

УДК 677.055

**МАТЕМАТИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦІНЮВАННЮ ВПЛИВУ  
ПАРАМЕТРІВ ОСНОВОВ'ЯЗальної МАШИНИ ОВ-7  
НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДА**

В.В. ЧАБАН

Київський національний університет технологій та дизайну

*Представлено результати експериментальних досліджень по оцінці впливу параметрів основов'язальної машини ОВ-7 на динамічні навантаження, що виникають в приводі під час пуску. Встановлено, що на величину динамічних навантажень привода суттєво впливає пусковий момент електродвигуна. При оцінці динамічних навантажень привода необхідно враховувати також момент сил опору механізмів машини та інерційність обертових мас привода і інших механізмів машини*

Перспективним напрямом підвищення ефективності роботи основов'язальних машин є зниження динамічних навантажень, які виникають в період їх пуску [1...3]. Це позитивно впливає як на надійність та довговічність роботи машини, так і на якість полотна.

***Об'єкт та методи дослідження***

Об'єктом досліджень обрано основов'язальну машину ОВ-7 та вплив її параметрів на динамічні навантаження, що виникають під час пуску. При вирішенні завдань, поставлених у цій роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії математичного експерименту та математичної статистики.

***Постановка завдання***

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи основов'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень, стаття присвячена оцінці впливу параметрів основов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в приводі під час пуску.

***Результати і їх обговорення***

Відомі методи [4, 5] визначення динамічних навантажень, що виникають у механічних системах, зокрема у приводі основов'язальних машин, дозволяють вирішити завдання оцінки впливу параметрів привода на величину динамічних навантажень, що виникають при пуску основов'язальних машин типу ОВ. Однак у силу своєї громіздкості і значних витрат часу, використання його для інженерної практики є недоцільним. Тому завданням цих досліджень стала розробка більш досконалого методу аналізу впливу параметрів основов'язальної машини типу ОВ на динамічні навантаження, що виникають в процесі її пуску, який базується на використанні рівнянь регресії, отриманих у результаті проведення математичного експерименту.

При проведенні математичного експерименту використовувався рототабельний план другого порядку [6], що дозволяє більш ефективно вирішити поставлену задачу.

Аналіз особливостей основов'язальних машин типу ОВ [3], перспектив удосконалення їх конструкцій та підвищення швидкості в'язання дозволив виділити основні параметри (фактори), що істотно впливають на динамічні навантаження в приводі, і діапазон їхнього варіювання (рис. 1):

$X_1$  – пусковий момент електродвигуна привода  $T_1$ ;

$X_2$  – момент сил опору механізмів основов'язальної машини  $T_2$ ;

$X_3$  – момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції обертових мас варіатора та ведучого шківів пасової передачі  $J_1$ ;

$X_4$  – момент інерції обертових мас механізмів машини  $J_2$ .

Як функцію мети прийнято:

$Y$  – максимальна величина динамічного навантаження (моменту), що виникає в пружних в'язях привода  $C_{12}$  (пружна в'язь варіатора, паси клинопасової передачі та інше),  $T_{12max}$ .

У якості «ядра» чотирьохфакторного експерименту була прийнята матриця повного факторного експерименту. При цьому необхідна кількість дослідів (варіантів розрахунків динамічних навантажень)  $n$  визначається із умови [6]:

$$n = 2^K + 2K + n_0, \tag{1}$$

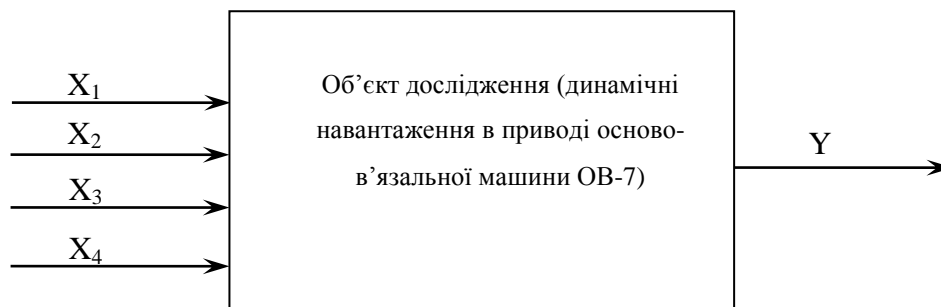


Рис. 1. Модель об'єкту дослідження

де  $K$  – кількість досліджуваних факторів;

$n_0$  – число нульових точок факторів.

