

considered, and analytical regularities of processes are established. Complex optimization of the chemical composition, deoxidation and heat treatment regimes of low- and medium-alloyed cast structural steels with nitride-vanadium hardening doped with manganese, silicon and chromium provides an additional increase in strength properties on 200–250 MPa while maintaining the plasticity level, hardenability in 2.5–3.3 times; characteristics of cold resistance in 1.5–3 times, heat resistance in 1.4–1.8 times, resistance to reversible temper brittleness in 1.3–2.8 times, wear resistance in 1.4–2.3 times, fatigue strength on 30–70%. The improvement of the technology for the production of bimetallic castings has made it possible to increase the wear resistance in 2.5 to 6.0 times, and to increase the useful life of products from them in 6-8 times compared with the high-magnetic steel 110G13L, and the costs of scarce and expensive metals and alloys (copper, nickel, titanium, chromium, manganese) reduced in 1.7–2.0 times. The development and application of new technology for the manufacture of dispersion-hardened composite castings provided wear resistance increasing of composite products in 2.5–2.9 times, while the working life of crushing and grinding equipment with composite castings increases in 3.0–3.6 times for primary and in 3.6–3.9 times for secondary grinding of materials, in comparison with the high-magnetic steel Gatfield. In the case of clinker grinding, the increasing is from 2.1 to 3.3 times for compared to bimetallic castings.

Key words: steel, structure, properties, nitrogen, vanadium, bimetal, base, working layer, transition zone, composite, matrix, reinforcing particles

УДК 631.315:629.783:525

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук
ORCID iD-0000-0001-5864-9855**

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
e-mail: l-anisk@meta.ua**

Анотація. Проведено аналіз моделі функціонування машини для місцевизначеної сівби зернових культур, який дозволив

© Л. В. Аніскевич, 2018

визначити раціональні значення структури та параметрів керуючої дії бортового комп'ютера. Рекомендовано додати до програмного забезпечення бортового комп'ютера можливість оперативного введення часу затримки, яка обумовлена проходженням насіння по насіннєпроводу.

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. 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-завдання на сівбу представлена на рис. 1.

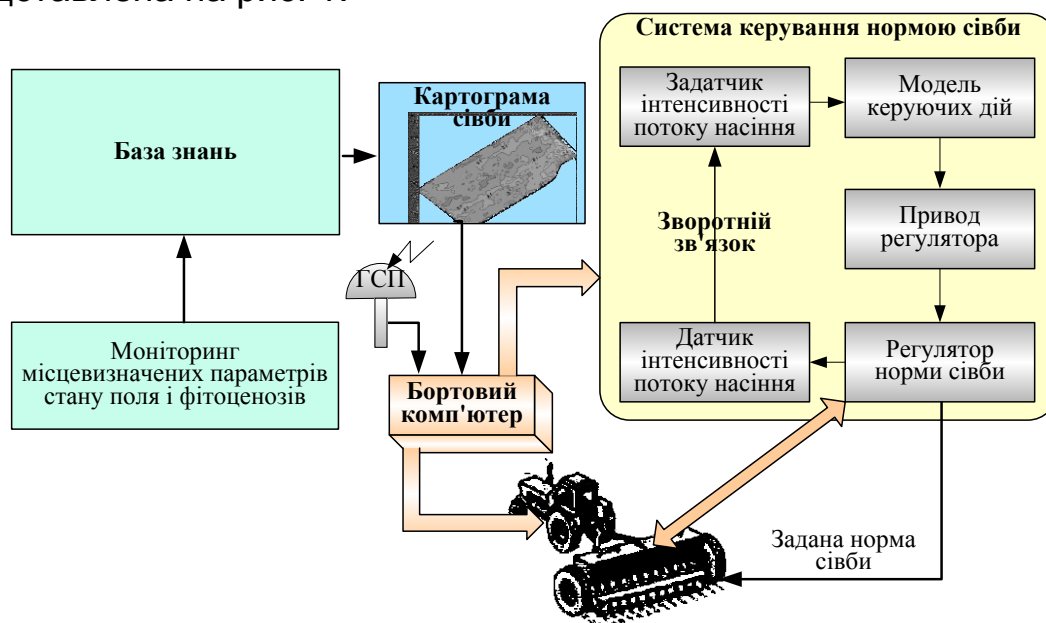


Рис. 1. Схема реалізації карт-технології на прикладі місцевизначеної сівби зернових культур.

