норму сівби і передає інформацію у вигляді зворотного зв'язку на задатчик інтенсивності потоку насіння.

На даний час, метод карт-технології найбільш широко застосовується при виконанні польових механізованих робіт. Цю технологію можна інтерпретувати як систему з жорстким ладнанням в якій реалізується інформація щодо схеми внесення ТМ по заздалегідь складеному плану (картограмі) для реалізації якого не використовується поточна інформація про стан поля на момент виконання технологічної операції.

Крім того, за певних умов агробіологічного стану поля виникає необхідність повного відключення частини висівних систем (рис. 2) для виконання заданого плану сівби.

Для утворення регульованої щільності $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі поля, а разом з цим і інтенсивності потоку насіння від висівного апарата $\lambda(t)$ необхідно мати програмно-апаратний комплекс спеціалізованого обладнання (рис. 3).

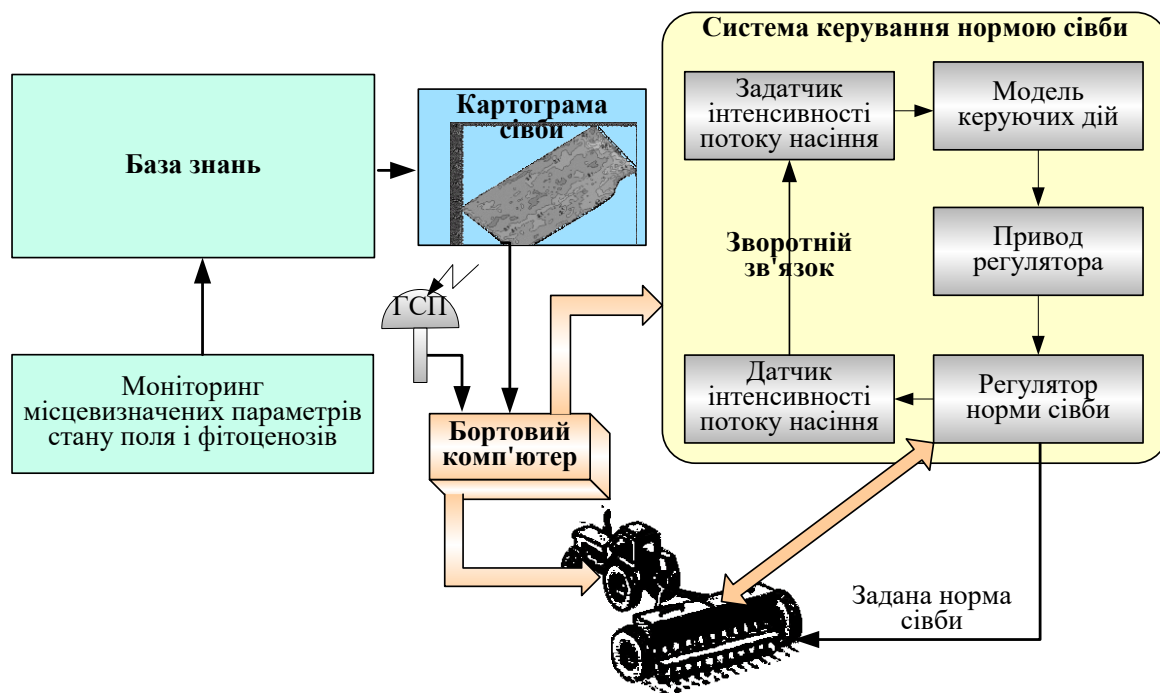


Рис. 1. Схема реалізації карт-технології на прикладі місцевизначеної сівби зернових культур.

