

УДК 677.055-52

**В.В. Чабан**, д-р техн. наук, проф.,  
**Б.Ф. Піпа**, д-р техн. наук, проф.,  
**О.В. Чабан**, магістр,  
Київ. нац. ун-т технологій та дизайну

## ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В РУКАВИЧНОМУ АВТОМАТІ, ЗУМОВЛЕНІ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИМ РУХОМ КАРЕТОК, ТА ЇХ ЗНИЖЕННЯ

**Вступ.** Недоліком приводів існуючих конструкцій рукавичних автоматів є зворотно-поступальний рух в'язальної та проміжної кареток [1], що призводить до появи значних динамічних навантажень, зумовлених їх інерційністю [2]. Динамічні навантаження негативно впливають на надійність та довговічність роботи рукавичного автомату та на якість виробів. Зниження цих навантажень є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз існуючих досліджень [1...3] та ін. показує, що, незважаючи на актуальність питання зниження динамічних навантажень в приводах рукавичних автоматів, зумовлених інерційністю кареток, до цього часу практично не існує раціонального методу їх динамічного аналізу.

**Мета дослідження.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів шляхом зниження динамічних навантажень, метою дослідження є аналіз динамічних навантажень, зумовлених зворотно-поступальним рухом кареток та їх зниження. При проведенні досліджень використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки механічних систем та теорії пружності.

**Викладення основного матеріалу.** Визначимо величину динамічних навантажень, зумовлених інерційністю кареток рукавичного автомату. При цьому в якості прикладу розглянемо момент переходу пальця повзуна проміжної каретки, що з'єднує каретки з приводним ланцюгом, з прямолінійної ділянки траєкторії руху на криволінійну ділянку 1-2 (рис. 1).

Очевидно, що

$$F_i = -ma, \quad (1)$$

де  $F_i$  — динамічне навантаження (сила інерції), зумовлене зворотно-поступальним рухом в'язальної та проміжної кареток;

$m$  — приведена сумарна маса повзуна з пальцем, проміжної і в'язальної кареток;

$a$  — прискорення кареток.

Аналізуючи траєкторію руху кареток (рис. 1), приходимо до висновку, що

$$a = \ddot{X}. \quad (2)$$

Беручи до уваги, що

$$\ddot{X} = R \sin \alpha = R \sin \omega t,$$

із рівняння (2)

$$a = -R\omega^2 \sin \omega t. \quad (3)$$

де  $X$  — лінійне переміщення кареток на дільниці уповільнення руху (траєкторія руху пальця 1-2 (рис. 1));

---

DOI 10.15276/opu.2.44.2014.14

© В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан, 2014

$R$  — радіус ділильного кола зірочки;  
 $\alpha$  — кут повороту зірочки;  
 $\omega$  — кутова швидкість обертання зірочки;  
 $t$  — час руху кареток на траєкторії 1-2.  
 Тоді рівняння (1) з урахуванням (3)

$$F_i = mR\omega^2 \sin \omega t. \quad (4)$$

Беручи до уваги, що  $\omega = V / R$ , де  $V$  — лінійна швидкість руху в'язальної каретки, рівняння (4) можна представити у вигляді

$$F_i = \frac{mV^2}{R} \sin \omega t.$$

Очевидно, що динамічне навантаження досягає свого максимального значення в момент проходження пальцем точки 2 криволінійної траєкторії руху кареток, коли  $\alpha = \omega t = 0,5\pi$ , і дорівнює

$$F_i = F_{i\max} = \frac{mV^2}{R}.$$

Для рукавичного автомату ПА-8-33 [3], для якого  $m = 17,5$  кг [1],  $V=0,84$  м/с;  $R=72,97$  мм, максимальна величина динамічного навантаження

$$F_i = F_{i\max} = \frac{17,5 \cdot 0,84^2}{72,97 \cdot 10^{-3}} = 169,2 \text{ Н.}$$

З метою зниження величини динамічних навантажень, зумовлених інерційністю зворотно-поступального руху кареток, можна запропонувати використання в приводі накопичувачів-компенсаторів енергії, виконаних у вигляді циліндричних пружин стиску [2]. У цьому випадку в якості розрахункової схеми для визначення параметрів накопичувача-компенсатора енергії можна прийняти схему, наведену на рис. 2.

