

МОДЕЛЬ ГРАНИЧНОЇ БИСТРОДІЇ ВИКОНАВЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ

*Київський кооперативний інститут бізнесу і права, м. Київ, Україна

Анотація. Запропонована математична модель граничної бистродії виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Дана модель дає можливість забезпечити ефективне керування якістю виконання технологічними операціями.

Ключові слова: математична модель, технічна система оперативного моніторингу.

Аннотация. Предложена математическая модель предельного быстрого действия исполнительных рабочих органов технической системы оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий. Данная модель дает возможность обеспечить эффективное управление качеством выполнения технологическими операциями.

Ключевые слова: математическая модель, техническая система оперативного мониторинга.

Abstract. A mathematical model of boundary speed-in-action of executive working bodies of engineering system of operational monitoring of the farmland condition was suggested. This model enables to provide the effective quality management of implementation by technological operations.

Keywords: a mathematical model, technical system of the operative monitoring.

1. Вступ

Постановка проблеми. Визначимо одну з найважливіших проблем при оптимальному керуванні – це задача про граничну бистродію технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Однією з важливих проблем оперативного керування технологічним процесом є питання граничної бистродії виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Керування, що вирішує задачу про граничне керування, буде називатися оптимальним щодо бистродії, а число, рівне найкоротшому часу переходу системи з початкового стану в кінцевий називають оптимальним часом переходу процесу [1–14].

У задачі граничної бистродії технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь керування дією представлено у вигляді функції від часу, причому завдання початкової і кінцевої умов передбачалось заданням завчасно і строго фіксованої функції. Подібні задачі носять характер проблем програмування граничної бистродії системи [1–14].

Мета дослідження. Сформулювати математичну модель граничної бистродії виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Результати дослідження. При виконанні технологічної операції з використанням технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь необхідно враховувати граничну бистродію виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу.

Так, при зміні відстані між технічними системами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь і робочими органами сільськогосподарських машин у сторону зменшення відбувається зменшення часу реакції системи, а, відповідно, необхідність зменшення часу швидкодії виконавчих робочих органів сільськогосподарських машин.

Іншими словами, технічна система разом із виконавчими органами сільськогосподарських машин не в змозі забезпечити виконання належної якості, тобто технологічний

матеріал буде надходити запізно до заданої точки або не доходить взагалі, «масиви» отриманої інформації будуть накладатись, а, відповідно, не буде забезпечуватися належна якість виконання технологічних операцій. Зону зменшення відстані до ефективного діапазону оперативного реагування обмежено відстанню до робочих органів сільськогосподарських машин $l_{СГМ}$.

При значному збільшенні відстані між технічними системами оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь і робочими органами сільськогосподарських машин у сторону збільшення відбувається зменшення часу реакції системи, що обумовлене механіко-конструктивними параметрами машинно-тракторного агрегату $l_{МТА+СГМ}$ та їх впливом на якість виконання технологічного процесу.

Час реакції технічної системи оперативного моніторингу на внесення технологічного матеріалу:

$$t_{ТСМ} = \frac{S_{МТА-ТСМ}}{V_{МТА+ТСМ}} - t_{СГМ}, \quad (1)$$

де $S_{МТА-ТСМ}$ – відстань від робочих органів технічної системи оперативного моніторингу до виконавчих робочих органів сільськогосподарської машини;

$V_{МТА+ТСМ}$ – швидкість руху машинно-тракторного агрегату, сільськогосподарської машини, технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

$t_{СГМ}$ – швидкість реакції сільськогосподарської машини.

