

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСТРОЮ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДА РУКАВИЧНОГО АВТОМАТУ

В результаті виконаних досліджень розроблено експериментальну установку та проведено експериментальні дослідження впливу пристрою зниження динамічних навантажень з дротяною спіральною пружиною кручення на динамічні навантаження, що виникають під час пуску рукавичного автомату ПА-8-33. Встановлено, що використання пристрою зниження динамічних навантажень з дротяною спіральною пружиною кручення в приводі рукавичного автомату ПА-8-33 дозволяє знизити пускові динамічні навантаження привода майже в 2 рази, що позитивно впливає як на підвищення надійності і довговічності роботи автомата, так і на підвищення якості рукавичних виробів. Експериментальні дослідження підтвердили правомірність припущень, прийнятих при розробці математичних моделей динаміки рукавичних автоматів. Результати досліджень можуть бути використані в ході розробки нових моделей рукавичних автоматів.

**Ключові слова:** рукавичний автомат, привід рукавичного автомата, експериментальні дослідження динаміки рукавичних автоматів, динамічні навантаження привода рукавичного автомата, пристрій зниження динамічних навантажень.

A.V. CHABAN, B.F. PIPA

Kyiv National University of Technologies and Design

## EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFECT OF THE REDUCE DEVICE OF DYNAMIC LOADS ON THE DYNAMIC FORCES OF DRIVING GLOVE MACHINE

As a result of the research developed experimental setup and experimental studies of the effect of reducing the dynamic loads device with a wire spiral torsion spring on the dynamic loads that occur during start-up glove machine PA-8-33. It was found that the use of reduction of dynamic loads the device with a wire spiral torsion spring in the drive-PA 8-33 glove machine reduces inrush dynamic forces driving almost 2 times that positively influences both to improve the reliability and durability of the machine, and to improve the quality glove products. Experimental studies have confirmed the validity of the assumptions made in the development of mathematical models of the dynamics of glove machines. The research results can be used to develop new models of glove machines.

**Keywords:** glove machine, glove machine drive, the experimental study of the dynamics of glove machines, dynamic forces driving glove machine, the device reduce the dynamic loads.

Особливістю обладнання легкої промисловості є значні динамічні навантаження, що виникають в період несталих режимів роботи [1–3] і є однією з основних причин зниження надійності та довговічності його роботи. Тому в ході проектування в'язальних машин та автоматів слід приділяти увагу зниженню динамічних навантажень в приводі. Вирішення цієї проблеми без використання пристроїв зниження динамічних навантажень (ПЗДН) та експериментальних досліджень перевірки ефективності їх роботи неможливе.

### Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом досліджень обрано експериментальні дослідження впливу пристрою зниження динамічних навантажень з дротяною спіральною пружиною кручення на динамічні навантаження привода рукавичного автомата. Під час розв'язання поставлених задач були використані сучасні методи досліджень, що базуються на теорії динамічних процесів в механічних системах та статистичних методах обробки результатів експериментальних досліджень.

### Постановка завдання

Завданням роботи є експериментальні дослідження впливу ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення на динамічні навантаження, що виникають в приводі рукавичного автомату ПА-8-33 під час пуску.

### Результати та їх обговорення

З метою зниження динамічних навантажень в приводі рукавичного автомата автори пропонують [4] ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення. Для оцінки ефективності використання такого пристрою в приводі рукавичного автомата необхідна експериментальна перевірка його роботи. З цією метою авторами розроблена спеціальна установка та вибрана сучасна апаратура.

В якості експериментальної установки був використаний рукавичний автомат ПА-8-33, встановлений на кафедрі прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну.

Для проведення експериментальних досліджень

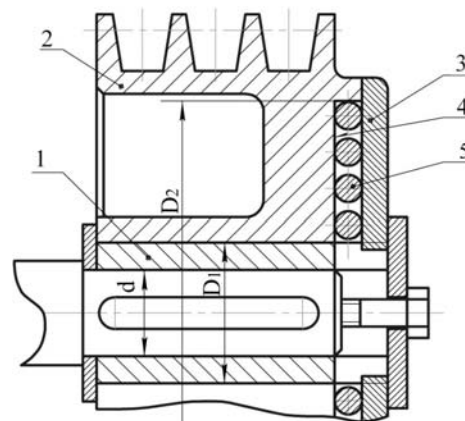


Рис. 1. Схема ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення:

