

- сельхозмашиностроении. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
2. Райбман Н.С, Чадеев В.М. Построение модели процессов производства. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
  3. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем, (под ред. А.Б. Лурье). – Л.: Колос, 1979. – 312 с.
  4. Основы управления технологическими процессами. Под ред. Н.С. Райбмана, изд. – М.: Наука, 1978. – 440 с.

#### **Аннотация**

### **ВЫБОР КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

Пастухов В.И., Рудницкий Е.Н., Рудницкая А.В.

*Представлены методы выбора критериев контроля качества технологических процессов внесения органических удобрений.*

#### **Abstract**

### **CHOICE OF CRITERIA OF CONTROL OF QUALITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BRINGING OF ORGANIC FERTILIZERS**

V. Pastukhov, Y. Rudnytskiy, A. Rudnytskaya

*The methods of choice of criteria of control of quality of technological processes of bringing of organic fertilizers are presented.*

#### **УДК 631.333**

### **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ**

Герук С.М., к.т.н., доц., Боровський В.М., ст. викл.,  
Хоменко С.М., асис., Сахнюк С.В., студ.

*Житомирський національний агроекологічний університет*

*Представлено результати експериментальних досліджень робочих органів машини для внесення твердих органічних добрив і встановлено їх раціональні параметри.*

**Постановка проблеми.** Збереження родючості ґрунтів являється одним з найбільш важливих загальнодержавних завдань, для успішного вирішення якого необхідно розробляти і впроваджувати нові екологічнобезпечні технології та технічні засоби для вирощування і збирання сільськогосподарських культур, зокрема машин для внесення органічних добрив.

Для внесення твердих органічних добрив на полях України широко використовуються кузовні машини з горизонтально розташованими барабанами

та розкидачі із куп. Недосконалість конструкцій їх робочих органів призводить до високої нерівномірності внесення добрив, що негативно відображається на родючості ґрунтів.

Тому актуальним питанням для сільськогосподарського виробництва є розробка машин для внесення органічних добрив, що забезпечать підвищення якості внесення добрив і надійну експлуатацію в умовах наших господарств.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проаналізувавши світові тенденції сільськогосподарського машинобудування у галузі техніки для внесення твердих органічних добрив [1, 5, 6], встановлено, що в якості робочих органів розкидачів твердих органічних добрив використовують барабани різноманітних конструкцій: зубчасті, шнекові, ланцюгові з молотками на кінцях, лопатеві, дискові та ін. При цьому за останні майже 40 років українські вчені досліджували в основному роторні розкидачі – розкидачі-валкоутворювачі (переважна більшість) та розкидачі безпосередньо з куп. Питання досліджень розкидальних пристроїв причепів-розкидачів і досі залишається відкритим та не втратило своєї актуальності.

Для забезпечення високих показників якості внесення добрив, авторами даної праці та за їх участі, було розроблено ряд нових конструкцій барабанів машин для внесення добрив, зокрема [4]. Згідно висунутої гіпотези, якість внесення добрив підвищиться, якщо підвищиться якість їх подрібнення, що технічно можна забезпечити збільшенням кількості і довжини ріжучих периметрів робочого органу, в якості прототипу якого прийнято зубчастий еліпсний диск. Для цього було запропоновано розглянути частини еліпса, а саме половину і чверть [4].

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що на валу барабану розкидача органічних добрив, встановлюються робочі органи, що виконані у вигляді чвертьеліпсних подрібнювачів, причому кожний із останніх виконаний у вигляді чотирьох чвертьеліпсів, що встановлені на одній осі.

Для перевірки аналітичних передумов роботи запропонованої конструкції робочих органів, барабанів і всієї машини в цілому, необхідно провести ряд експериментальних досліджень.

**Постановка завдання.** *Мета досліджень* полягала у встановленні експериментальної залежності ступеня подрібнення ТОД від параметрів машини і обґрунтуванні її раціональних параметрів. *Об'єкт досліджень* – технологічний процес подрібнення ТОД кузовними машинами. *Предмет досліджень* – залежність ступеня подрібнення добрив від параметрів машини.