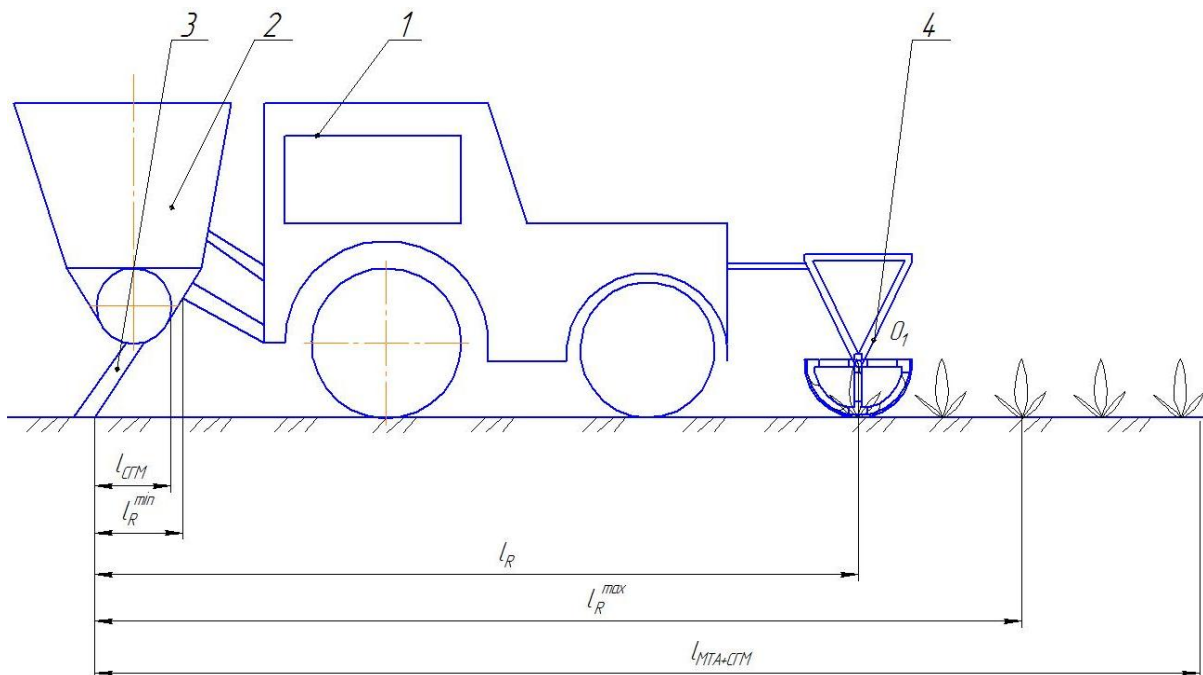


Рис. 1. Загальний вигляд оптимального розміщення виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу на сільськогосподарській машині і технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь

Важливо зазначити, що відстань між технічною системою оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь та виконавчими робочими органами сільськогосподарських машин повинна знаходитися в межах $l_R^{min} \leq l_R \leq l_R^{max}$. Вона занадто велика, так само як занадто мала відстань між технічними системами, так і робочими органами сільськогосподарських машин не може забезпечити належної якості виконання технологічних

операцій. Робоча відстань між виконавчими робочими органами і точкою реалізації (внесення) технологічного матеріалу l_{CGM} . Максимально можлива відстань кріплення технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь на сільськогосподарській машині обумовлена механіко-конструктивними параметрами l_{MT+CGM} .

2. Модель керування якістю виконання технологічних операцій за принципом зворотного зв'язку із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь за допомогою прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу

Опишемо функцію, яка визначає якість виконання технологічної операції. Функція, що описує ефективність використання технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь, набуває такого вигляду:

$$F(\dot{X}_R(t) - \dot{X}_S(t), l). \quad (2)$$

Тоді маємо систему рівнянь:

$$F(t) = \begin{cases} \dot{X}_R(t) - \dot{X}_S(t) \\ l_{CGM} \leq l_R^{\min} < l_R < l_R^{\max} \leq l_{MT+CGM} \end{cases}. \quad (3)$$

При розробці моделей цільової функції динамічного управління якістю виконання технологічних операцій в основу поставлені інтереси двох головних категорій: модель агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, поточна якість виконання технологічних операцій.

Очевидно, що запропонованими типами штрафних функцій не вичерпана вся різноманітність розглянутого підходу. Однак, здійснюючи розробку нових критеріїв ефективності, необхідно пам'ятати про значну складність обчислювального процесу і врахувати всі особливості організації технологічного процесу з метою скорочення кількості виконуваних операцій.

