УДК.631.333

# ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ВІДЦЕНТРОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ З АКТИВНИМИ ЛОПАТЯМИ

Дядя В.М., інженер
*Таврійська державна агротехнічна академія*
Тел. +38 (06192) 22132

***Анотація* – У статті викладені методика і результати визначення оптимальних параметрів відцентрового робочого органу машини для внесення мінеральних добрив з активними лопатями.**

***Ключові слова* – мінеральні добрива, відцентровий робочий орган, активні лопаті.**

Для оптимізації процесу внесення добрив відцентровим робочим органом з активними лопатями необхідно одержати регресійну модель цього процесу. З цією метою було вирішено провести імітаційне моделювання з використанням загальновідомих методів планування експерименту [1].

Програмою імітаційного моделювання передбачається визначення параметрів відцентрового робочого органа машини для внесення добрив, на якому встановлені активні лопаті, що забезпечують зниження нерівномірності розподілу добрив по поверхні поля по ширині захвата агрегату без зменшення його продуктивності (робочої ширини захвата і швидкості руху агрегату).

Тому за критерій оптимізації приймається узагальнений параметр [2], що враховує робочу ширину захвата ($B$) і нерівномірність розподілу добрив по ширині захвата агрегату ($Fun$)

$$Y = \sqrt{d_1 \cdot d_2}, \qquad (1)$$

де $Y$ – узагальнена функція бажаності;

$d_1$ – значення ширини захвата агрегату по шкалі бажаності, $d_1 = 0...1$;

$d_2$ – значення нерівномірності розподілу добрив по ширині захвата агрегату по шкалі бажаності, $d_2 = 0...1$.

З теоретичної моделі процесу внесення мінеральних добрив відцентровими робочими органами з активними лопатями видно, що ширина захвата і рівномірність розподілу добрив по ширині захвата агрегату залежить від ряду факторів.

З усіх факторів, що впливають на показник критерію оптимізації, вибираються 10 факторів: $\varphi_1$, $\varphi_2$, $\phi_2$, $\phi_4$, $b$, $\beta_2^1$, $\omega_1$, $X_к$, $Y_0$, $V_{агр}$, що для спрощення перетворень і аналізу результатів експерименту позначені відповідно $X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$, $X_5$, $X_6$, $X_7$, $X_8$, $X_9$, $X_{10}$.

$X_1$ - кут повороту диска з провертанням лопаті по ходу обертання диска, рад;

$X_2$ - кут повороту диска без провертання лопаті при її крайньому передньому положенні, рад;

$X_3$ - максимальний кут відхилення лопаті від радіального напрямку вперед, рад;

$X_4$ - максимальний кут відхилення лопаті від радіального напрямку назад, рад;

$X_5$ - ексцентриситет лопаті, м;

$X_6$ - кут, що характеризує розташування кулачка в горизонтальній площині і, що впливає на момент початку провертання лопаті в напрямку обертання диска, рад;

$X_7$ - кутова швидкість диска, рад/с;

$X_8$ - положення кромки тукоспрямовувача відносно осі обертання диска, м;

$X_9$ - положення лотка тукоспрямовувача відносно осі обертання диска, м;

$X_{10}$ - робоча швидкість агрегату, м/с.

Для побудови матриці планування застосовувався найбільш розповсюджений метод – метод випадкового балансу. Після перевірки на придатність матриця була реалізована.

У результаті обробки отриманих результатів за загальновідомою методикою [1] були визначені ефекти факторів, значення критеріїв Стьюдента і відповідні їм рівні імовірності, а також коефіцієнти в регресійній моделі.

Аналіз коефіцієнтів у регресійній моделі дозволив зробити висновок, що на критерій оптимізації з десяти спочатку прийнятих факторів істотно впливають фактори $X_1$, $X_4$, $X_5$, $X_6$, $X_7$, $X_8$, $X_9$. Однак було вирішено для подальших досліджень залишити фактори, що підлягають регулюванням при використанні машини і відображають конструктивні особливості робочого органа: $X_1$, $X_4$, $X_6$, $X_8$, $X_9$. Фактори $X_2$,

$X_3$, $X_5$, $X_7$, $X_{10}$ були застабілізовані.

До цих п'ятьох факторів застосовуються методи планування другого порядку. Для цього вибирається несиметричний ненасичений композиційний план Хартлі на 5 факторів.

План містить ядро, 10 «зоряних» точок і одну центральну точку.