З огляду на те, що  $K = 4$ ,  $n_0 = 7$  [6], знаходимо:  $n = 2^4 + 2 \cdot 4 + 7 = 31$ .

Величина «зоряного» плеча  $\lambda$  кожного із факторів визначається із рівняння [6]:

$$\lambda = 2^{K/4} = 2.$$

В якості діапазону та інтервалів варіювання досліджуваних факторів, з огляду на вищевказане, технічну характеристику основов'язальної машини ОВ-7 та рекомендацій [6], приймаємо:

$$\begin{aligned} X_1 \rightarrow T_1 &= (96,56 \dots 176,56) \text{ Нм}; & \Delta T_1 &= 20 \text{ Нм}; \\ X_2 \rightarrow T_2 &= (33,3 \dots 93,3) \text{ Нм}; & \Delta T_2 &= 15 \text{ Нм}; \\ X_3 \rightarrow J_1 &= (0,01 \dots 0,61) \text{ кгм}^2; & \Delta J_1 &= 0,15 \text{ кгм}^2; \\ X_4 \rightarrow J_2 &= (0,003 \dots 0,143) \text{ кгм}^2; & \Delta J_2 &= 0,035 \text{ кгм}^2. \end{aligned} \tag{2}$$

Величини факторів (натуральні) на нульовому рівні становлять:

$$T_{(1)0} = 136,56 \text{ Нм}; \quad T_{(2)0} = 63,3 \text{ Нм}; \quad J_{(1)0} = 0,31 \text{ кгм}^2; \quad J_{(2)0} = 0,073 \text{ кгм}^2. \tag{3}$$

Значення факторів (кодовані) у "зоряних" точках знаходяться із залежності [6]:

$$X_i = \frac{A_i - A_{0i}}{\Delta A_i}, \tag{4}$$

де  $A_i$  – натуральне значення  $i$ -го фактора;

$A_{0i}$  – натуральне значення  $i$ -го фактора на нульовому рівні;

$\Delta A_i$  – інтервал варіювання натурального значення  $i$ -го фактора.

Приймаючи до уваги (2), (3), на підставі (4) одержуємо:

$$X_1 = \frac{T_1 - 136,56}{20}; X_2 = \frac{T_2 - 63,3}{15}; X_3 = \frac{J_1 - 0,31}{0,15}; X_4 = \frac{J_2 - 0,073}{0,035}. \quad (5)$$

Для зручності розрахунків значення рівнів і інтервалів варіювання досліджуваних факторів представимо у вигляді табл. 1.

Використовуючи результати табл. 1 та методику В.Б.Тихомирова [6], були побудовані робоча матриця та матриця планування експерименту (табл. 2).

Відповідно до прийнятого плану експерименту була проведена серія математичних експериментів, яка складається з 31 досліду (розрахунків максимальних динамічних навантажень, що виникають у приводі основов'язальної машини ОВ-7 при пуску, з використанням параметрів машини і відомого методу [5], а також результатів табл. 2).

Результати розрахунків представлені у табл. 3.

Рівняння регресії для визначення максимальних динамічних навантажень  $Y$  ( $T_{12max}$ ), що виникають в пружних в'язях привода при пуску машини ОВ-7 представимо у виді [6]:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{14}X_1X_4 + B_{23}X_2X_3 + B_{24}X_2X_4 + B_{34}X_3X_4 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + B_{44}X_4^2, \quad (6)$$

де  $B_0$  – вільний член рівняння регресії;

$B_1, B_2, B_3, B_4, B_{12}, B_{13}, B_{14}, B_{23}, B_{24}, B_{34}, B_{11}, B_{22}, B_{33}, B_{44}$  – коефіцієнти рівняння регресії.