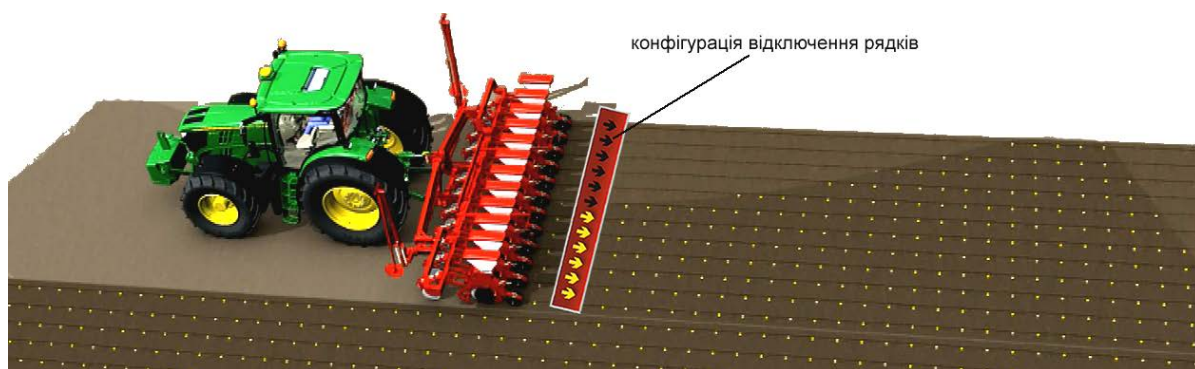


Рис. 2. Місцевизначена сівба з можливим варіантом відключення висіву насіння в рядках.

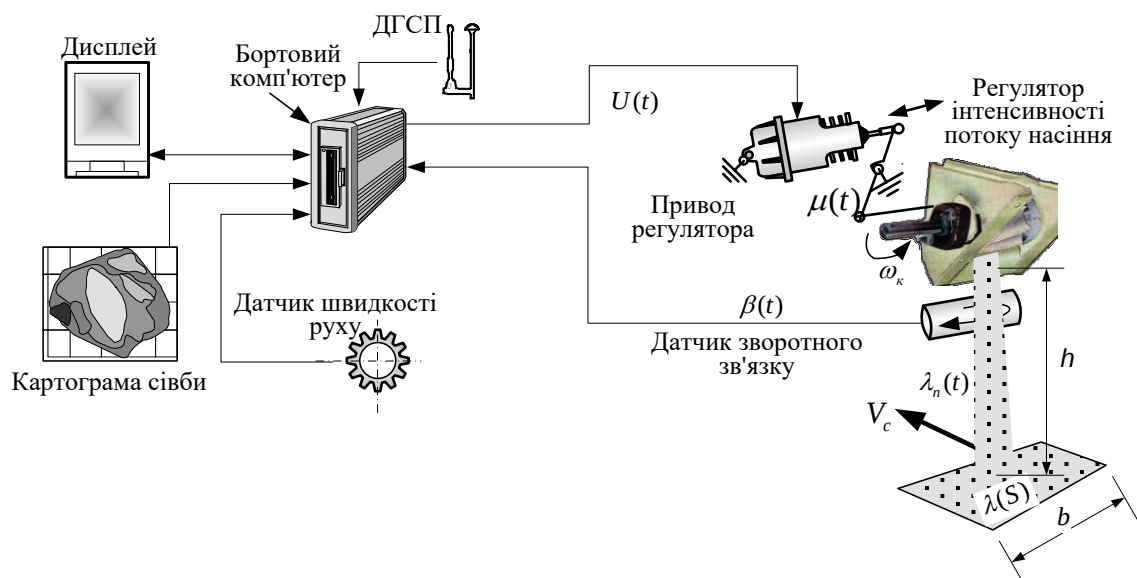


Рис. 3. Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння по площі поля.

Наприклад, для зернової сівалки (типу Астра СЗ-3,6А) регулювання норми сівби під час робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала катушок висівних апаратів або шляхом зміни робочої довжини катушок. Останнє є більш простішим варіантом реалізації змінних норм сівби, тому що в цьому випадку базова конструкція сівалки потребує мінімальних змін. Функції обчислення інформації, що надходить від приймача диференціальної глобальної системи позиціонування (ДГСП), картограми-завдання на сівбу, датчиків кінематичного режиму руху МТА та датчика інтенсивності зернового потоку (зворотного зв'язку) бере на себе бортовий комп'ютер, що має слот для магнітної картки з електронною картою сівби та можливість видачі інформації на дисплей для її графічного представлення.