Обчислення коефіцієнтів регресії провадиться за допомогою відомих розрахункових формул [3]. Отримані рівняння регресії мають вигляд:

$$\begin{aligned} Y_1 = {} & 0{,}756 + 0{,}036X_1 + 0{,}009X_4 - 0{,}07X_6 + 0{,}041X_8 + 0{,}039X_9 - \\ & - 0{,}022X_1X_4 + 0{,}004X_1X_6 + 0{,}018X_1X_8 + 0{,}013X_1X_9 - 0{,}009X_4X_6 + \\ & + 0{,}044X_4X_8 - 0{,}018X_4X_9 - 0{,}064X_6X_8 + 0{,}007X_6X_9 + 0{,}031X_8X_9 + \\ & + 0{,}034X_1X_1 - 0{,}009X_4X_4 - 0{,}066X_6X_6 - 0{,}218X_8X_8 + 0{,}068X_9X_9 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Y_2 = {} & 0{,}598 + 0{,}036X_1 - 0{,}013X_4 - 0{,}062X_6 - 0{,}036X_8 + 0{,}045X_9 - \\ & - 0{,}032X_1X_4 + 0{,}01X_1X_6 + 0{,}011X_1X_8 + 0{,}044X_1X_9 + 0{,}007X_4X_6 + \\ & + 0{,}017X_4X_8 - 0{,}031X_4X_9 - 0{,}03X_6X_8 + 0{,}004X_6X_9 + 0{,}015X_8X_9 - \\ & - 0{,}024X_1X_1 - 0{,}011X_4X_4 - 0{,}007X_6X_6 - 0{,}104X_8X_8 - 0{,}002X_9X_9 \end{aligned} \quad (3)$$

На підставі отриманих рівнянь регресії проводиться оптимізація параметрів і режимів роботи відцентрового робочого органа з активними лопатями. Будуються два двовимірних перетини поверхонь відгуків [2], тобто плоскі поверхні другого порядку. У першому випадку по вертикальній осі відкладається фактор $X_6$ (кут, що характеризує розташування кулачка в горизонтальній площині і, що впливає на момент початку провертання лопаті в напрямку обертання диска), а по горизонтальної – $X_8$ (положення кромки тукоспрямовувача щодо осі обертання диска) (рис. 1, а). Аналіз значень коефіцієнтів у рівняннях регресії й обґрунтування рівнів варіювання факторів дозволяють провести наступну фіксацію факторів: $X_1 = 1$, $X_4 = -1$, $X_9 = 1$.

Так як функцією відцентрового робочого органа з активними лопатями є розподіл добрив з максимальною робочою шириною захвата і з мінімальною нерівномірністю розподілу по поверхні поля, то з метою визначення оптимальних параметрів робочого органа кут, що характеризує розташування кулачка в горизонтальній площині і, що впливає на момент початку провертання лопаті в напрямку обертання

диска, приймається $X_6 = 0{,}46$ для суперфосфату ( $\beta_2 = 0{,}527\pi$ рад) і $X_6 = -1$ для сечовини ( $\beta_2 = 0{,}5\pi$ рад).

Для визначення оптимальних параметрів положення тукоспрямовувача будується другий двовимірний перетин поверхонь відгуків аналогічно першому, відклавши по вертикальній осі фактор $X_8$, а по горизонтальній - $X_9$, зафіксувавши при цьому фактор $X_6$ на нижньому рівні (рис. 1, б). Аналізуючи перетин можна зробити висновок, що для добрив, які досліджуються, за даних умов оптимальним є значення фактора $X_9 = 1$ ($Y_0 = -0{,}04$ м). Значення фактора $X_8$ приймаються такими: $X_8 = 0{,}17$ для суперфосфату ($X_k = 0{,}253$ м) і $X_8 = 0{,}01$ для сечовини ($X_k = 0{,}25$ м).

Таким чином, відцентровий робочий орган з активними лопатями для забезпечення максимальної робочої ширини захвата при мінімальній нерівномірності розподілу добрив по ширині захвата агрегату повинен мати параметри, представлені в табл. 1.

При цьому необхідно враховувати, що параметри $\beta_2$, $X_k$ і $Y_0$ підлягають регулюванням перед роботою машини в залежності від фізико-механічних властивостей добрив.

Визначення показників роботи відцентрового робочого органа з активними лопатями з прийнятими параметрами дали наступні результати (табл. 2):

**Таблиця 2.**

**Показники роботи відцентрового робочого органа з активними лопатями, визначені в результаті імітаційного моделювання**

| Показник | Суперфосфат | | | | | Сечовина | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Робоча ширина захвата, м | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 |
| Нерівномірність розподілу добрив, % | 30 | 22 | 14 | 16 | 24 | 46 | 39 | 31 | 20 | 12 |
| Показник узагальненого параметра оптимізації | 0,57 | 0,81 | 0,87 | 0,85 | 0,75 | 0,5 | 0,51 | 0,53 | 0,77 | 0,79 |

Аналізуючи табл. 2 можна зробити висновок, що відцентровий робочий орган з активними лопатями з прийнятими параметрами забезпечує якісне виконання технологічного процесу внесення мінеральних добрив, що задовольняє вимогам на машини для суцільного внесення добрив.