Відповідно до поставленої мети визначена наступна програма експериментальних лабораторних досліджень, відповідно до якої необхідно:

1) розробити і виготовити універсальну лабораторну установку для дослідження робочих органів машини для внесення органічних добрив в лабораторних умовах;

2) дослідити вплив змінних факторів на технологічний процес подрібнення органічних добрив подрібнювальним барабаном оснащеним чвертьеліпсними робочими органами, встановити функціональну залежність цього впливу у формі математичної моделі та провести її оптимізацію.

**Методика проведення досліджень.** Для дослідження робочих органів було використано методику планування некомпозиційного симетричного плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів [3]. Для обробки результатів реалізації експерименту використали наступні пакети прикладних програм для ЕОМ: Statistica 7 (для рандомізації порядку проведення дослідів), MatCad 14 (для обробки результатів планування плану Бокса-Бенкена другого порядку), Maple 11 (для дослідження рівняння регресії та побудови поверхонь відгуку).

Коефіцієнти регресії моделі, після реалізації плану експерименту визначали згідно [3]. Для дослідження рівняння регресії використовували методику двомірних перетинів [2, 3].

**Результати досліджень.** В результаті теоретичних досліджень було висунуто робочу гіпотезу, згідно якої якість розподілення добрив по полю буде залежати від того наскільки ефективно добрива будуть подрібнюватися і подаватися до верхнього барабану, а також подрібнюватися і самим верхнім барабаном, тому якість роботи нових робочих органів визначали за ступенем подрібнення.

Лабораторна установка для дослідження робочих органів шириною 600 мм, дозволяє встановити для досліджень третю частину подрібнювального барабану машини МТО-6 в натуральну величину. Загальний вигляд лабораторної установки представлено на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1 – Лабораторна установка для дослідження робочих органів подрібнювального барабану: а) загальний вид; б) вид збоку

Перед початком експерименту проводили кодування факторів

Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження подрібнювального барабану представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження подрібнювального барабану

Фактори	$X_1$	$X_2$	$X_3$
	Кількість обертів подрібнювального барабану $n_{н\bar{o}}$ , об/хв	Кут встановлення дисків до осі барабану $\beta$ , град	Швидкість транспортера $v_T$ , м/с
Основний рівень ( $X_{i_0}$ )	400	50	0,05
Інтервали варіювання ( $\Delta X_i$ )	150	2	0,03
Верхній рівень ( $x_i = 1$ )	550	52	0,08
Нижній рівень ( $x_i = -1$ )	250	48	0,02

Кодовані значення факторів ( $x_i$ ) зв'язані з натуральними ( $X_i$ ) наступними співвідношеннями:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{X_1 - 400}{150} = \frac{n_{н\bar{o}} - 400}{150}; & x_2 &= \frac{X_2 - 50}{2} = \frac{\beta - 50}{2} \\ x_3 &= \frac{X_3 - 0,05}{0,02} = \frac{v_T - 0,05}{0,02} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

У відповідності з вибраним планом були виконані 15 дослідів. Кожний дослід повторювали 3 рази.

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії було отримано наступну математичну модель другого порядку:

$$\begin{aligned} y &= 1,6128 + 0,1138\delta_1 + 0,0185\delta_2 - 0,0774\delta_3 - 0,0218\delta_1\delta_3 - \\ &- 0,2444\delta_1^2 - 0,0898\delta_2^2 - 0,1138\delta_3^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Для перевірки адекватності моделі (2) знаходили розрахункове значення  $F$ -критерію Фішера ( $F_{розр}$ ) і порівнювали його з табличним значенням  $F_{табл}$  при 5% рівні значущості. Перевірка показала, що модель можна признати адекватною, адже  $F_{розр} = 6,55 < F_{табл} = F_{0,05;8;2} = 19,37$ .