Система змінних норм сівби повинна функціонувати таким чином, щоб різниця між заданою і дійсною нормами дорівнювала нулю.

Виконання технологічного процесу сівби у відповідності до картограми-завдання необхідно проводити в реальному часі і із заданою точністю. Причому, виконання додаткових вимог по забезпеченню змінних норм сівби не повинно тягнути за собою погіршення якості роботи сівалки за звичайною технологією. Наприклад, при сівбі важливо закласти насіння на задану глибину і рівномірно розподілити по площі живлення відповідно до агрономічних, але із заданою щільністю і без зниження загальної продуктивності МТА.

Щільність $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі живлення S визначається співвідношенням:

$$\lambda(S) = \frac{\lambda_n(t)}{bV_c}, \quad (1)$$

де $\lambda_n(t)$ – необхідна інтенсивність потоку насіння від висівного апарату;

b – ширина міжрядь;

V_c – робоча швидкість руху.

Точність реалізації необхідної щільності розподілу насіння по площі поля за місцевизначеною технологією залежить від великої кількості факторів, починаючи з точності реєстрації параметрів поля і побудови базових картограм та самої картограми сівби і закінчуючи якістю роботи бортового обладнання МТА. Але в першу чергу необхідно обґрунтувати параметри дозуючої системи сівалки, як динамічного об'єкту регулювання з вихідним параметром $\lambda_n(t)$. Тобто, з точки зору аналізу функціонування посівної машини в СТЗ як дозатора, точність реалізації плану сівби є похідною величиною від якості та усталеності роботи системи регулювання інтенсивністю потоку насіння.

Якість роботи системи регулювання інтенсивністю потоку насіння сівалки обумовлена статичною та динамічною похибками регулювання, а також тривалістю перехідних процесів і її можливо оцінити по інтегралу квадрата відхилень дійсної $\lambda(t)$ інтенсивності потоку насіння від необхідної $\lambda_n(t)$:

$$I = \int [(\lambda(t) - \lambda_n(t))^2] dt, \quad (2)$$

Точність місцевизначення посівного агрегату обумовлена, в основному, обчислювальними можливостями ДГСП-приймача. Оцінки визначення координат МТА в полі, що ідуть від ДГСП-приймача, оцінка швидкості руху МТА разом з оцінкою дійсної інтенсивності потоку насіння датчиком зворотного зв'язку $\beta(t)$, а також інформація від картограми сівби необхідні для випрацювання сигналу керування $U(t)$. Бортовий комп'ютер, привод регулятора, регулятор інтенсивності потоку насіння та датчик контролю інтенсивності потоку утворюють замкнену динамічну систему регулювання.

Висівний апарат забезпечує інтенсивність потоку насіння $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = K_{va} \mu(t), \quad (3)$$

де $\mu(t) = \mu L(t)$;

μ – номінальна питома продуктивність висівного апарату;

$L(t)$ – величина робочої довжини катушки висівного апарату;

$K_{va} = \bar{K}_{va}(1 + \Delta\bar{K}_{va} + \xi_{va})$, – коефіцієнт передачі;

$\bar{K}_{va}$ – номінальне значення коефіцієнту передачі;

$\Delta\bar{K}_{va}$ – систематичне відносне відхилення коефіцієнту передачі;

ξ_{va} – випадкові відносні відхилення коефіцієнту передачі.

Конструкція приводу регулятора інтенсивності потоку насіння залежить від конструкції посівної машини в загальному і типа висівної системи зокрема. В якості механізму приводу регулятора інтенсивності потоку насіння можливо використовувати пневмо- або гідроциліндри, електродвигуни з редукторами, магнітні виконуючі пристрої тощо. В загальному, більшість з таких пристроїв відноситься до позиційних приводів і їх модель описується диференціальним рівнянням із сталими коефіцієнтами [2]:

$$T_p^2 \mu''(t) + D_p \mu'(t) + \mu(t) = K_p U(t), \quad (4)$$

де K_p , D_p та T_p^2 – параметри приводу регулятора;

$U(t)$ – керуюча дія.

