

С. А. ПЛЕШКО, Б. Ф. ПІПА, А. І. МАРЧЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

**МАТЕМАТИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦІНЦІ ВПЛИВУ
ПАРАМЕТРІВ ГОЛОК ТА КЛИНІВ В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА
ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ У В'ЯЗАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Представлено результати експериментальних досліджень по оцінці впливу параметрів голок та клинів круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження, що виникають у в'язальних системах механізму в'язання. Встановлено, що на величину динамічних навантажень істотно впливають: кут клина в зоні ударної взаємодії з голкою; жорсткість голки; жорсткість та маса пружного елемента клина.

Ключові слова: голка в'язальної машини, клин в'язальної машини, в'язальні системи, динамічні навантаження.

Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин є зниження динамічних навантажень, що виникають в в'язальних системах, зумовлених ударною взаємодією голок з клинами [1–3], що позитивно впливає як на надійність та довговічність роботи машини, так і на якість полотна.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень обрано круглов'язальну машину КО-2 та вплив параметрів її голок та клинів на динамічні навантаження, що виникають під час їх взаємодії. При вирішенні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії математичного експерименту та математичної статистики.

Постановка завдання

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень у в'язальних системах, стаття присвячена оцінці впливу параметрів голок та клинів круглов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в процесі їх взаємодії.

Результати та їх обговорення

Відомі методи [3, 4] визначення динамічних навантажень, що виникають у в'язальних системах в'язальних машин, дозволяють вирішити завдання оцінки впливу параметрів голок та клинів на величину динамічних навантажень, що виникають у в'язальних системах круглов'язальних машин типу КО.

Однак у силу своєї громіздкості і великих витрат часу, використання їх для інженерної практики є недоцільним. Тому задачею даних досліджень стала розробка більш досконалого методу аналізу впливу параметрів голок та клинів на динамічні навантаження у в'язальних системах, який базується на використанні рівнянь регресії, отриманих у результаті проведення математичного експерименту.

При проведенні математичного експерименту використовувався рототабельний план другого порядку [5], що дозволяє більш ефективно вирішити поставлену задачу. Аналіз особливостей круглов'язальних машин типу КО, а також перспектив удосконалювання робочих органів механізму в'язання [1, 4] дозволяють виділити основні параметри – фактори (рис. 1), що істотно впливають на динамічні навантаження у механізмі в'язання в'язальної машини, зумовлені ударною взаємодією голок з пружним клином [4]:

X_1 – кут клина в зоні ударної взаємодії з голкою, α ;

X_2 – жорсткість голки, \tilde{N}_1 ;

X_3 – жорсткість пружного елемента клина, \tilde{N}_2 ;

X_4 – маса пружного елемента клина, m_2 .

Як функцію мети прийнято:

Y_1 – максимальна величина динамічного навантаження в зоні взаємодії п'ятки голки з клином (з пружним елементом клина), F_{1max} ; Y_2 – максимальна величина навантаження, що виникає в пружному елементі клина, F_{2max} .

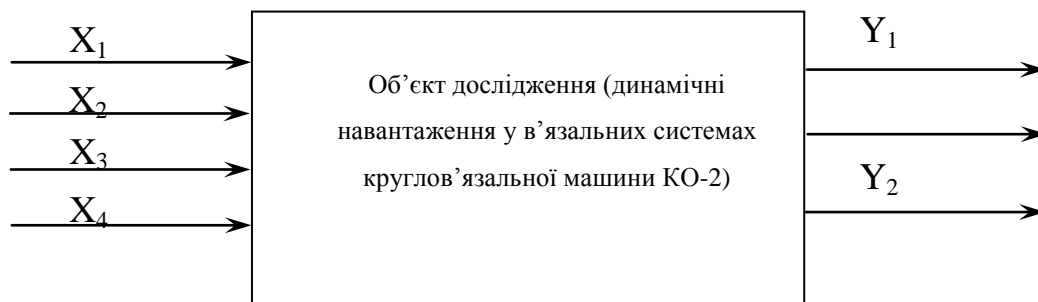


Рис. 1. Модель об'єкту дослідження

У якості «ядра» чотирьохфакторного експерименту була прийнята матриця повного факторного експерименту. При цьому необхідна кількість дослідів (варіантів розрахунків динамічних навантажень) n визначається з умови [5]:

$$n = 2^K + 2K + n_0, \quad (1)$$

де K – кількість досліджуваних факторів; n_0 – число нульових точок факторів.