1 – втулка; 2 – шків; 3 – шайба;  
4 – опорна поверхня; 5 – пружина

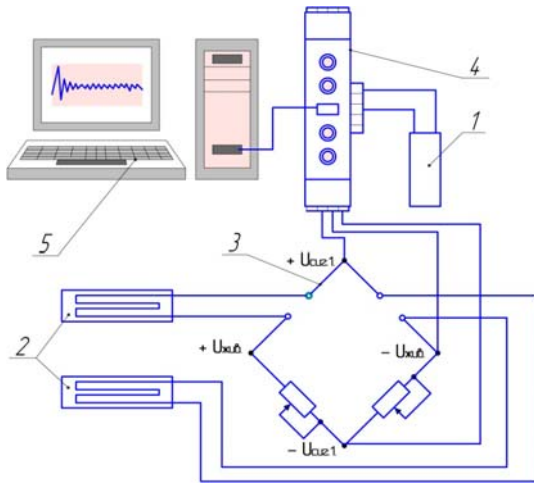


Рис. 2. Схема вимірювальної та реєструючої апаратури експериментальної установки

$C = 0,508 \text{ Нм/рад}$ .

Вимір динамічних навантажень, що виникають в приводі круглов'язальної машини, виконувався за допомогою спеціального пристрою, що містить натяжний ролик, встановлений з можливістю взаємодії з ведучою віткою пасової передачі привода. Пристрій забезпечує одержання результатів вимірів динамічних навантажень без використання рухомих контактів в зоні взаємодії тензодатчиків з вимірювальною апаратурою, що дає можливість підвищити точність вимірів.

Вимірювання досліджуваних параметрів проводилось за допомогою перетворюючої та реєструючої апаратури (рис. 2).

В якості перетворювачів деформації в електричний сигнал, використовувались дротяні тензодатчики 2 з базою 20 мм КФ 5 ПІ-20-200А, підключені до мостової вимірювальної схеми 3, що забезпечує максимальну чутливість та лінійність вихідних параметрів. Сигнал з датчиків 2 поступає на вимірювальну плату WAD-AIK-BUS 4 через екранований дріт, де сигнал підсилюється, перетворюється в цифрову форму та через USB інтерфейс надходить на обчислювальну мережу (персональний комп'ютер) 5, де відбувається збір показань датчиків та остаточна обробка отриманих значень. Вимірювальна плата WAD-AIK-BUS 4 підключена до джерела живлення 1.

При виконанні експериментальних досліджень були прийняті наступні умови:

- при проведенні досліджень динамічних навантажень привода як існуючого рукавичного автомату ПА-8-33, так і модернізованого (установка в приводі ПЗДН) згідно з рекомендаціями [6, 7] заплановано виконати по 20 дослідів;

- у всіх дослідях режим роботи рукавичного автомату залишався однаковим;

- прийнята вірогідність результатів експерименту  $\alpha = 0,95$ .

Для кількісної оцінки діючих навантажень, що виникають в приводі рукавичного автомату тензодатчики тарувалися. За результатами тарування датчиків визначено масштаб запису навантажень (тиску паса на натяжний ролик), що виникають в пасовій передачі привода:  $\mu = 125 \text{ Н/мВ}$ .

Приклади осцилограм динамічних навантажень, що виникають при пуску рукавичного автомату ПА-8-33, показані на рис. 3, 4.

Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень привода рукавичного автомату приведені в табл. 1, 2.

привід рукавичного автомату був модернізований – додатково обладнаний ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення (рис. 1). Обладнання привода круглов'язальної машини ПЗДН дозволяє здійснювати пуск машини при попередньо напружених в'язях привода та обмеженому пусковому моменті електродвигуна, що позитивно впливає на зниження динамічних навантажень [1, 3].

Запропонований ПЗДН було встановлено на валу електродвигуна привода рукавичного автомату. Конструкція ПЗДН, вибір його параметрів та принцип роботи детально розглянуті в публікації авторів [5].

Згідно з розрахунками авторів [5] робочими параметрами ПЗДН було вибрано: внутрішній діаметр пружини  $D_1 = 40 \text{ мм}$ ; зовнішній діаметр пружини  $D_2 = 120 \text{ мм}$ ; діаметр дроту, з якого виготовлена пружина  $d = 3 \text{ мм}$ ; необхідна робоча довжина дроту  $L = 1684 \text{ мм}$ ; кількість витків пружини  $i = 8$ ; жорсткість пружини