Для якісного регулювання інтенсивністю потоку ТМ необхідно, щоб система мала зворотній зв'язок по величині інтенсивності потоку насіння. Датчик, що контролює інтенсивність вихідного потоку насіння, має вихідний сигнал $\beta(t)$, а його модель описується рівнянням аперіодичної ланки [3]:

$$T_d \beta'(t) + \beta(t) = K_d \lambda(t), \quad (5)$$

де T_d – стала часу датчика;

$K_d = \bar{K}_d(1 + \Delta\bar{K}_d + \xi_d)$ – коефіцієнт передачі датчика;

$\bar{K}_d$ – номінальне значення коефіцієнту передачі;

$\Delta \bar{K}_d$ – систематичне відносне відхилення коефіцієнту передачі датчика;

ξ_d – випадкові відносні відхилення коефіцієнту передачі.

Рівняння (3)–(5) складають математичну модель системи керування нормою висіву насіння. Для оптимального функціонування системи керування нормою висіву насіння необхідно визначити керуючу дію $U(t)$, яку випрацьовує контролер бортового комп'ютера. Структуру та параметри $U(t)$ оберемо виходячи з умов забезпечення необхідних значень показників усталеності та якості перехідних процесів в слідкуючій системі, а також обраного рівня помилки процесу слідкування:

$$U = f[z(t)], \quad (6)$$

де $z(t) = \lambda_n(t) - \beta(t)$.

Передаточною функцією контролера бортового комп'ютера задамося у вигляді:

$$W_k = \frac{K_k}{T_k^2 p^2 + D_k p + 1}, \quad (7)$$

де K_k , D_k та T_k – параметри, що задаються програмним забезпеченням контролера, раціональні значення яких залежать від динамічних параметрів привода регулятора, регулятора інтенсивності потоку насіння і датчика інтенсивності потоку насіння.

Для випадку висівної системи сівалки СЗ-3,6А з оперативним регулюванням робочої довжини котушок висівних апаратів і приводом регулятора у вигляді механізму "електродвигун-редуктор-гвинт-важіль" з параметрами $T_p=0,1$ с; $D_p=0,8$, $K_p=3$, а також з величинами параметрів $\bar{K}_d=1,1$; $T_d=0,2$ с та $\bar{K}_{va}=0,36$, після розв'язання системи рівнянь (3)–(5), отримаємо реалізацію заданої інтенсивності потоку насіння.

Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння (без оптимізації керуючої дії $U(t)$) та процес накопичення інтегралу квадрата відхилень дійсної інтенсивності потоку насіння від необхідної (1)

представлені на рис. 4. З графіку видно, що відтворення заданої (з імпульсними переходами, причому від 20-ї до 30-ї секунди – до нуля) інтенсивності потоку насіння відбувається з великою шумовою складовою, а також із запізненням в часі при переході з одного рівня інтенсивності на інший в межах до 2 секунд.

Інтеграл квадрату відхилень дійсної інтенсивності потоку насіння від необхідної склав 280 – рис. 4 б).

Шумова складова дійсної інтенсивності потоку насіння обумовлена випадковими відносними відхиленнями коефіцієнтів передачі динамічної моделі висівного апарату і датчика інтенсивності потоку насіння.

Після проведення фільтрації вихідного сигналу моделі висівного апарату і заміни стандартного датчика потоку насіння на датчик з високими динамічними характеристиками, реалізація заданої інтенсивності потоку насіння значно покращилась.

Стосовно формування норми висіву насіння в рядку, треба враховувати, що від висівного апарату до дна борозенки насіння проходить по насіннєпроводу.

При цьому насіння співударяється зі стінками насіннєпроводу і долає опір повітря, на що необхідний певний час t_3 :

$$t_3 = k \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (8)$$

де k – коефіцієнт, що враховує неоднозначність траєкторії проходження насіння по насіннєпроводу та опір повітря;

h – висота падіння насіння до дна борозенки.

З урахуванням операції фільтрації і застосування датчика з низьким рівнем шумів, а також з урахуванням часу запізнення t_3 , зміна норми висіву насіння у відповідності до завдання, представлена на рис. 5.