З огляду на те, що $K = 4$, $n_0 = 7$ [5], знаходимо: $n = 2^4 + 2 \cdot 4 + 7 = 31$.

Величина «зоряного» плеча λ кожного із факторів визначається із рівняння [5]:

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

В якості діапазону та інтервалів варіювання досліджуваних факторів, з огляду на вищевказане, технічну характеристику круглов'язальної машини КО-2 та рекомендації [5], приймаємо:

$$\begin{aligned} X_1 &\rightarrow \alpha = (0..60)^\circ; & \Delta\alpha &= 12,5^\circ; \\ X_2 &\rightarrow C_1 = (00..1500) \cdot 10^3 \text{ Н/м}; & \Delta C_1 &= 325 \cdot 10^3 \text{ Н/м}; \\ X_3 &\rightarrow C_2 = (0..3000) \cdot 10^3 \text{ Н/м}; & \Delta C_2 &= 742,5 \cdot 10^3 \text{ Н/м}; \\ X_4 &\rightarrow m_2 = (..9) \cdot 10^{-3} \text{ кг}; & \Delta m_2 &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}. \end{aligned} \quad (2)$$

Величини факторів (натуральні) на нульовому рівні становлять:

$$\alpha_0 = 35^\circ; \quad C_{(0)} = 850 \cdot 10^3 \text{ Н/м}; \quad C_{(0)} = 1515 \cdot 10^3 \text{ Н/м}; \quad m_{(0)} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}. \quad (3)$$

Значення факторів (кодовані) у «зоряних» точках знаходяться із залежності [5]:

$$X_i = \frac{A_i - A_{0i}}{\Delta A_i}, \quad (4)$$

де A_i – натуральне значення i -го фактора; A_{0i} – натуральне значення i -го фактора на нульовому рівні; ΔA_i – інтервал варіювання натурального значення i -го фактора.

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

$$X_1 = \frac{\alpha - 35^0}{12,5^0}; \quad X_2 = \frac{C_1 - 850 \cdot 10^3}{325 \cdot 10^3}; \quad X_3 = \frac{C_2 - 1515 \cdot 10^3}{742,5 \cdot 10^3}; \quad X_4 = \frac{m_2 - 5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}}. \quad (5)$$

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

Таблиця 1. Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактор	Рівні варіювання факторів					Інтервал варіювання фактора
	-2	-1	0	+1	+2	
Кут клина α , град $\langle X_1 \rangle$	10	22,5	35	47,5	60	12,5
Жорсткість голки $\tilde{N}_1 \cdot 10^3$, Н/м $\langle X_2 \rangle$	200	525	850	1175	1500	325
Жорсткість клина $\tilde{N}_2 \cdot 10^3$, Н/м $\langle X_3 \rangle$	30	772,5	1515	2257,5	3000	742,5
Маса пружного елемента клина $m_2 \cdot 10^{-3}$, кг $\langle X_4 \rangle$	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	2,0

Використовуючи результати табл. 1 та методику В.Б. Тихомирова [5], 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 в'язальних системах круглов'язальної машини КО-2, з використанням параметрів машини та відомого методу [4], а також результатів табл. 2).

Результати розрахунків представлені в табл. 3. Рівняння регресії для визначення максимальної величини динамічного навантаження в зоні взаємодії п'ятки голки з клином (пружним елементом) $Y_1 (F_{1max})$ та максимальної величини навантаження, що виникає в пружному елементі клина $Y_2 (F_{2max})$ доцільно представити у вигляді [5]:

$$Y_1 = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{14} X_1 X_4 + B_{23} X_2 X_3 + B_{24} X_2 X_4 + B_{34} X_3 X_4 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2 + B_{44} X_4^2, \quad (6)$$

