

УДК 677.055

МУЗИЧИШИН С.В., КОВАЛЬОВ Ю.А., ПІПА Б.Ф.  
Київський національний університет технологій та дизайну

### ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ З РАДІАЛЬНИМИ ПЛОСКИМИ ПРУЖИНАМИ

**Мета.** Розробка методу вибору параметрів пристрою зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин та автоматів з пакетами радіальних плоских пружин.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень теорії міцності та пружності механічних систем з метою оцінки працездатності демпфіруючого пристрою з радіальними плоскими пружинами в разі використання його в приводі в'язальних машин та автоматів.

**Результати.** На основі аналізу ефективності використання демпфіруючих пристроїв для зниження динамічних навантажень в приводах механічних систем запропоновано нову конструкцію привода рукавичного автомата з демпфіруючим пристроєм, що містить пружну муфту з пакетами радіальних плоских пружин, та метод вибору його раціональних параметрів. Оснащення привода рукавичного автомата таким пристроєм дозволяє ефективно знизити динамічні навантаження, що виникають під час пуску. Виконані розрахунки підтверджують працездатність та ефективність використання демпфіруючого пристрою з пружною муфтою з пакетами радіальних плоских пружин в приводі рукавичного автомата. Аналіз досліджень показує, що одержані результати можуть бути використані при удосконаленні діючих та розробці нових типів приводів як в'язальних машин і автоматів, так і машин загального призначення.

**Наукова новизна.** Розвиток наукових основ та інженерних методів проектування приводів в'язальних машин та автоматів.

**Практична значимість.** Розробка нової конструкції привода рукавичного автомата з демпфіруючим пристроєм зниження динамічних навантажень з радіальними плоскими пружинами та методу вибору його раціональних параметрів.

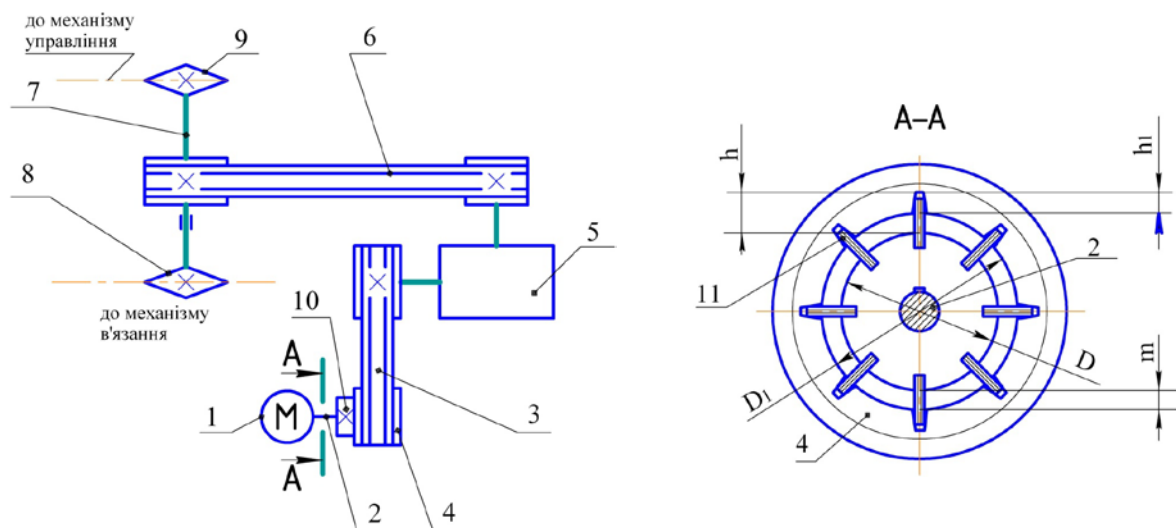
**Ключові слова:** привід рукавичного автомата, динамічні навантаження привода, пристрій зниження динамічних навантажень, пружна муфта, плоска пружина.