Для забезпечення належної якості технічної системи необхідно дотримання вимоги:

$$\dot{X}_R(t) > \dot{X}_S(t), \quad (4)$$

де $\dot{X}_R(t)$ – функція, яка описує швидкість реакції технічної системи моніторингу на якість виконання сільськогосподарської операції;

$\dot{X}_S(t)$ – функція, яка описує швидкість реакції робочих органів сільськогосподарської машини на забезпечення належної якості виконання технологічної операції.

Тоді

$$\dot{X}_R(t) - \dot{X}_S(t) > 0. \quad (5)$$

Таким чином, різниця показника, що описує швидкість реакції технічної системи моніторингу на якість виконання сільськогосподарської операції робочими органами сільськогосподарських машин $\dot{X}_R(t)$ і швидкість реакції робочих органів сільськогосподарської машини на забезпечення належної якості виконання технологічної операції $\dot{X}_S(t)$, повинна бути завжди більше 0.

Проміжок часу $t_\alpha \leq t_n \leq t_\beta$, протягом якого система повинна бути переведена з одного стану $x(t_\alpha) = x_\alpha$ в інший $x(t_\beta) = x_\beta$, визначається завчасно умовою задачі. Однак не

виключена ситуація, коли в момент часу $t = t_\beta$ закінчення процесу не задане, але визначається по ходу рішення проблеми у відповідності з тими або іншими умовами задачі. При цьому потрібно враховувати обмеження на ресурси органів керування, які реалізують керуючу дію. Якщо реалізувати подібні обмеження як вимоги обмеженості, слід відповідним чином підібрати інтенсивність $\xi[u]$ керування $u(t)$ ($t_\alpha \leq t_n \leq t_\beta$).

Задача керування рухом технічної системи оперативного керування станом сільськогосподарських угідь:

$$\dot{x} = A(t) \cdot x + B(t) \cdot u + \omega(t), \quad (6)$$

початкове x_α та кінцеве x_β значення фазового вектора $x(t)$ і обмеження на вибрану інтенсивність керування $u(t)$:

$$\xi[u] \leq \mu. \quad (7)$$

Потрібно знайти момент часу $t_n = t_\beta^0$ і відповідну йому можливість керування $u^0(t)$.

Для такої системи задача про граничну бистродію може бути сформульована тільки потрібним нам керуванням, яке слід шукати у класі можливих узагалених керувань.

3. Синтез оптимальної системи граничної бистродії технічної системи оперативного моніторингу технічної системи моніторингу стану сільськогосподарських угідь

Якщо мова йде про керування за рахунок відкидання реактивної маси, то

$$\int_{t_\alpha}^{t_\beta} |\partial U(\tau)| \leq \mu(t_\alpha), \quad (8)$$

де $\mu(t_\alpha)$ характеризує запас реактивної маси, яка може бути використана при $t > t_\alpha$.

Оскільки момент t_β завчасно не відомий, то

$$\int_{t_\alpha}^{\infty} |\partial U(\tau)| \leq \mu(t_\alpha), \quad (9)$$

де символ α підкреслює як раз те, що момент t_β , коли закінчиться процес керування, нам не відомий, і ми на весь майбутній час $t \geq t_\alpha$ маємо ресурс керування, рівний $\mu(t_\alpha)$. Тоді вимірювання $\mu(t)$ за час буде $t_\alpha < t \leq t_\gamma < t_\beta$ і визначається виходячи із рівності

$$\mu(t_\gamma) = \mu(t_\alpha) - \int_{t_\alpha}^{\infty} |\partial U(\tau)|, \quad (10)$$

де $dU(\tau)$ – керування, яке реалізується під час руху машино-тракторного агрегату.

В деяких випадках $U(t, x, \mu)$:

$$U_0(t, x, \mu) = U_{t,x,\mu}(t), \quad (11)$$

де $U_{t,x,\mu}(t)$ – оптимальне керування для відповідної програмної задачі:

$$\mu^2(t_\gamma) - \mu^2(t_\alpha) = - \int_{t_\alpha}^{t_\gamma} \|U(\tau)\|^2 d\tau. \quad (12)$$

Оскільки ми розглядаємо лише неперервні функції, відповідно зі зміною $\mu(t)$ із часом описується диференціальними рівняннями

$$2\mu \cdot \dot{\mu} = -\|U(\tau)\|^2, \quad (13)$$

де $f(t, x, \mu, T) = 0$.