Для реалізації процесу сівби за карт-технологією, на першому етапі необхідно сформувавши 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 ореться, сівозміни, рельєф тощо) і алгоритмів взаємозв'язку між місцевизначеними параметрами поля за допомогою відповідного програмного забезпечення випрацьовується електронна картограма сівки.

Електронна картограма сівки стає практичною основою для управління механізованими процесами сівки. Під час сівки 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 сівки. Датчик інтенсивності потоку насіння контролює дійсну норму сівки 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 сівки.

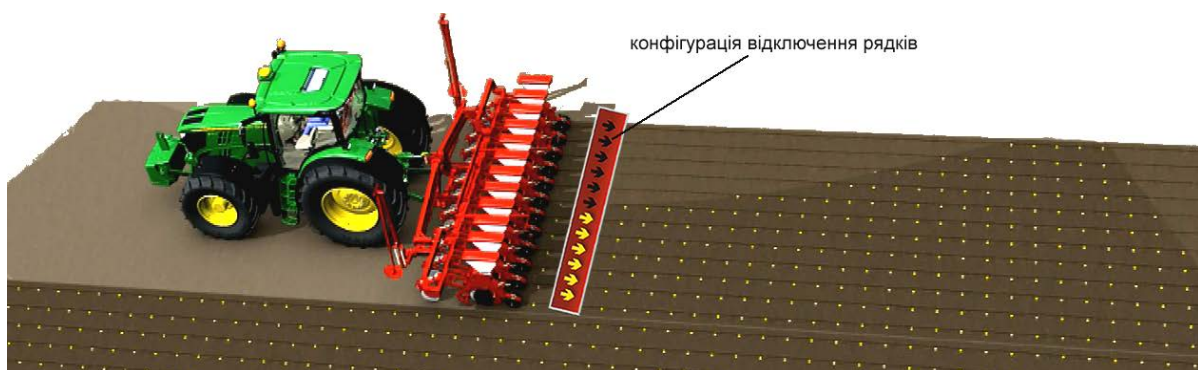


Рис. 2. Місцевизначена сівка з можливим варіантом відключення висіву насіння в рядках.

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).