**Вступ.** Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності роботи в'язального обладнання, в тому числі і рукавичних автоматів, є зниження динамічних навантажень, що виникають під час несталого режиму роботи [1-3]. Дослідження [4-6] показують, що динамічні навантаження суттєво впливають як на довговічність роботи в'язальних машин та автоматів, так і на якість продукції, що випускається. Тому проблема зниження динамічних навантажень в механізмах в'язальних машин та автоматів є актуальною та своєчасною. Виходячи з цього, при проектуванні вказаного обладнання в першу чергу слід приділяти увагу зниженню динамічних навантажень в їх механізмах. Вирішення цієї проблеми без удосконалення конструкції приводів машин та автоматів неможливе.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність проблеми підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів, завданням досліджень є розробка нової конструкції привода, здатної знизити динамічні навантаження, та інженерного методу вибору раціональних параметрів пристрою зниження динамічних навантажень з пакетами радіальних плоских пружин.

**Результати дослідження.** Специфікою роботи рукавичного автомата є значні динамічні навантаження, що виникають у приводі в період його пуску [1, 5]. При цьому динамічні навантаження в 3 і більше разів перевищують статичні навантаження привода, що є однією з основних причин зниження довговічності роботи рукавичного автомата та якості виробів.

На основі виконаних досліджень автори пропонують нову конструкцію привода рукавичного автомата типу ПА з пристроєм зниження динамічних навантажень (ПЗДН), що містить демпфіруючий пристрій (пружну муфту) з пакетами радіальних плоских пружин (рис. 1).



**Рис. 1.** Кінематична схема рукавичного автомату з демпфіруючим пристроєм

Оснащення привода рукавичного автомата демпфіруючим пристроєм з пружними елементами, виконаними у вигляді радіальних пакетів плоских пружин, за допомогою яких вал електродвигуна з'єднаний з ведучим шківом, дозволяє здійснювати пуск рукавичного автомата при зниженому пусковому моменту електродвигуна, що призводить до зниження пускових динамічних навантажень і, як наслідок, до підвищення надійності та довговічності роботи привода і рукавичного автомата в цілому.

Привід (рис. 1) містить електродвигун 1 з валом 2, клинопасову передачу 3 з ведучим шківом 4, встановленим на валу електродвигуна, редуктор 5, другу клинопасову передачу 6, та приводний вал 7 з жорстко закріпленими на його кінцях зірочками 8, 9 ланцюгових передач механізмів в'язання та управління відповідно, та демпфіруючий пристрій 10 з пружними елементами 11, виконаними у вигляді пакетів радіальних плоских пружин, за допомогою яких вал електродвигуна з'єднаний з ведучим шківом 4.

Принцип роботи привода полягає в наступному. При пуску рукавичного автомата пусковий момент електродвигуна, знижений деформацією пружних елементів демпфіруючого пристрою (ПЗДН), передається ведучому шківу 4. За допомогою пружних елементів 11, що з'єднують вал електродвигуна з ведучим шківом, та клинопасової передачі 3 обертальний рух вала електродвигуна передається редуктору 5. Обертальний рух вихідного вала редуктора за допомогою клинопасової передачі 6 передається приводному валу 7 із закріпленими на ньому зірочками 8 та 9, обертання яких приводить в рух механізми в'язання та управління, що характеризує собою пуск рукавичного автомата. Завдяки зниженню демпфіруючим пристроєм 10 пускового моменту електродвигуна досягається зниження динамічних навантажень привода рукавичного автомата, що призводить до підвищення довговічності його роботи.

ПЗДН має також можливість працювати як запобіжний засіб. При перевантаженні привода рукавичного автомата, зумовленого тими чи іншими обставинами, пружні елементи, деформуючись, вискакують з пазів ведучого шківа, внаслідок чого відбувається захист приводу від перевантаження. При усуненні перевантаження пакети радіальних плоских пластин входять в пази ведучого шківа, займаючи початкове положення. Якщо перевантаження не усунулось, відбувається багатоциклове спрацювання муфти як запобіжної.