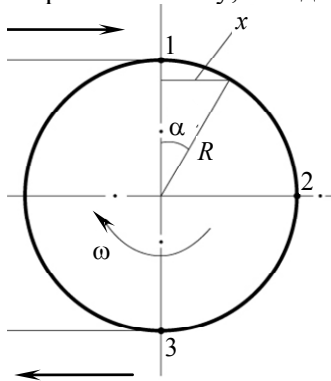


Рис. 1. Траєкторія руху пальця повзуна проміжної каретки рукавичного автомату на криволінійній ділянці траєкторії ланцюга

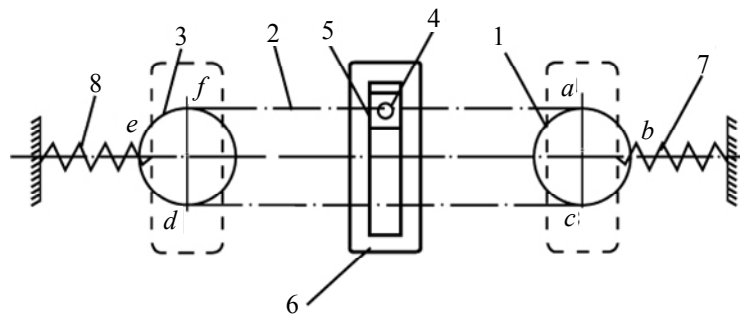


Рис. 2. Розрахункова схема приводу рукавичного автомату з накопичувачами-компенсаторами енергії: 1 — ведуча зірочка; 2 — ланцюг; 3 — ведена зірочка; 4 — палець; 5 — повзун; 6 — проміжна каретка; 7, 8 — накопичувачі-компенсатори енергії (пружини стиску)

Наявність пружин стиску 7, 8 (рис. 2) призводить до накопичення енергії пружин при переході пальця з прямолінійної ділянки траєкторії руху ланцюга 2 на криволінійну і віддачі енергії механічній системі приводу при русі пальця з криволінійної ділянки траєкторії на прямолінійну. Конструкція приводу виконана таким чином, що взаємодія пружини 7 з проміжною кареткою 6 починається при підході до точки  $a$  траєкторії, а пружини 8 з проміжною кареткою 6 — при підході пальця до точки  $d$  траєкторії.

При русі пальця на дільниці  $a-b$  зірочки 1 сила інерції використовується на стиск пружини 7, накопичуючи в ній енергію. При виведенні кареток і повзуна з пальцем із положення спокою (точка  $b$ ) і до моменту досягнення сталої швидкості руху (дільниця  $b-c$ ) накопичена енергія пружини 7 використовується на подолання сили інерції мас кареток. Аналогічний процес відбувається на дільниці огинання ланцюга 2 веденої зірочки 3 (ділянка траєкторії  $d-e-f$ ).

**Результати.** Визначимо необхідну жорсткість пружини стиску, що виконує роль накопичувача-компенсатора енергії. Очевидно при введенні до складу привода рукавичного автомату пружин стиску навантаження, що діє зі сторони пальця на ланцюг, може бути визначено з умови

$$F = F_i - F_{\text{пр}} - F_{\text{тр}}, \quad (5)$$

де  $F$  — сила, що діє на палець (динамічне навантаження);

$F_{\text{пр}}$  — сила пружини (накопичувача-компенсатора енергії);

$F_{\text{тр}}$  — сумарні сили тертя руху кареток по направляючим.

З метою спрощення рішення поставленого завдання силами тертя  $F_{\text{тр}}$  можна знехтувати (заміри показали, що для рукавичного автомату типу ПА  $F_{\text{тр}} \leq 25,0$  Н, що становить приблизно 14 % від максимальної величини сили інерції). Тоді рівняння (5) приймає вид

$$F = F_i - F_{\text{пр}}.$$

Очевидно максимальний ефект використання накопичувачів-компенсаторів енергії досягається при виконанні умови

$$F_i = F_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Оскільки в якості накопичувача-компенсатора використовується пружина стиску циліндричної форми,

$$F_{\text{пр}} = CX = CR \sin \alpha = CR \sin \omega t. \quad (7)$$

Після підстановки (4) і (7) в рівняння (6)

$$mR\omega^2 \sin \omega t = CR \sin \omega t.$$

Звідси можна визначити необхідну жорсткість пружини стиску:

$$C = m\omega^2 = \frac{mV^2}{R^2}.$$

При використанні пружин стиску, що виконують роль накопичувачів-компенсаторів енергії, в приводі рукавичного автомату ПА-8-33 жорсткість кожної пружини (при роботі рукавичного автомату в режимі в'язання)

$$C = \frac{17,5 \cdot 0,84^2}{(92,97 \cdot 10^{-3})^2} = 2319 \text{ Н/м.}$$

**Висновки.** Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

— специфіка конструкції привода рукавичних автоматів типу ПА зумовлює появу в них значних динамічних навантажень, зумовлених зворотно-поступальним рухом проміжної і в'язальної кареток (в рукавичному автоматі ПА-8-33 максимальна величина динамічних навантажень досягає 169,2 Н);

— зниження динамічних навантажень може бути досягнуто шляхом встановлення в приводі рукавичного автомату накопичувачів-компенсаторів енергії, в якості яких доцільно використовувати циліндричні пружини стиску (або розтягу);

— отримана залежність, що дозволяє визначити необхідну жорсткість пружин стиску (накопичувачів-компенсаторів енергії), при якій динамічні навантаження, зумовлені інерційністю мас кареток, можуть бути практично повністю ліквідовані;

— для рукавичного автомату ПА-8-33 жорсткість пружин, необхідна для практично повної ліквідації динамічних навантажень, зумовлених зворотно-поступальним рухом кареток, повинна дорівнювати 2319 Н/м.