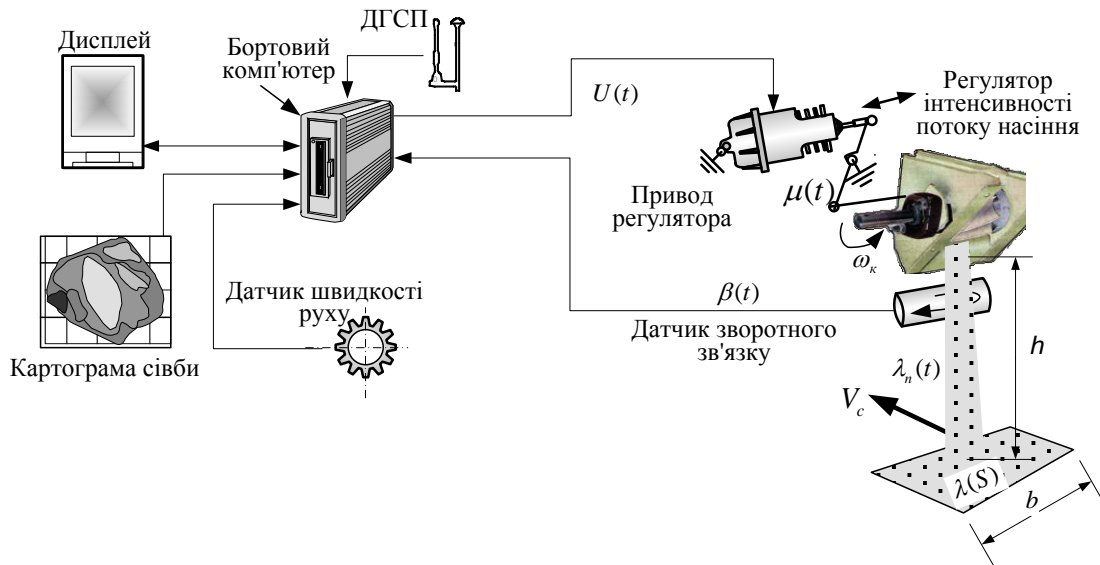


Рис. 3. Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння по площі поля.

Наприклад, для зернової сівалки (типу Астра СЗ-3,6А) регулювання норми сівби під час робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала котушок висівних апаратів або шляхом зміни робочої довжини котушок. 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.

Результати досліджень. 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 випрацьовування 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 котушки 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 приводу 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), отримуємо 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.

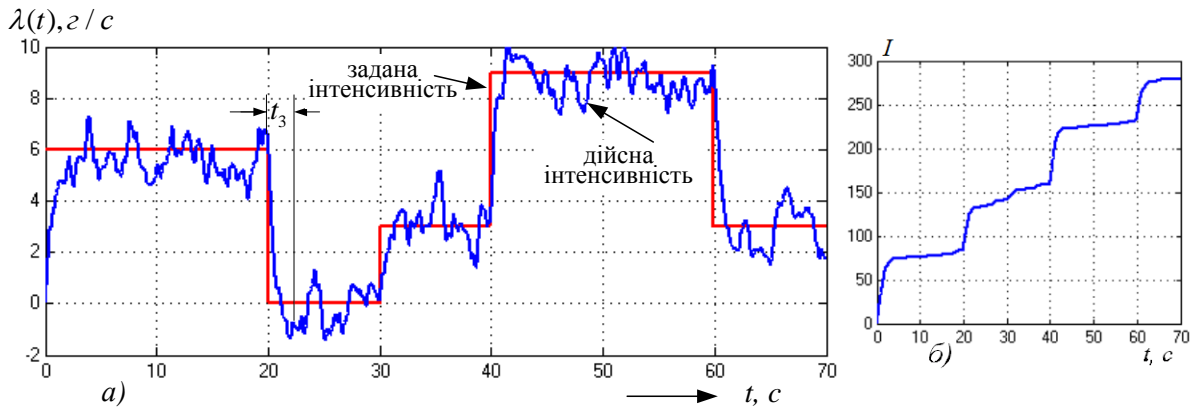


Рис. 4. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння – а) та сумарні відхилення дійсної інтенсивності потоку насіння від необхідної – б).

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

насіннепроводу. При цьому насіння співударяється зі стінками насіннепроводу 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 насінини по насіннепроводу та опір повітря; h – висота падіння насінини до дна борозенки.

З урахуванням операції фільтрації і застосуванням 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. Передусім необхідно компенсувати сумарну затримку $t_3 + t_1$ в реалізації сівби і провести оптимізацію структури керуючої дії $U(t)$ по мінімуму виразу (1). 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: $b = t_3 V_c$.