Аналіз процесу пуску рукавичного автомата за наявності в його складі ПЗДН показав, що при ввімкненні електродвигуна, його пусковий момент спочатку витрачається на деформацію плоских пружини. При цьому момент сил пружності пружин створює попереднє напруження пружних в'язів привода. При досягненні максимальної деформації пакетів радіальних плоских пластин (сумарна жорсткість пакетів пружин повинна бути підібрана таким чином, щоб їх максимальний момент забезпечував максимальне зниження пускових навантажень в приводі рукавичного автомата) їх момент пружності приводить в рух усі маси рукавичного автомата одночасно.

З метою оцінки раціональності конструкції ПЗДН та можливості використання його в приводі рукавичного автомата типу ПА, визначимо основні параметри ПЗДН.

Основні розміри ПЗДН доцільно вибирати із наступних умов (рис. 1):

$$D = (1,5 \dots 2,0)d, D_1 = D + 2m; m = (0,5 \dots 1,5)d; b = (5 \dots 10)\text{мм}; \\ \delta = (0,5 \dots 1,0)\text{мм}; z = 4 \dots 8; h = m + h_1; h_1 = (5 \dots 20)\text{мм}, \quad (1)$$

де  $D$  - зовнішній діаметр півмуфти в зоні кріплення пакетів пластин;

$d$  - діаметр ведучого валу, на якому встановлюється ПЗДН;

$D_1$  - внутрішній діаметр веденої півмуфти в зоні взаємодії її з пластинами;

$m$  - радіальний зазор між півмуфтами;

$b, \delta$  - ширина та товщина пластини відповідно;

$z, h$  - число пакетів пластин та їх робоча довжина відповідно;

$h_1$  - довжина кінця пластини, розташованого в пазу веденої півмуфти.

Сила, що діє на один пакет пластин знаходиться із умови:

$$F_0 = \frac{2T}{z(D + 2h)}, \quad (2)$$

де  $T$  - номінальний крутний момент ПЗДН.

Використовуючи умову міцності пластин на згин, знаходимо їх кількість  $k$  в пакеті:

$$k = \frac{6F_0 h}{b \delta^2 [\sigma]_{32}}, \quad (3)$$

де  $[\sigma]_{32}$  - допустиме напруження на згин матеріалу пластини.

Перевірка пластин на згин, враховуючи максимальне навантаження ПЗДН, виконується із умови [7]:

$$\sigma_{32} = \frac{12T_{max}(h-h_1)}{zD_1 k b \delta^2} \leq [\sigma]_{32}, \quad (4)$$

де  $\sigma_{32}$ ,  $[\sigma]_{32}$  - робоче та допустиме напруження згину пластин відповідно;

$T_{max}$  - максимальний момент, що діє на пружні елементи ПЗДН в період пуску.

Максимальна стріла прогину  $f_{max}$  робочого кінця пластини в момент пуску в'язальної машини або автомата знаходиться із умови:

$$f_{max} = \frac{F_{max} h^2}{3EJk} = \frac{2T_{max} h^2}{3z(D+2h)EJk}, \quad (5)$$

де  $E$  - модуль пружності матеріалу пластини;

$J$  - момент інерції пластини,  $J = b\delta^3 / 12$ .

Кут взаємного повороту півмуфт  $\varphi$ , зумовлений прогином пластин при пуску:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{2f_{max}}{D+2h}. \quad (6)$$

Кут між дотичною до пружної лінії пластини та її віссю  $\beta$  знаходиться із умови:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{F_{max} h^2}{2EJk} = \operatorname{arctg} \frac{T_{max} h^2}{z(D+2h)EJk}. \quad (7)$$

Тоді кут трапецевидного вирізу  $\alpha$  веденої півмуфти (ведучого шків) в зоні розміщення пластин:  $\alpha = \beta - \varphi = \operatorname{arctg} \frac{T_{max} h^2}{z(D+2h)EJk} - \operatorname{arctg} \frac{2f_{max}}{D+2h}$ . (8)

Враховуючи одержані залежності знайдемо параметри ПЗДН, в разі використання його в приводі рукавичного автомата ПА-8-33, для якого:  $T = 2,5$  Нм;  $T_{max} = 6,14$  Нм [5].

