

## ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ У ЧЕРВ'ЯЧНОМУ

### ПРИВОДІ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Б.Ф. ПІПА, Г.І. КОНЬКОВ, Г.І. ПАВЛЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

*Представлено результати досліджень динамічних навантажень, що виникають в черв'ячному приводі круглов'язальної машини під час гальмування. Запропоновані рівняння регресії, що дозволяють визначити динамічні навантаження в пружних в'язях черв'ячного привода та оцінити вплив його параметрів на максимальну величину динамічних навантажень*

Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин є удосконалення конструкції привода, спрямоване на зниження динамічних навантажень, що виникають в механізмах машин під час пуску та гальмуванні [1,2]. Як показують дослідження авторів [3], перспективним напрямком удосконалювання конструкції привода круглов'язальних машин є заміна його механічних передач однією черв'ячною передачею (черв'ячний привід).

Задачею даних досліджень стала розробка спрощеної методики знаходження динамічних навантажень у черв'ячному приводі, що виникають під час гальмування круглов'язальних машин.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрано черв'ячний привід круглов'язальної машини типу КО і методику знаходження динамічних навантажень, що виникають в ньому при гальмуванні, та оцінки впливу його параметрів на максимальну величину динамічних навантажень.

При вирішенні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки машин та математичного планування експерименту.

#### **Постановка завдання**

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин шляхом удосконалення конструкцій приводів, направленою на зниження динамічних навантажень, стаття присвячена оцінці ефективності використання черв'ячного привода та розробці спрощеної методики знаходження динамічних навантажень у черв'ячному приводі, що виникають під час гальмування круглов'язальних машин типу КО.

#### **Результати та їх обговорення**

Запропонована авторами нова конструкція привода круглов'язальної машини (рис. 1) [3] з черв'ячною передачею (черв'ячний привід) на відміну від відомих конструкцій приводів відзначається простотою (використана лише одна черв'ячна передача замість пасової та декількох зубчастих передач у класичному приводі) та надійністю роботи.

Оскільки найбільш небезпечними при експлуатації круглов'язальних машин є навантаження, що виникають при гальмуванні [2], подальші дослідження присвячені аналізу саме процесу гальмування

круглов'язальної машини з черв'ячним приводом, динамічна модель якої може бути представлена у вигляді тримасової системи (рис.1).

Враховуючи те, що методи розрахунку динамічних навантажень, які виникають у черв'ячному приводі при гальмуванні машини трудомісткі для практики інженерних розрахунків [4, 5], нами було проведено математичний експеримент з метою одержання рівнянь регресії, що дозволяють оперативно оцінити вплив гальмівного моменту та параметрів черв'ячного привода на величину максимальних динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальної машини типу КО.

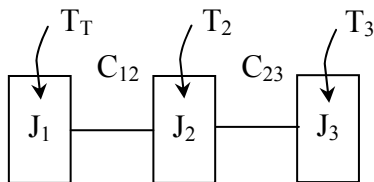


Рис. 1. Динамічна модель круглов'язальної машини з черв'ячним приводом (процес гальмування):  $J_1$  – момент інерції ротора електродвигуна і черв'яка;  $J_2$  – момент інерції механізму товароприйому;  $J_3$  – момент інерції механізму в'язання;  $C_{12}$  – жорсткість вала черв'яка;  $C_{23}$  – жорсткість водил;  $T_T$  – момент гальма;  $T_2$  – момент сил опору механізму товароприйому;  $T_3$  – момент сил опору механізму в'язання

При проведенні математичного експерименту було використано рототабельний план другого порядку та рекомендації [6].

Аналіз запропонованої авторами конструкції черв'ячного привода (рис.1) [3] та перспектив підвищення ефективності роботи машин типу КО дозволив в якості параметрів, які істотно впливають на динамічні навантаження, і діапазону їхнього варіювання призначити такі:

$$\begin{aligned}
 X_1 - \text{момент гальма, } T_T; & & X_1 \rightarrow T_T = (10 \dots 90) \text{ Нм; } \Delta T_T = 20 \text{ Нм;} \\
 X_2 - \text{момент інерції маси, } J_1; & & X_2 \rightarrow J_1 = (0,005 \dots 0,045) \text{ кгм}^2; \Delta J_1 = 0,01 \text{ кгм}^2; \\
 X_3 - \text{жорсткість пружної в'язі } C_{12}; & & X_3 \rightarrow C_{12} = (500 \dots 8500) \text{ Нм/рад; } \Delta C_{12} = 2000 \text{ Нм/рад;} \\
 X_4 - \text{жорсткість пружної в'язі } C_{23}; & & X_4 \rightarrow C_{23} = (500 \dots 6500) \text{ Нм/рад; } \Delta C_{23} = 1500 \text{ Нм/рад.}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

За функцію мети прийнято таке:

$Y_1$  – максимальна величина динамічного навантаження, що виникає в пружній в'язі  $C_{12}$  привода;

$Y_2$  – максимальна величина динамічного навантаження, що виникає в пружній в'язі  $C_{23}$  привода.