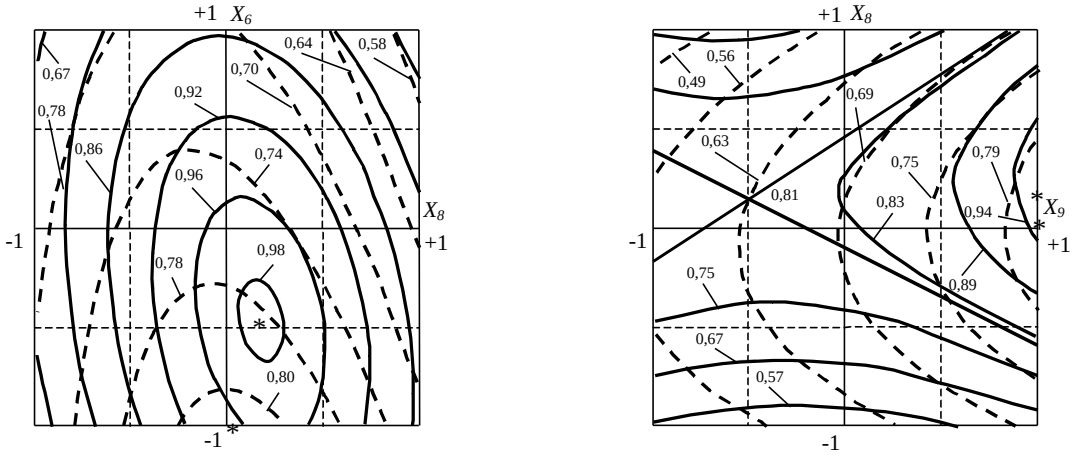
Визначено оптимальні параметри відцентрового робочого органа з активними лопатями, такі як кут повороту диска з провертанням

лопаті по ходу обертання диска $\varphi_1$ = 0,6π рад, максимальний кут відхилення лопаті від радіального напрямку назад $\phi_4$ = - 0,15π рад, ексцентриситет лопаті $b$ = 0,09 м.

Визначено регулювальні параметри відцентрового робочого органа з активними лопатями, при яких він забезпечує якісне виконання технологічного процесу з великою робочою шириною захвата: при внесенні суперфосфату нерівномірність розподілу добрив по ширині захвата агрегату 14 % при робочій ширині захвата 23 м, при внесенні сечовини відповідно 12 % при 17 м.

Література

1. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
3. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Минск: БГУ им. В.И. Ленина, 1982. – 302 с.




а б

**Рис.1. Двовимірні перетини поверхонь відгуків при стабілізації факторів: а – $X_1$ = 1, $X_4$ = -1, $X_9$ = 1; б – $X_1$ = 1, $X_4$ = -1, $X_6$ = -1;**

——— – для суперфосфату;

– – – – – – для сечовини

**Таблиця 1**

**Параметри відцентрового робочого органа з активними лопатями, визначені в результаті імітаційного моделювання**

| Позначення параметрів | Параметри | Одиниця виміру | Розмір |
|---|---|---|---|
| $\varphi_1$ | кут повороту диска з провертанням лопаті по ходу обертання диска | рад | 0,6π |
| $\varphi_2$ | кут повороту диска без провертання лопаті при її крайньому передньому положенні | рад | 0,4π |
| $\phi_2$ | максимальний кут відхилення лопаті від радіального напрямку вперед | рад | 0,1π |
| $\phi_4$ | максимальний кут відхилення лопаті від радіального напрямку назад | рад | - 0,15π |
| $b$ | ексцентриситет лопаті | м | 0,09 |
| $\beta_2$ | кут, що характеризує розташування кулачка в горизонтальній площині і, що впливає на момент початку провертання лопаті в напрямку обертання диска | рад | 0,527π - для суперфосфату 0,5π - для сечовини |
| $\omega_1$ | кутова швидкість диска | рад/с | 80 |
| $X_k$ | положення кромки тукоспрямовувача відносно осі обертання диска | м | 0,25 |
| $Y_0$ | положення лотка тукоспрямовувача відносно осі обертання диска | м | - 0,04 |
| $V_{агр}$ | робоча швидкість агрегату | м/с | 3,33 |

## OPTIMIZATION OF PROCESS OF APPLICATION OF FERTILIZERS BY CENTRIFUGAL WORKING BODY WITH ACTIVE BLADES

**V.M.Dyadya**

***Summary***

**In article the technique and results of definition of optimum parameters of centrifugal working body of the machine for entering mineral fertilizers with active blades are stated.**