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 відповідну програму та вихідні дані (табл. 3), отримано наступні значення коефіцієнтів рівняння регресії $Y_1 (F_{1max})$:

$$B_0 = 28,22; \quad B_1 = 22,5163; \quad B_2 = 6,08042; \quad B_3 = 0,324583; \quad B_4 = 0,387917; \quad B_{11} = 11,3276; \quad B_{12} = 3,10063; \\ B_{13} = 0,193125; \quad B_{14} = 0,211875; \quad B_{22} = -1,8199; \quad B_{23} = 0,066875; \quad B_{24} = 0,148125; \quad B_{33} = -1,27365; \\ B_{34} = -0,106875; \quad B_{44} = -1,2799.$$

Розрахунки підтвердили адекватність прийнятої моделі експерименту.

Таблиця 2. Робоча матриця та матриця планування експерименту

№ досліджу	Робоча матриця (параметри)				Матриця планування			
	α , град	C_1 , $10^3 Н/м$	C_2 , $10^3 Н/м$	m_2 , $10^3 кг$	X_1	X_2	X_3	X_4
1	47,5	1175	2257,5	7,0	+	+	+	+
2	22,5	1175	2257,5	7,0	-	+	+	+
3	47,5	525	2257,5	7,0	+	-	+	+
4	22,5	525	2257,5	7,0	-	-	+	+
5	47,5	1175	772,5	7,0	+	+	-	+
6	22,5	1175	772,5	7,0	-	+	-	+
7	47,5	525	772,5	7,0	+	-	-	+
8	22,5	525	772,5	7,0	-	-	-	+
9	47,5	1175	2257,5	3,0	+	+	+	-
10	22,5	1175	2257,5	3,0	-	+	+	-
11	47,5	525	2257,5	3,0	+	-	+	-
12	22,5	525	2257,5	3,0	-	-	+	-
13	47,5	1175	772,5	3,0	+	+	-	-
14	22,5	1175	772,5	3,0	-	+	-	-
15	47,5	525	772,5	3,0	+	-	-	-
16	22,5	525	772,5	3,0	-	-	-	-
17	10	850	1515	5,0	-2	0	0	0
18	60	850	1515	5,0	+2	0	0	0
19	35	200	1515	5,0	0	-2	0	0
20	35	1500	1515	5,0	0	+2	0	0
21	35	850	30	5,0	0	0	-2	0
22	35	850	3000	5,0	0	0	+2	0
23	35	850	1515	1,0	0	0	0	-2
24	35	850	1515	9,0	0	0	0	+2
25...31	35	850	1515	5,0	0	0	0	0

Таблиця 3. Результати математичного експерименту по визначенню максимальних динамічних навантажень у в'язальній системі

№ досліджу	Максимальні динамічні навантаження, H		№ досліджу	Максимальні динамічні навантаження, H	
	F_{1max}	F_{2max}		F_{1max}	F_{2max}
1	59,9422	51,1231	14	19,0602	28,0215
2	19,8085	35,4205	15	39,1319	41,0680
3	40,6408	64,0139	16	12,9823	31,9415
4	13,3779	45,6624	17	9,0762	32,5322
5	59,1220	28,1531	18	147,2873	86,3396
6	19,6307	21,5182	19	14,0662	44,5314
7	40,0955	32,0640	20	37,1218	34,9434
8	13,2541	23,6810	21	27,0825	12,3718
9	58,7021	64,8353	22	28,4816	62,3188
10	19,4532	50,4247	23	26,9478	47,0639
11	40,1565	57,6712	24	28,5587	30,3995
12	13,2320	53,3660	25...31	28,2231	39,4105
13	57,0173	36,6546			

Незначущими з довірчою імовірністю 0,95 є коефіцієнти:

$$\hat{A}_3, B_4, B_{12}, B_{13}, B_{14}, B_{23}, B_{24}, B_{34}, B_{22}, \hat{A}_{33}, B_{44}.$$

Отже, для нашого випадку рівняння регресії приймає вид:

$$\begin{aligned} Y_1 &= B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 = \\ &= 28,22 + 22,5163 X_1 + 6,08042 \bar{O}_2 + 11,3276 X_1^2. \end{aligned} \quad (7)$$