Диференціальне рівняння, яке описує рух системи при виконанні технологічної операції:

$$\frac{dT}{d\mathcal{G}} = -f(t, x, \mu, T). \quad (14)$$

Розглянемо об'єкт W , стан якого в час \mathcal{G} характеризується величиною $T(\mathcal{G})$, яка змінюється відповідно до диференціального рівняння.

Тоді буде виконуватися рішення $\lim T(\mathcal{G}) = T_0$ при $\mathcal{G} \rightarrow \infty$.

Так як функція постійно зростає, тоді маємо

$$\frac{d}{d\mathcal{G}}(T(\mathcal{G}) - T_0(\mathcal{G}))^2 = -(T(\mathcal{G}) - T_0(\mathcal{G}))^2 f(t, x, \mu, T) < 0. \quad (15)$$

Функція $\dot{X}_R(t)$ є функція, яка залежить від

$$t \in \Omega(A \cdot B \cdot H, l), \quad (16)$$

де $A \cdot B \cdot H$ – механіко-конструктивні параметри технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

l – відстань між технічною системою оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь та виконавчими робочими органами сільськогосподарських машин.

4. Висновки

З використанням математичної моделі граничної бистродії виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь можна визначити параметри виконавчих робочих органів, що дасть можливість забезпечити ефективне впровадження сучасних технологій агробіологічного виробництва. Синтезовано оптимальний закон управління та математичну модель граничної бистродії технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Розглядається функція, яка описує якість виконання технологічної операції з урахуванням динамічного управління якістю виконання технологічних операцій. В основі поставлені інтереси двох головних категорій: модель агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, поточна якість виконання технологічних операцій. Використання запропонованої математичної моделі граничної бистродії виконавчих робочих органів технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь дозволяє оптимізувати витрату технологічного матеріалу, при цьому оптимізувати та зменшити витрату на 15–20%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED; Wolcott MC; Hanson GP, Thescientificworldjournal [ScientificWorldJournal. – 2001. – Vol. 1 Suppl 2. – P. 767 – 776.
2. Масло І.П. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів / І.П. Масло, В.Г. Мироненко // Вісник сільськогосподарської науки. – 1998. – № 5. – С. 56 – 58.
3. Пастушенко С.И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем / С.И. Пастушенко //

Техніка АПК. – 1999. – № 8. – С. 12 – 15.

4. Техніка для землеробства майбутнього / В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, В.І. Кравчук В.І. [та ін.] // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип. 86. – С. 20 – 32.

5. Броварець О.О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6 (171). – С. 37 – 42.

6. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві / Мироненко В.Г. – К.: НАУ, 2005. – 271 с.

7. Броварець О.О. Модель реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь / О.О. Броварець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2014. – Ч. 2, Вип. 196. – С. 111 – 122.

8. Пастушенко С.И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем / С.И. Пастушенко // Техніка АПК. – 1999. – № 8. – С. 12 – 15.

9. Агрохімічний аналіз: підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін [та ін.] / За ред. М.М. Городнього. – К.: Арістей, 2005. – 468 с.

10. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.

11. Гуков Я.С. Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений / Я.С. Гуков, Н.К. Линник, В.Г. Мироненко // Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. – Рязань, 2001. – С. 48 – 50.

12. Myronenko V. Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky / V. Myronenko, V. Dubrovin // Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”. – Praha, 2004. – Т. 5. – Р. 71 – 75.

13. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві / Мироненко В.Г. – К.: НАУ, 2005. – 271 с.

14. Разработать средства и системы автоматического контроля и управления мобильными сельскохозяйственными машинами с использованием микропроцессорной техники. Научный отчет УНИ-ИМЭСХ / Л.И. Гром-Мазничевский, В.А. Коваль, В.Г. Мироненко [и др.]. – 1990. – 124 с., № гос. регистрации 81096003.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2017