Виконання заданої норми висіву насіння покращилось, проте бажано мати систему змінних норм сівби з високими показниками точності виконання завдання.

$\lambda(t), \text{г/с}$

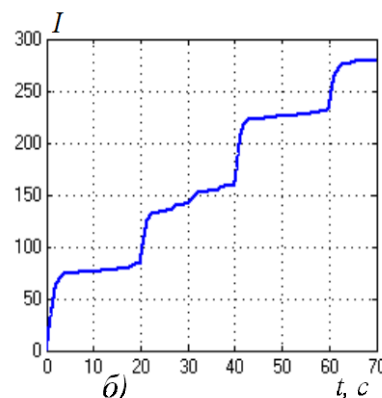
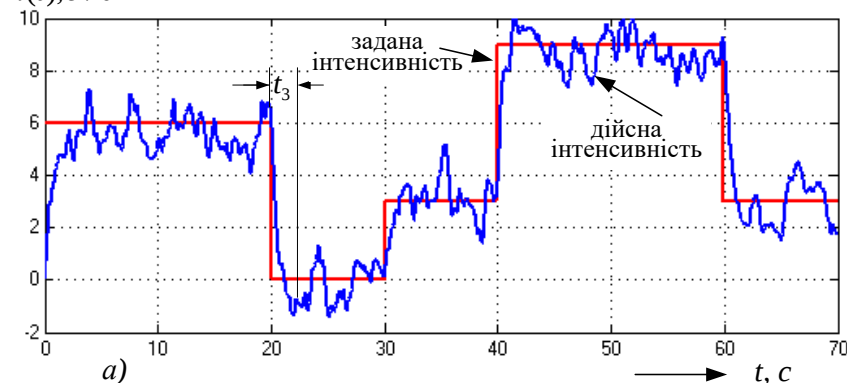


Рис. 4. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння - а) та сумарні відхилення дійсної інтенсивності потоку насіння від необхідної - б).

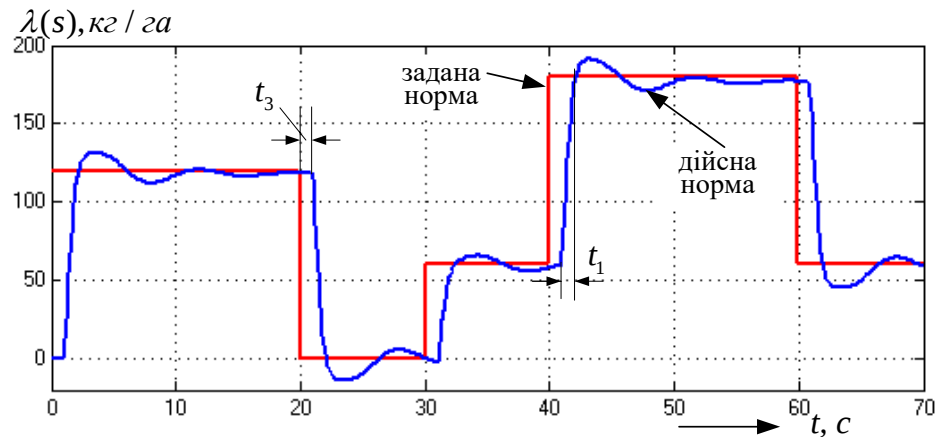


Рис. 5. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння.