Використовуючи інформаційний продукт розроблений на кафедрі інформаційних технологій проектування КНУТД та вихідні дані (табл. 3), були отримані наступні значення коефіцієнтів рівняння регресії (6):

$$B_0 = 179,391; B_1 = 23,1114; B_2 = 5,50824; B_3 = -22,0613; B_4 = 16,0419; B_{11} = -0,923643; B_{12} = -0,503694; B_{13} = -1,75986; B_{14} = 1,74108; B_{22} = -0,660468; B_{23} = -1,02299; B_{24} = 1,01032; B_{33} = 11,3926; B_{34} = -3,75987; B_{44} = -3,14168.$$

Таблиця 1. Рівні та інтервали варіювання факторів

| Фактор   | Рівні варіювання |        |        |        |        | Інтервал варіювання фактора |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|
|  | -2               | -1     | 0      | +1     | +2     |                             |
| Пусковий момент електродвигуна $T_1$ , Нм ( $X_1$ )                                  | 96,56            | 116,56 | 136,56 | 156,36 | 176,56 | 20                          |
| Момент сил опору механізмів машини $T_2$ , Нм ( $X_2$ )                              | 33,3             | 48,3   | 63,3   | 78,3   | 93,3   | 15                          |
| Момент інерції ротора електродвигуна та інших мас $J_1$ , кгм <sup>2</sup> ( $X_3$ ) | 0,01             | 0,16   | 0,31   | 0,46   | 0,61   | 0,15                        |
| Момент інерції обертових мас механізмів машини $J_2$ , кгм <sup>2</sup> ( $X_4$ )    | 0,003            | 0,038  | 0,073  | 0,108  | 0,143  | 0,035                       |

Таблиця 2. Робоча матриця та матриця планування експерименту

| № досліджу | Робоча матриця (параметри) |                     |                                   |                                   | Матриця планування |                |                |                |
|------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|            | T <sub>1</sub> , Нм        | T <sub>2</sub> , Нм | J <sub>1</sub> , кгм <sup>2</sup> | J <sub>2</sub> , кгм <sup>2</sup> | X <sub>1</sub>     | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> |
| 1          | 156,36                     | 78,3                | 0,46                              | 0,108                             | +                  | +              | +              | +              |
| 2          | 116,56                     | 78,3                | 0,46                              | 0,108                             | -                  | +              | +              | +              |
| 3          | 156,36                     | 48,3                | 0,46                              | 0,108                             | +                  | -              | +              | +              |
| 4          | 116,56                     | 48,3                | 0,46                              | 0,108                             | -                  | -              | +              | +              |
| 5          | 156,36                     | 78,3                | 0,16                              | 0,108                             | +                  | +              | -              | +              |
| 6          | 116,56                     | 78,3                | 0,16                              | 0,108                             | -                  | +              | -              | +              |
| 7          | 156,36                     | 48,3                | 0,16                              | 0,108                             | +                  | -              | -              | +              |
| 8          | 116,56                     | 48,3                | 0,16                              | 0,108                             | -                  | -              | -              | +              |
| 9          | 156,36                     | 78,3                | 0,46                              | 0,038                             | +                  | +              | +              | -              |
| 10         | 116,56                     | 78,3                | 0,46                              | 0,038                             | -                  | +              | +              | -              |
| 11         | 156,36                     | 48,3                | 0,46                              | 0,038                             | +                  | -              | +              | -              |
| 12         | 116,56                     | 48,3                | 0,46                              | 0,038                             | -                  | -              | +              | -              |
| 13         | 156,36                     | 78,3                | 0,16                              | 0,038                             | +                  | +              | -              | -              |
| 14         | 116,56                     | 78,3                | 0,16                              | 0,038                             | -                  | +              | -              | -              |
| 15         | 156,36                     | 48,3                | 0,16                              | 0,038                             | +                  | -              | -              | -              |
| 16         | 116,56                     | 48,3                | 0,16                              | 0,038                             | -                  | -              | -              | -              |
| 17         | 96,56                      | 63,3                | 0,31                              | 0,073                             | -2                 | 0              | 0              | 0              |
| 18         | 176,56                     | 63,3                | 0,31                              | 0,073                             | +2                 | 0              | 0              | 0              |
| 19         | 136,56                     | 33,3                | 0,31                              | 0,073                             | 0                  | -2             | 0              | 0              |
| 20         | 136,56                     | 93,3                | 0,31                              | 0,073                             | 0                  | +2             | 0              | 0              |
| 21         | 136,56                     | 63,3                | 0,01                              | 0,073                             | 0                  | 0              | -2             | 0              |
| 22         | 136,56                     | 63,3                | 0,61                              | 0,073                             | 0                  | 0              | +2             | 0              |
| 23         | 136,56                     | 63,3                | 0,31                              | 0,003                             | 0                  | 0              | 0              | -2             |
| 24         | 136,56                     | 63,3                | 0,31                              | 0,143                             | 0                  | 0              | 0              | +2             |
| 25...31    | 136,56                     | 63,3                | 0,31                              | 0,073                             | 0                  | 0              | 0              | 0              |