**Література**

1. Піпа, Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин: монографія / Б.Ф. Піпа; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. — К.: КНУТД, 2008. — 416 с.
2. Чабан, В.В. Динаміка основов'язальних машин: монографія / В.В. Чабан, Л.А. Бакан, Б.Ф. Піпа; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. — К.: КНУТД, 2012. — 286 с.
3. Параска, Г.Б. Стабілізація натягу ниток основи на в'язальних машинах: монографія / Г.Б. Параска. — Хмельницький: ХНУ, 2012. — 275 с.

**References**

1. Pipa, B.F. (2008). *Dynamics of Knitting Mechanisms of Circular-Knitting Machines*. Kyiv: Kyiv National University of Technologies and Design.
2. Chaban, V.V., Bakan, L.A. and Pipa, B.F. (2012). *Dynamics of Warp-Knitting Machines*. Kyiv: Kyiv National University of Technologies and Design.
3. Paraska, G.B. (2012). *Stabilization of the Tension of Warp Threads on Knitting Machines*. Khmelnytskyi: Khmelnytskyi National University.

**АНОТАЦІЯ / АННОТАЦІЯ / ABSTRACT**

*В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан. Динамічні навантаження в рукавичному автоматі, зумовлені зворотно-поступальним рухом кареток, та їх зниження.* Стаття присвячена аналізу динамічних навантажень, що виникають в рукавичному автоматі при зворотно-поступальному русі в'язальної та проміжної кареток. Запропоновано метод знаходження максимуму динамічних навантажень в приводі кареток рукавичного автомата. Відмічено, що зниження динамічних навантажень може бути досягнуто шляхом встановлення в приводі накопичувачів-компенсаторів енергії, в якості яких доцільно використовувати циліндричні пружини стиску. Отримана залежність, що дозволяє визначити необхідну жорсткість пружин стиску (накопичувачів-компенсаторів енергії), при якій динамічні навантаження, зумовлені інерційністю мас кареток, можуть бути практично повністю ліквідовані.

*Ключові слова:* рукавичний в'язальний автомат, привід кареток рукавичного автомата, динамічні навантаження, накопичувач-компенсатор енергії.

*В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, А.В. Чабан. Динамические нагрузки в перчаточном автомате, обусловленные возвратно-поступательным движением кареток, и их снижение.* Статья посвящена анализу динамических нагрузок, возникающих в перчаточном автомате при возвратно-поступательном движении вязальной и промежуточной кареток. Предложен метод определения максимума динамических нагрузок в приводе кареток перчаточного автомата. Отмечено, что снижение динамических нагрузок может быть достигнуто путем установки в приводе накопителей-компенсаторов энергии, в качестве которых целесообразно использовать цилиндрические пружины сжатия. Получена зависимость, позволяющая определить необходимую жесткость пружин сжатия (накопителей-компенсаторов энергии), при которой динамические нагрузки, обусловленные инерционностью масс кареток, могут быть практически полностью ликвидированы.

*Ключевые слова:* перчаточный вязальный автомат, привод кареток перчаточного автомата, динамические нагрузки, накопитель-компенсатор энергии.

*V.V. Chaban, B.F. Pipa, O.V. Chaban. Dynamic loads in the glove machine due to the carriages reciprocating motion and the dynamic load reduction.* This research is devoted to analyzing the dynamic loads generated in the glove machine at reciprocating motion of knitting and intermediate carriages. Proposed is a method for determining the maximum dynamic loads in the glove machine carriages' drive. It is noted that the dynamic loads reduction can be achieved by equipping the drive with energy accumulation and compensation units, in which quality it is expedient to use the cylindrical compression springs. The obtained dependence allows to determine the necessary stiffness of compression springs (energy accumulating and compensating units), at which the dynamic loads due to the carriages masses' inertia can be almost completely eliminated.

*Keywords:* glove knitting machine, glove machine carriages drive, dynamic loads, energy accumulating and compensating device.

Рецензент д-р техн. наук., проф. Одес. нац. політехн. ун-та Сур'янінов М.Г.

Надійшла до редакції 5 листопада 2014 р.