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

$$F_{1max} = 38,062 + 0,0725\alpha^2 - 3,274\alpha + 1,8709 \cdot 10^{-5} C_1. \quad (8)$$

Використовуючи аналогічно відповідну програму та вихідні дані (табл. 3), отримуємо необхідні значення коефіцієнтів рівняння регресії $Y_2 (F_{2max})$:

$$\begin{aligned} B_0 &= 39,4; \quad B_1 = 8,04792; \quad B_2 = -2,18708; \quad B_3 = 11,6388; \quad B_4 = -3,98792; \quad B_{11} = 4,64052; \quad B_{12} = 0,325625; \\ B_{13} &= 1,24937; \quad B_{14} = 0,786875; \quad B_{22} = -0,284479; \quad B_{23} = -0,280625; \quad B_{24} = -1,56813; \quad B_{33} = -0,881979; \\ B_{34} &= 0,135625; \quad B_{44} = -0,536979. \end{aligned}$$

Розрахунки підтвердили адекватність прийнятої моделі експерименту.

Незначущими з довірчою імовірністю 0,95 є коефіцієнти:

$$B_2, B_{12}, B_{13}, B_{14}, B_{23}, B_{24}, B_{34}, B_{22}, \hat{A}_{33}, B_{44}.$$

Таким чином, рівняння регресії приймає вид:

$$\begin{aligned} Y_2 &= B_0 + B_1 X_1 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_{11} X_1^2 = \\ &= 39,4 + 8,04792 X_1 + 11,6388 X_3 - 3,98792 X_4 + 4,64052 X_1^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Використовуючи залежності (5), виконаємо перехід у рівнянні (9) до натуральних значень факторів. Тоді остаточно одержимо:

$$F_{2max} = 39,47 + 0,0297\alpha^2 - 1,435\alpha + 1,5675 \cdot 10^{-5} C_2 - 1993,96m_2. \quad (10)$$

Отримані рівняння дозволяють значно простіше, ніж при використанні відомих методів [3, 4], визначати динамічні навантаження, що виникають у механізмі в'язання в'язальної машини, зумовлені ударною взаємодією голок з клинами, а також оцінити вплив параметрів робочих органів на максимальну величину цих навантажень.

Висновки

Як видно з наведеного, досліджувані параметри голок та клинів круглов'язальної машини КО-2 впливають на динамічні навантаження у в'язальних системах. При цьому найбільш суттєво на динамічні навантаження впливають кут клина в зоні ударної взаємодії з голкою та жорсткість голки і пружного елемента клина.

Список використаної літератури

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Мильченко И.С. Основы проектирования трикотажных машин. – М.: Ростехиздат, 1962. – 226 с.
3. Піпа Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2008. – 416 с.
4. Піпа Б.Ф., Плешко С.А. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012. – 470 с.
5. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. – 260 с.

Стаття надійшла до редакції 06.03.2012

Математический эксперимент по оценке влияния параметров игл и клиньев вязальной машины на динамические нагрузки в вязальных системах

Плешко С.А., Пипа Б.Ф., Марченко А.И.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния параметров игл и клиньев кругловязальной машины КО-2 на динамические нагрузки, возникающие в вязальных системах механизма вязания. Установлено, что на величину динамических нагрузок существенное влияние оказывают: угол клина в зоне ударного взаимодействия с иглой; жесткость иглы; жесткость и масса упругого элемента клина.

Ключевые слова: игла вязальной машины, клин вязальной машины, вязальные системы, динамические нагрузки.

Mathematical experiment as evaluated by influence of parameters of needles and wedges of knitting machine on the dynamic loading in the knittings systems

Pleshko S., Pipa B., Marchenko A.

Kyiv National University of Technologies and Design

The results of experimental researches are presented as evaluated by influence of parameters of needles and wedges of кругловязальной machine КО-2 on the dynamic loading arising up in the knittings systems of mechanism of knitting. It is set that on the size of the dynamic loading substantial influence is rendered: corner of wedge in the zone of the shock co-operating with a needle; inflexibility of needle; inflexibility and mass of resilient element of wedge.

Keywords: needle knitting machine, wedge knitting machine, knitting systems, dynamic loads.