Для використання отриманої моделі в якості розрахункової формули проводили її розкодування відповідно до співвідношень (1):

$$\begin{aligned} \lambda &= -57,67921 + 0,00981n_{i\bar{a}} + 2,25425\beta + 27,48667v_{\bar{o}} - \\ &- 0,00727n_{i\bar{a}}v_{\bar{o}} - 0,00001n_{i\bar{a}}^2 - 0,02245\beta^2 - 284,5v_{\bar{o}}^2. \end{aligned} \quad (3)$$

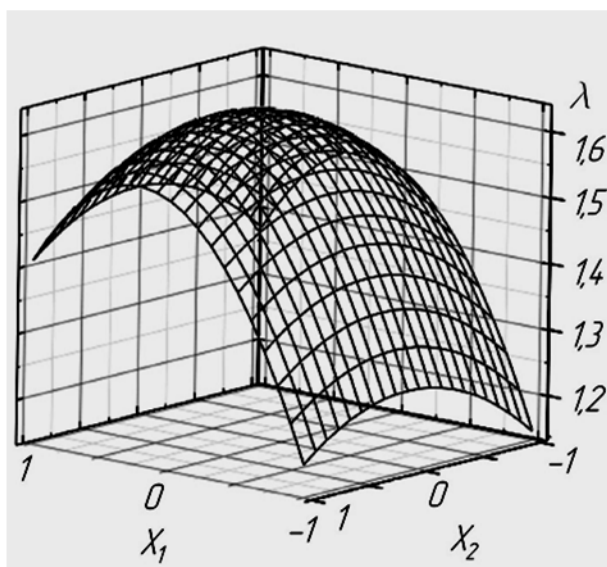
Для аналізу отриманого рівняння регресії (2) використали метод двомірних перетинів.

Для побудови двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кількості обертів подрібнювального барабану ( $x_1$ ) і кута встановлення дисків до осі барабану ( $x_2$ ),

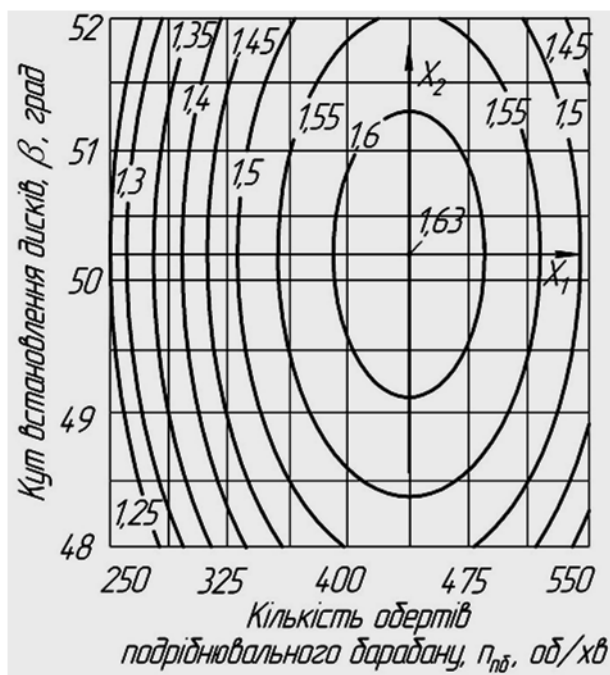
у рівняння (2) підставляли значення  $x_3=0$ . В результаті отримали рівняння у канонічній формі:

$$Y - 1,6270 = -0,2444X_1^2 - 0,0898X_2^2. \quad (4)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку  $\alpha = 0^\circ$ . Поверхню відгуку та її двомірний перетин (рис. 2) будували за допомогою прикладних програм Maple 11 та Mathcad 14 на основі рівняння (4).



а)



б)

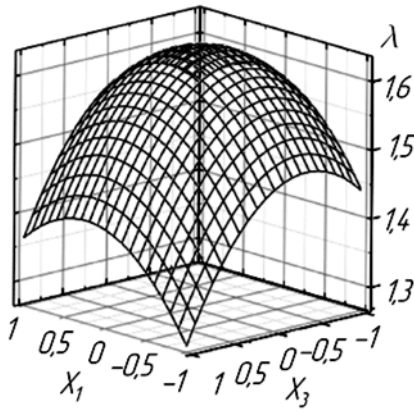
Рис. 2 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при  $x_3=0$

З графіків (рис. 2) встановили, що максимальний ступінь подрібнення  $\lambda=1,63$  забезпечується при  $n_{по} \approx 435$  об/хв,  $\beta \approx 50,2^\circ$ . Для забезпечення ступеня подрібнення  $\lambda = 1,6$  допустимі значення факторів знаходяться в межах  $n_{по} = 390 \dots 490$  об/хв,  $\beta = 49,2 \dots 51,3^\circ$ .