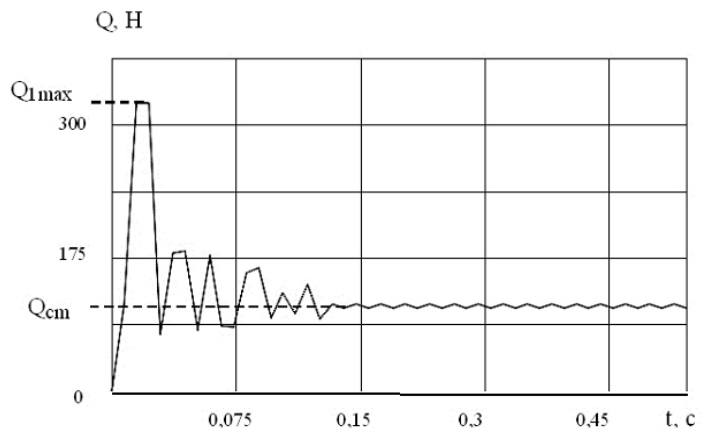


Рис. 3. Осцилограма динамічних навантажень привода рукавичного автомату ПА-8-33 при пуску без ПЗДН

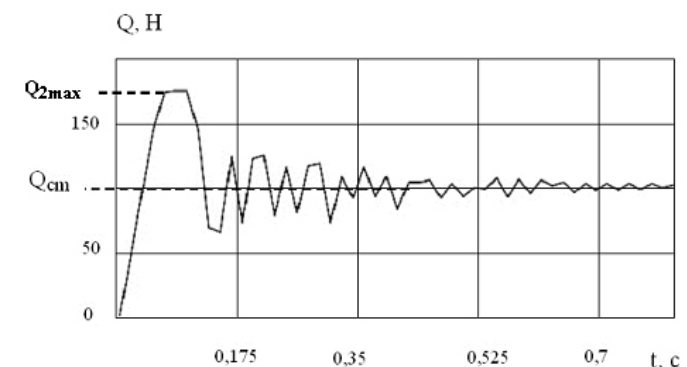


Рис. 4. Осцилограма динамічних навантажень привода рукавичного автомату ПА-8-33 при пуску з ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення

Таблиця 1

**Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень привода рукавичного автомату ПА-8-33 без ПЗДН**

Максимальне динамічне навантаження приводу $Q_{1i\ max}$ , Н	Кількість повторень результатів $n_i$	$n_i Q_{1i\ max}$	Похибка окремих вимірів $\Delta Q_{1i\ max}$	$n_i (Q_{1i\ max})^2$
335,2	1	335,2	13,26	175,83
336,4	2	672,8	12,06	290,88
338,2	2	676,4	10,6	224,72
339,6	2	679,2	8,86	157,0
340,8	1	340,8	7,66	58,67
345,6	2	691,2	2,86	16,36
350,0	1	350,0	-1,54	2,37
353,2	2	706,4	-4,74	44,93
357,2	3	1071,6	-8,74	229,16
359,1	2	718,2	-10,64	226,42
362,3	1	362,3	-13,84	191,54
365,1	1	365,1	-16,64	276,89
368,3	$n = 20$	$\sum 6969,2$		$\sum 1894,77$

Таблиця 2

**Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень привода рукавичного автомату ПА-8-33 з ПЗДН**

Максимальне динамічне навантаження приводу $Q_{2i\ max}$ , Н	Кількість повторень результатів $n_i$	$n_i Q_{2i\ max}$	Похибка окремих вимірів $\Delta Q_{2i\ max}$	$n_i (Q_{2i\ max})^2$
169,1	1	169,1	11,9	141,61
171,4	1	171,4	9,6	92,16
173,1	2	346,2	7,9	124,82
175,2	1	175,2	5,8	33,64
176,3	2	352,6	4,7	44,18
177,6	1	177,6	3,4	11,56
178,5	2	357,0	2,5	12,5
180,2	1	180,2	0,8	0,64
183,4	1	183,4	-2,4	5,76
184,1	2	368,2	-3,1	19,22
186,0	1	186,0	-5,0	25,0
188,3	2	376,2	-7,3	106,58
190,5	1	190,5	-9,5	90,25
193,2	2	386,4	-12,2	297,68
	$n = 20$	$\sum 3620$		$\sum 1005,6$

В результаті обробки даних експерименту [6, 7] були одержані наступні результати:

$$Q_{1\ max} = \bar{Q}_{1\ max} \pm \Delta Q_{1\ max} = (348,46 \pm 6,51) \text{ Н}; \tag{1}$$

$$Q_{2\ max} = \bar{Q}_{2\ max} \pm \Delta Q_{2\ max} = (181 \pm 5,98) \text{ Н}, \tag{2}$$