В якості нульових значень факторів, згідно [7], прийнято таке:

$$\begin{aligned}
 T_{(T)0} = 50 \text{ Нм; } J_{(1)0} = 0,025 \text{ кгм}^2; \\
 C_{(12)0} = 4500 \text{ Нм/рад; } C_{(23)0} = 3500 \text{ Нм/рад.}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Значення рівнів та інтервалів варіювання факторів наведені у табл. 1. Робоча матриця та матриця планування експерименту представлені в табл. 2.

Таблиця 1. Рівні й інтервали варіювання факторів

Фактор	Рівні варіювання факторів					Інтервал варіювання фактора
	-2	-1	0	+1	+2	
Момент гальмування $T_T$ , Нм ( $X_1$ )	10	30	50	70	90	20
Момент інерції $J_1$ , кгм <sup>2</sup> ( $X_2$ )	0,005	0,015	0,025	0,035	0,045	0,01
Жорсткість пружної в'язі $C_{12}$ , Н м/рад	500	2500	4500	6500	8500	2000

( $X_3$ )						
Жорсткість пружної в'язі $C_{23}$ , Н м/рад ( $X_4$ )	500	2000	3500	5000	6500	1500

Таблиця 2. Робоча матриця та матриця планування експерименту

№ досліджу	Робоча матриця				Матриця планування			
	$T_T$ , Нм	$J_1$ , кгм <sup>2</sup>	$C_{12}$ , Нм/рад	$C_{23}$ , Нм/рад	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	70	0,035	6500	5000	+	+	+	+
2	30	0,035	6500	5000	-	+	+	+
3	70	0,015	6500	5000	+	-	+	+
4	30	0,015	6500	5000	-	-	+	+
5	70	0,035	2500	5000	+	+	-	+
6	30	0,035	2500	5000	-	+	-	+
7	70	0,015	2500	5000	+	-	-	+
8	30	0,015	2500	5000	-	-	-	+
9	70	0,035	6500	2000	+	+	+	-
10	30	0,035	6500	2000	-	+	+	-
11	70	0,015	6500	2000	+	-	+	-
12	30	0,015	6500	2000	-	-	+	-
13	70	0,035	2500	2000	+	+	-	-
14	30	0,035	2500	2000	-	+	-	-
15	70	0,015	2500	2000	+	-	-	-
16	30	0,015	2500	2000	-	-	-	-
17	10	0,025	4500	3500	-2	0	0	0
18	90	0,025	4500	3500	+2	0	0	0
19	50	0,005	4500	3500	0	-2	0	0
20	50	0,045	4500	3500	0	+2	0	0
21	50	0,025	500	3500	0	0	-2	0
22	50	0,025	8500	3500	0	0	+2	0
23	50	0,025	4500	500	0	0	0	-2
24	50	0,025	4500	6500	0	0	0	+2
25...31	50	0,025	4500	3500	0	0	0	0

Відповідно до рекомендацій [6] була проведена серія математичних експериментів (розрахунків з використанням методики [7] та такими параметрами круглов'язальної машини КО-2 з черв'ячним приводом:  $J_2 = 0,026$  кгм<sup>2</sup>;  $J_3 = 0,015$  кгм<sup>2</sup>;  $T_2 = 4,4$  Нм;  $T_3 = 17,7$  Нм). Отримані результати представлені у табл. 3. Рівняння регресії для визначення максимальної величини динамічних навантажень, що виникають у  $i$ -ій пружній в'язі черв'ячного привода при гальмуванні, доцільно представити у такому вигляді [6]:

$$Y_i = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{14} X_1 X_4 + B_{23} X_2 X_3 + B_{24} X_2 X_4 + B_{34} X_3 X_4 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2 + B_{44} X_4^2, \quad (3)$$

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

Таблиця 3. Результати математичного експерименту по визначенню максимальних динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальної машини з черв'ячним приводом

№ досліджу	Максимальні динамічні навантаження, Н			№ досліджу	Максимальні динамічні навантаження, Н		
	$T_{12\max}$	$T_{23\max}$			$T_{12\max}$	$T_{23\max}$	
1	210,706	39,516		14	107,93	29,341	
2	109,596	29,5		15	393,381	71,859	
3	391,541	70,97		16	212,935	40,451	
4	211,894	39,948		17	87,01	27,614	
5	133,451	28,504		18	343,855	67,879	
6	65,894	23,271		19	331,585	49,904	
7	267,077	58,401		20	126,305	30,341	
8	141,486	32,838		21	84,068	20,703	
9	213,09	33,331		22	207,822	34,229	
10	110,945	26,001		23	159,762	21,963	
11	300,762	47,17		24	158,945	33,286	
12	160,541	26,485		25...31	213,272	39,97	
13	207,76	39,234					