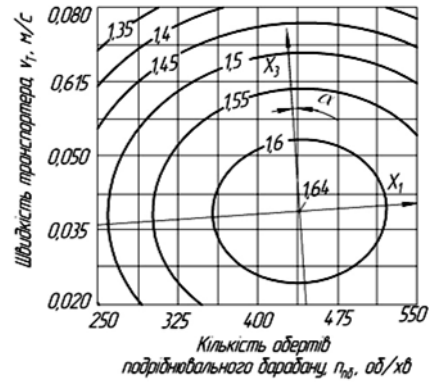
Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кількості обертів подрібнювального барабана ( $x_1$ ) і швидкості транспортера ( $x_3$ ), представлена на рис. 3, а рівняння (2) у канонічній формі при значенні  $x_2=0$  записали наступним чином:

$$Y - 1,6411 = -0,2452X_1^2 - 0,0890X_3^2. \quad (5)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку  $\alpha = 4^\circ 06'$ .



а)



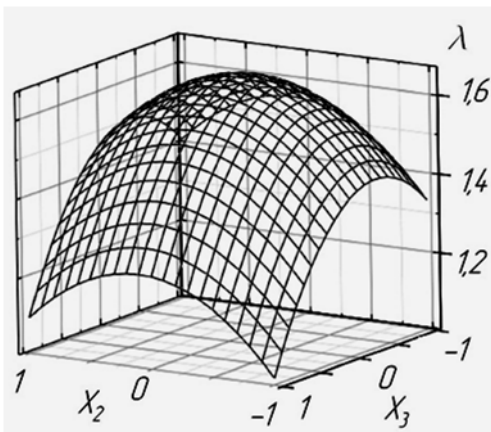
б)

Рис. 3 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при  $x_2=0$

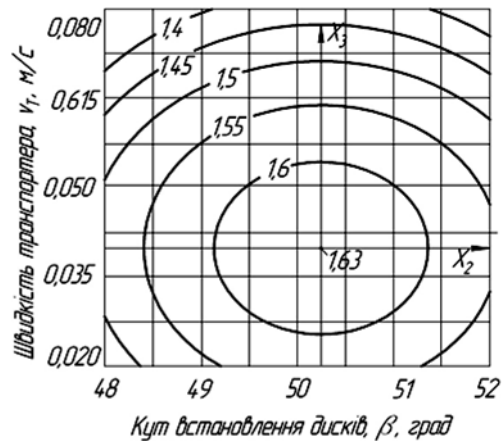
З графіків (рис. 3) встановили, що максимальний ступінь подрібнення  $\lambda=1,64$  забезпечується при  $n_{\text{об}} \approx 437$  об/хв,  $v_{\text{т}} \approx 0,039$  м/с. Для забезпечення ступеня подрібнення  $\lambda = 1,6$  допустимі значення факторів знаходяться в межах  $n_{\text{об}} = 360 \dots 530$  об/хв,  $v_{\text{т}} = 0,024 \dots 0,054$  м/с.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кута встановлення дисків ( $x_2$ ) і швидкості транспортера ( $x_3$ ), представлена на рис. 4, а рівняння (2) у канонічній формі при значенні  $x_1=0$  записали наступним чином:

$$Y - 1,6269 = -0,0898X_2^2 - 0,1138X_3^2. \quad (6)$$



а)



б)

Рис. 4 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при  $x_1=0$

З графіків (рис. 4) встановили, що максимальний ступінь подрібнення  $\lambda=1,63$  забезпечується при  $\beta \approx 50,2^\circ$ ,  $v_{\text{т}} \approx 0,040$  м/с. Для забезпечення ступеня подрібнення  $\lambda = 1,6$  допустимі значення факторів знаходяться в межах  $\beta = 49,7 \dots 51,3^\circ$ ,  $v_{\text{т}} = 0,020 \dots 0,059$  м/с.