де  $Q_{1\ max}$ ;  $Q_{2\ max}$  – максимальне динамічне навантаження приводу рукавичного автомату в період пуску без ПЗДН та з ПЗДН відповідно;

$\bar{Q}_{1\ max}$ ;  $\bar{Q}_{2\ max}$  – середня величина максимального динамічного навантаження приводу рукавичного автомату в період пуску без ПЗДН та з ПЗДН відповідно;

$\Delta Q_{1\ max}$ ;  $\Delta Q_{2\ max}$  – границі довірчого інтервалу динамічних навантажень приводу рукавичного автомату в період пуску без ПЗДН та з ПЗДН відповідно.

Ефективність використання ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення в приводі рукавичного автомату ПА-8-33 оцінювалась коефіцієнтом впливу ПЗДН на зниження динамічних навантажень  $n_D$  (коефіцієнтом динамічності):

$$n_{\partial} = \frac{\bar{Q}_{1max}}{Q_{2max}} = \frac{348,46}{181} = 1,93. \quad (3)$$

Як видно із результатів досліджень, використання ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення в приводі рукавичного автомата ПА-8-33 дозволяє знизити пускові динамічні навантаження майже в 2 рази, що позитивно впливає як на підвищення надійності та довговічності роботи рукавичного автомата, так і на підвищення якості рукавичних виробів.

Виконані експериментальні дослідження дозволяють також оцінити правомірність припущень, прийнятих при розробці математичних моделей динаміки рукавичних автоматів [3].

Так, як показують розрахунки [3], коефіцієнт динамічних навантажень клинопасової передачі привода рукавичного автомата ПА-8-33 становить  $K_{(12)1} = 3,32$ . При наявності ПЗДН –  $K_{(12)2} = 1,8$ .

При цьому розрахунковий коефіцієнт динамічності  $n'_{\partial}$  привода становить:

$$n'_{\partial} = \frac{K_{(12)1}}{K_{(12)2}} = \frac{3,32}{1,8} = 1,84. \quad (4)$$

Оскільки коефіцієнт динамічності  $n_{\partial}$  привода рукавичного автомата знайдений експериментальним шляхом  $n_{\partial} = 1,93$ , розбіжність результатів буде:

$$\Delta n_{\partial} = \frac{n_{\partial} - n'_{\partial}}{n_{\partial}} \cdot 100\% = \frac{1,93 - 1,84}{1,93} \cdot 100\% = 4,7\%, \quad (5)$$

що свідчить про допустимість прийнятих припущень при розробці математичної моделі динаміки рукавичного автомата ПА-8-33.

### Висновки

Виконані дослідження показують наступне:

- використання ПЗДН з дротяною спіральною пружиною кручення в приводі рукавичного автомата ПА-8-33 дозволяє знизити пускові динамічні навантаження привода майже в 2 рази, що позитивно впливає як на підвищення довговічності роботи рукавичного автомата, так і на підвищення якості рукавичних виробів;
- експериментальні дослідження дозволяють оцінити правомірність припущень, прийнятих при розробці математичних моделей динаміки рукавичних автоматів – розбіжність результатів аналітичних розрахунків динамічних навантажень привода рукавичного автомата ПА-8-33 в порівнянні з результатами експерименту не перевищує 5%.

### Література

1. Піпа Б.Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К. : КНУТД, 2005. – 294 с.
2. Піпа Б.Ф. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень (наукові основи і інженерні методи проектування) / Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан, С.В. Музичишин. – К. : КНУТД, 2015. – 280 с.
3. Чабан В.В. Приводи в'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунків) / В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан. – К. : КНУТД, 2016. – 452 с.
4. Пат. України на корисну модель № 98328, МПК: D04 В 15/16, D04 В 15/96. Привід рукавичного автомата / Б.Ф. Піпа, С.В. Музичишин, О.В. Чабан. – опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8, 3 с.
5. Музичишин С.В. Вибір параметрів пристрою зниження динамічних навантажень з дротяною спіральною пружиною / С.В. Музичишин, О.В. Чабан, Б.Ф. Піпа // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 7–10.
6. Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Румшиский Л.З. – М. : Наука, 1971. – 192 с.
7. Касандрова О.Н. Обработка результатов наблюдений / О.Н. Касандрова, В.В. Лебедев. – М. : Наука, 1970. – 104 с.

Рецензія/Peer review : 10.1.2017 р.

Надрукована/Printed : 1.2.2017 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Місяць В.П.