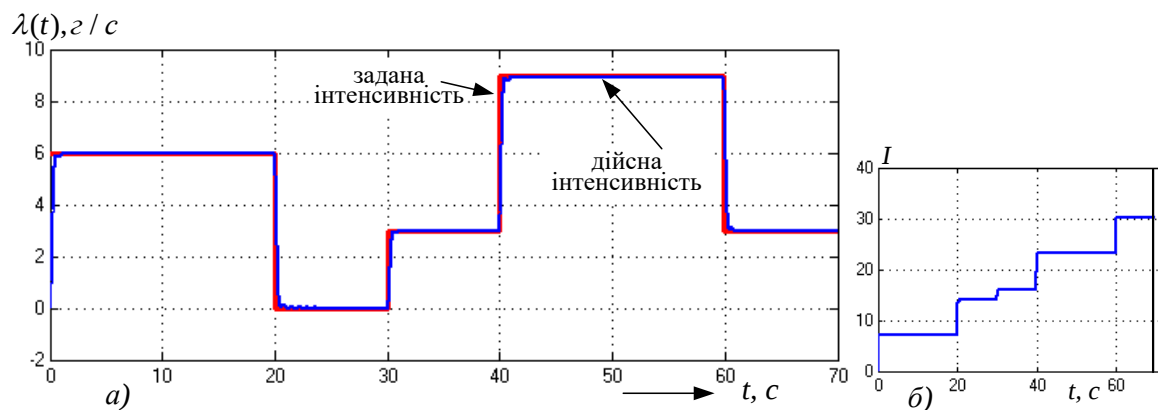


Рис. 6. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння після оптимізації керуючої дії — а) та сумарні відхилення інтенсивності потоку насіння — б).

Передусім необхідно компенсувати сумарну затримку $t_3 + t_1$ в реалізації сівби і провести оптимізацію структури керуючої дії $U(t)$ по мінімуму виразу (2).

Величина t_3 знаходиться в межах 0.5 с, а t_1 визначається виключно динамічними параметрами привода регулятора, регулятора інтенсивності потоку насіння і датчика інтенсивності потоку насіння.

Затримку в часі досить легко компенсувати шляхом повздовжнього виносу на відстань b місця розташування антени датчика ГСП від сошників:

$$b = t_3 V_c.$$

Проте, більш ефективним є надання трактористу можливості введення величини t_3 в базу даних бортового комп'ютера в оперативному порядку в залежності від складу МТА і компоновки спеціалізованого обладнання.

В результаті цих операцій функціонування механізму регулювання норми висіву насіння зернової сівалки можливо значно покращити (рис. 6).

Інтеграл квадрату відхилень дійсної інтенсивності потоку насіння від необхідної склав 30 — рис. 6 б).

Висновок

Подальше удосконалення системи керування інтенсивністю потоку насіння (а тим самим і нормою сівби) пов'язане із застосуванням спеціальних алгоритмів оптимізації керуючої дії, а також з вибором принципово нових схем дозування насіння та використанням механізмів приводу дозатора і датчиків потоку насіння з удосконаленими характеристиками.

Список літератури

1. Аніскевич Л. В. Тенденції та шляхи розвитку машин для внесення технологічних матеріалів. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2000. Вип. 1. С. 130–133.
2. Попков С. Л. Следящие системы. Москва. Высшая школа. 1963. 304 с.
3. Понтаев Н. Ф., Дианов В. Г. Основы теории автоматического регулирования и авторегуляторы. Москва. Недра. 1970. 366 с.

References

1. *Aniskevich, L. V.* (2000). Trends and ways of development of machines for making technological materials. Bulletin of Kharkov state technical University of agriculture. Kharkov. Vol. 1. 130-133.
2. *Popkov, S. L.* (1963). Tracking system. Moscow. High school. 304.
3. *Pantaev, N. F., Dianov, V. G.* (1970). Foundations of the theory of automatic regulation and autoregulatory. Moscow. Bowels. 366.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕСТООПРЕДЕЛЕННОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Л. В. Анісевич

Аннотация. Проведен анализ модели функционирования машины для місцевизначеної сєва зерновых культур, который позволил определить рациональные значения структуры и параметров управляющего действия бортового компьютера. Рекомендовано добавить к программному обеспечению бортового компьютера возможности оперативного ввода времени задержки, которая обусловлена прохождением семян по семяпроводу.

Ключевые слова: местоопределенный посев, карт-технология, модель функционирования, имитационное моделирование.

IMPROVING THE PROCESSES OF CITE-SPECIFIC SEEDING OF GRAIN CULTURES

Aniskevych L. V.

Abstract. The analysis of model of system for cite-specific seeding of grain cultures was made, which allowed determining the rational values of the structure and parameters of the onboard computer control. It is advisable to add to the onboard computer software the possibility of prompt input of the delay time, which is due to grain passing through the seed line.

Key words: cite-specific seeding, card technology, operating model, simulation.