**Висновки.** В результаті експериментальних досліджень було встановлено залежність якості подрібнення твердих органічних добрив чвертьеліпсними робочими органами, що дозволяють визначати раціональні параметри робочих органів машини для внесення органічних добрив з горизонтально розташованими барабанами. Встановлено оптимальні значення параметрів машини, за яких забезпечується максимальний ступінь подрібнення органічних добрив  $\lambda = 1,64$ : кількість обертів подрібнювального барабану  $n_{\text{нб}} \approx 437$  об/хв, швидкість руху транспортера  $v_t \approx 0,039$  м/с, кут встановлення РО до осі барабану  $\beta = 50^\circ$ .

### Список використаних джерел

1. Марченко Н.М. Механизация внесения органических удобрений [Текст] / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
2. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
3. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. – 304 с.
4. Пат. 45382 Україна, МПК А01С 3/06. Розкидач органічних добрив [Текст] / С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.С. Герук; заявник С.М. Герук. – №u200905125; заявл. 25.05.2009; опублік. 10.11.2009, Бюл. № 21, 2009 р.
5. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.Д. Михайлов, М.Г. Доценко, О.С. Вовченко; за ред. М.В. Бакума. – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Ч. 2: Машини для внесення добрив. – Т.1. – 258 с.
6. Герук С.М. Аналіз конструкцій технічних засобів для внесення твердих органічних добрив [Текст] / С.М. Герук, С.М. Хоменко // Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції 22 – 24 жовтня 2007 року «Актуальні проблеми сучасної науки». – К., 2007. – Ч.1. – С. 79 – 80.

### Аннотація

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Герук С.Н., Боровский В.Н., Хоменко С.М., Сахнюк С.В.

*Представлены результаты экспериментальных исследований рабочих органов машины для внесения твердых органических удобрений и установлены их рациональные параметры*

## Abstract

### THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE WORKING UNITES OF THE MACHINE FOR APPLYING ORGANIC FERTILIZERS

S. Geruk, V. Borovskiy, S. Khomenko, S. Sakhnjuk

*The results of experimental researches of the working unites of the machine for applying solid organic fertilizers have been presented and their rational parameters have been established.*

УДК 621.665.35.022

### МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НИМИ

Котов Б.І., д.т.н., проф., Грищенко В.О., асист.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*В статті розглянута математична модель процесу зволоження повітря паром при холодильній обробці продуктів та структура системи керування.*

**Вступ.** При зберіганні плодоовочевої продукції в замкненому об'ємі камер в умовах штучного охолодження відносна вологість повітря зменшується за рахунок зовнішніх теплопритоків і тепловиділень продукцією. Видалення надлишків теплоти пов'язано з конденсацією вологи на поверхні повітроохолоджувачів, де охолоджується циркулююче повітря. При цьому зменшується вологовміст повітря і відповідно його вологість.

Зменшення відносної вологості повітря з одночасним підвищенням температури приводить до збільшення усушки продукту (втрата маси) та втрат від загнивання і псування через плісняву [1].

**Сутність проблеми.** Кондиціонування повітря тобто автоматичне підтримання в холодильних камерах оптимальних параметрів температури і вологості є досить ефективним способом збереження якості плодоовочевої продукції.

При зберіганні охолоджених продуктів температура в камерах приймається близькою до 0°C в залежності від виду продукції та регулюється з точністю  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Вологість повітря регламентується в більш широких межах 80-95%. Але за умов мінімізації загальних втрат продукції в процесі зберігання [2] існує оптимум значення вологості 88-92% (при низьких значеннях вологості збільшуються втрати від усушки, а при більшій – втрати від загнивання). Рекомендуєма точність підтримання відносної вологості в холодильних камерах  $\pm 2-2,5\%$  [1, 3].

З множини відомих способів зволоження повітря в холодильних камерах використовують тільки домішування перегрітої пари [4, 7] та тонке розпилювання ( $\delta=20-50$  мкм) води [8]. Зволоження подачею пари, яка швидко поглинається повітрям технологічно вигідне, але енергозатратне (1 кг пари