Використовуючи спеціальну програму та вихідні дані (табл. 1) були отримані такі значення коефіцієнтів рівнянь регресії:

а) для функції мети  $Y_1$ :

$$\begin{aligned}
 B_0 &= 213,3; & B_{12} &= -15,95; & B_{34} &= 28,275; \\
 B_1 &= 62,942; & B_{13} &= 3,1; & B_{11} &= 3,058; \\
 B_2 &= -55,45; & B_{14} &= -3,062; & B_{22} &= 6,433; \\
 B_3 &= 17,767; & B_{23} &= 4,962; & B_{33} &= -14,317; \\
 B_4 &= -7,317; & B_{24} &= -4,025; & B_{44} &= -11,079;
 \end{aligned}$$

б) для функції мети  $Y_2$ :

$$\begin{aligned}
 B_0 &= 39,9; & B_{12} &= -4,768; & B_{34} &= 5,294; \\
 B_1 &= 9,237; & B_{13} &= -0,194; & B_{11} &= 2,641; \\
 B_2 &= -7,445; & B_{14} &= 0,156; & B_{22} &= 0,728; \\
 B_3 &= 0,662; & B_{23} &= 1,693; & B_{33} &= -2,434; \\
 B_4 &= 1,321; & B_{24} &= -1,431; & B_{44} &= -2,397.
 \end{aligned}$$

Розрахунки підтвердили адекватність прийнятої моделі експерименту. Незначущими з довірчою імовірністю 0,95 є такі коефіцієнти:

а) для функції мети  $Y_1$ :  $B_1; B_4; B_{13}; B_{14}; B_{23}; B_{24}; B_{11}; B_{22}; B_{44}$ ;

б) для функції мети  $Y_2$ :  $B_2; B_3; B_4; B_{13}; B_{14}; B_{23}; B_{24}; B_{11}; B_{22}; B_{33}; B_{44}$ .

Таким чином, у нашому випадку, рівняння регресії (3) приймає такий вигляд:

$$Y_1 = 213,3 + 62,942X_1 - 55,45X_2 + 17,767X_3 - 15,95X_1X_2 + 28,275X_3X_4 - 14,317X_3^2; \quad (4)$$

$$Y_2 = 39,9 + 9,237X_1 - 7,445X_2 - 4,768X_1X_2 + 5,294X_3X_4. \quad (5)$$

Використовуючи залежності між кодованими та натуральними значеннями факторів [6] отримуємо таке:

$$X_1 = \frac{T_T - 50}{20}; X_2 = \frac{J_1 - 0,025}{0,01}; X_3 = \frac{C_{12} - 4500}{2000}; X_4 = \frac{C_{23} - 3500}{1500},$$

після перетворень рівняння (4), (5) набувають такого вигляду:

$$T_{12\max} = 130,87 + (5,141 - 79,75J_1)T_T - 1557,5J_1 + (0,008 + 9,425 \cdot 10^{-6}C_{23} - 3,579 \cdot 10^{-6}C_{12})C_{12} - 0,042C_{23}; \quad (6)$$

$$T_{23\max} = 33,413 + (1,058 - 23,84J_1)T_T + 447,5J_1 - (0,006 - 1,765 \cdot 10^{-6}C_{23})C_{12} - 0,008C_{23}. \quad (7)$$

### **Висновки**

– отримані рівняння дозволяють оперативно вирішувати питання знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають під час гальмування круглов'язальних машин типу КО;

– запропонована методика дозволяє вирішити питання вибору раціональних параметрів черв'ячного привода круглов'язальних машин, що забезпечують зниження динамічних навантажень при перехідних режимах роботи круглов'язальної машини;

– результати досліджень можуть бути використані при проектуванні приводів не тільки круглов'язальних, а і інших типів в'язальних машин та машин загального призначення.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
2. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2003. – 208 с.
3. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку). – К: КНУТД, 2007. – 400 с.
4. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 190 с.
5. Голубенцев А.Н. Интегральные методы в динамике. – К.: Техніка, 1967. – 352 с.
6. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. – 260 с.
7. Піпа Б.Ф., Павленко Г.І. Динамика торможения кругловязальной машины с червячным приводом / КГУТД. – К.: 2001. – 15 с. – Рус. – Деп. в ГНТБ Украины 23.07.2001, №145-Ук 2001.

Надійшла 03.11.2008

УДК 004.9

## **ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ У СЕРЕДОВИЩІ RATIONAL ROSE**

Г.В. ЛУЦЕНКО, Г.В. ЛУЦЕНКО

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

*Розглянуто особливості проектування автоматизованої інформаційної системи роботи з деякою навчальною дисципліною у середовищі Rational Rose. З використанням мови UML виконано розробку основних діаграм моделі інформаційної системи. Проведено аналіз предметної області, визначено функції та завдання автоматизованої інформаційної системи, що проектується*

Середовище Rational Rose є зручним засобом візуального моделювання об'єктно-орієнтованих