Таблиця 3. Результати математичного експеримента

| № досліджу (розрахунку) | Максимальні динамічні навантаження в пружних ланках приводу T <sub>12max</sub> , Нм | Коефіцієнт динамічних перевантажень приводу К |
|-------------------------|---|---|
| 1                       | 207,48  | 2,65  |
| 2                       | 163,51  | 2,09  |
| 3                       | 197,43  | 4,09  |
| 4                       | 151,02  | 3,12  |
| 5                       | 254,28  | 3,25  |
| 6                       | 199,71  | 2,55  |
| 7                       | 240,07  | 4,97  |
| 8                       | 184,68  | 3,82  |
| 9                       | 178,57  | 2,28  |
| 10                      | 138,78  | 1,77  |
| 11                      | 173,27  | 3,59  |
| 12                      | 131,11  | 2,71  |
| 13                      | 207,91  | 2,65  |
| 14                      | 163,85  | 2,09  |
| 15                      | 197,80  | 4,09  |
| 16                      | 151,32  | 3,13  |
| 17                      | 134,74  | 2,13  |
| 18                      | 225,67  | 3,56  |
| 19                      | 170,06  | 5,11  |
| 20                      | 192,47  | 2,06  |
| 21                      | 297,23  | 4,69  |
| 22                      | 161,72  | 2,55  |
| 23                      | 138,98  | 2,19  |
| 24                      | 203,70  | 3,22  |
| 25...31                 | 179,39  | 2,83  |

Розрахунки підтвердили адекватність прийнятої моделі експерименту.

Незначущими з довірчою імовірністю 0,95 є коефіцієнти:

$$B_2, B_{12}, B_{13}, B_{14}, B_{23}, B_{24}, B_{34}, B_{11}, B_{22}, B_{44}.$$

Отже, для нашого випадку рівняння регресії приймає вид:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_{33} X_3^2 = 179,39 + 23,11 X_1 - 22,06 X_3 + 16,04 X_4 + 11,39 X_3^2. \quad (7)$$

Використовуючи залежності (5), виконаємо перехід у рівнянні (7) до натуральних значень факторів. Тоді остаточно одержимо:

$$T_{12max} = 82,36 + 1,16 T_1 + 506,74 J_1^2 - 461,16 J_1 + 458,26 J_2. \quad (8)$$

Отримане рівняння дозволяє значно простіше, ніж при використанні методів [4, 5], визначати динамічні навантаження, що виникають у приводі при пуску основов'язальних машин типу ОВ, а також оцінити вплив параметрів привода на їхню величину.

Для оцінки впливу параметрів основов'язальної машини на ОВ-7 на перевантаження деталей та вузлів привода під час пуску скористуємось залежністю [5]:

$$K = \frac{T_{12max}}{T_2}, \quad (9)$$

де  $K$  – коефіцієнти динамічних перевантажень деталей та вузлів привода під час пуску машини. Результати розрахунків представлені в табл. 3.

### **Висновки**

Як видно з наведеного, досліджувані параметри основов'язальної машини ОВ-7 впливають на динамічні навантаження, що виникають в приводі під час пуску. При цьому найбільш суттєво на динамічні навантаження впливає пусковий момент електродвигуна. Коефіцієнт динамічних перевантажень деталей та вузлів приводу основов'язальної машини ОВ-7 при відповідних співвідношеннях параметрів машини (табл. 2, 3) досягає 5,11.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, –1980. – 472 с.
2. Мойсеєнко Ф.А. Проектування в'язальних машин. – Харків: Основа, –1994. – 336 с.
3. Каценеленбоген А.М., Верховинина Л.Д. Устройство, работа и обслуживание основовязальных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, –1982. – 304 с.

4. Голубенцев А.Н. Динамика переходных процессов в машинах со многими массами. – М.: Машгиз, –1959. – 306 с.
5. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, – 1986. – 288 с.
6. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. –М.: Легкая индустрия, –1974. – 260 с.