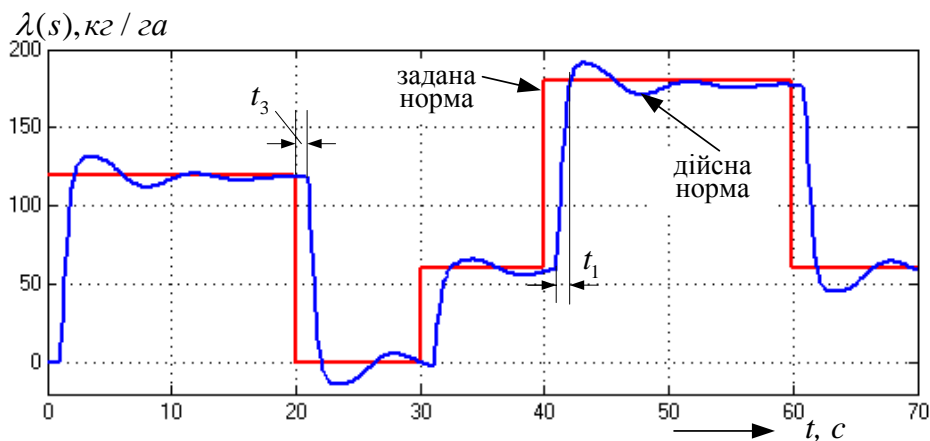


Рис. 5. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння.

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).

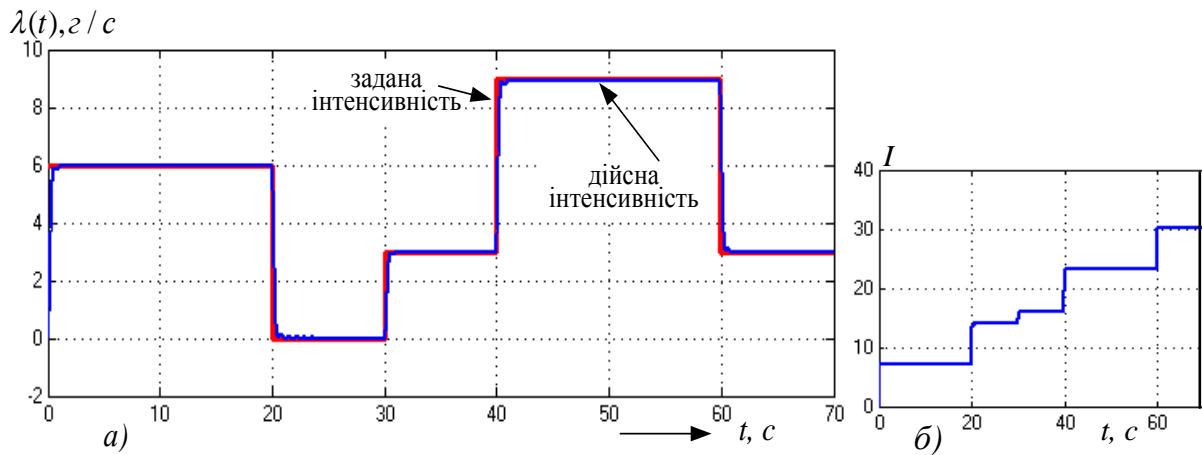


Рис. 6. Графік реалізації заданої інтенсивності потоку насіння після оптимізації керуючої дії – а) та сумарні відхилення інтенсивності потоку насіння – б).

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, V. L.* (2000). Trends and ways of development of machines for making technological materials. Bulletin of Kharkov State Technical University of Agriculture. Kharkov. 2000. 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.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Л. В. Аніскевич

Анотація. Проведен аналіз моделі функціонування машини для местоопределенного посева зерновых культур,

который позволил определить рациональные значения структуры и параметров управляющего действия бортового компьютера. Рекомендуется добавить в программное обеспечение бортового компьютера возможности оперативного ввода времени задержки, которая обусловлена прохождением семян по семенепроводу.

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

IMPROVING THE PROCESSES OF CITE-SPECIFIC SEEDING OF GRAIN CULTURES

L. V. Aniskevych

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*

УДК 693.546

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕКУПЕРАЦІЙНОГО ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ

**В. С. Ловейкін, доктор технічних наук
ORCID 0000-0003-4259-3900**

**К. І. Почка, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-0355-002X**

**Ю. О. Ромасевич, доктор технічних наук
ORCID 0000-0001-5069-5929**

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України
e-mail: lovvs@ukr.net**

Анотація. *З метою підвищення надійності та довговічності роликової формувальної установки з рекупераційним приводом розраховано навантаження в елементах її конструкції та приводу,*

© В. С. Ловейкін, К. І. Почка, Ю. О. Ромасевич, 2018