Враховуючи характеристику електродвигуна привода рукавичного автомата [8] та залежності (1), признаємо:  $D = 40$  мм;  $D_1 = 80$  мм;  $b = 5$  мм;  $\delta = 0,5$  мм;  $z = 4$ ;  $h = 30$  мм;  $h_1 = 10$  мм;  $m = 20$  мм.

Перевіримо працездатність запропонованого ПЗДН з пружними елементами, виконаними із сталі 60С2А, для якої  $[\sigma]_{32} = 1300$  МПа,  $E = 2,15 \cdot 10^5$  МПа [7].

Знайшовши із виразу (2)  $F_0 = 12,5$  Н, знаходимо необхідну кількість пластин в пакеті, використовуючи (3),  $k = 1,4$ . Приймаємо із конструктивних міркувань  $k = 3$ .

При вибраних параметрах ПЗДН робоче напруження згину пластин, згідно (4), становить  $\sigma_{32} = 1228$  МПа. Оскільки для пружинної сталі 60С2А  $[\sigma]_{32} = 1300$  МПа, умова працездатності пружних елементів та ПЗДН в цілому виконується.

Отримані результати свідчать про можливість використання запропонованого ПЗДН в складі привода рукавичного автомата типу ПА.

**Висновки.** Виконані дослідження показують наступне:

- запропонований привід рукавичного автомата з ПЗДН, що містить пакети радіальних плоских пружин, здатен суттєво підвищити ефективність роботи рукавичних автоматів та якість виробів;
- виконані розрахунки підтверджують працездатність та доцільність використання привода рукавичного автомата з ПЗДН;
- запропонований метод вибору параметрів ПЗДН з пакетами радіальних плоских пружин може бути використаний при удосконаленні діючих та розробці нових типів приводів як в'язальних машин і автоматів, так і машин загального призначення.

#### Список використаних джерел

1. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Присяжнюк П.А. Наладка и эксплуатация плосковязальных трикотажных машин. – К.: Техніка, 1983. – 136 с.
3. Шляхова Э.Н., Иванов Н.А., Исопенко Р.Н. Новое оборудование перчаточного производства. – Л.: Легкая индустрия, 1978. – 96с.
4. Пипа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
5. Хомяк О.М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
6. Пипа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2003. – 208 с.
7. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.
8. Автомат перчаточный марки ПА–8–33. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.– Черновцы: 1987, 89 с.

#### ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК С РАДИАЛЬНЫМИ ПЛОСКИМИ ПРУЖИНАМИ

МУЗЫЧИШИН С.В., КОВАЛЬОВ Ю.А., ПИПА Б.Ф.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода выбора параметров устройства снижения динамических нагрузок в приводе вязальных машин и автоматом с пакетами радиальных плоских пружин.

**Методика.** Используются современные методы исследований теории прочности и упругости механических систем с целью оценки работоспособности демпфирующего устройства с радиальными плоскими пружинами в случае использования его в приводе вязальных машин и автоматом.

**Результаты.** На основе анализа эффективности использования демпфирующих устройств для снижения динамических нагрузок в приводах механических систем предложена новая конструкция привода перчаточного автомата с демпфирующим

устройством, содержащим упругую муфту с пакетами радиальных плоских пружин, и метод выбора его рациональных параметров. Оснащение привода перчаточного автомата таким устройством позволяет эффективно снизить динамические нагрузки, возникающие при пуске. Выполненные расчеты подтверждают работоспособность и эффективность использования демпфирующего устройства с упругой муфтой с пакетами радиальных плоских пружин в приводе перчаточного автомата. Анализ исследований показывает, что полученные результаты могут быть использованы при усовершенствовании действующих и разработке новых типов приводов как вязальных машин и автоматов, так и машин общего назначения.

**Научная новизна.** Развитие научных основ и инженерных методов проектирования приводов вязальных машин и автоматов.

**Практическая значимость.** Разработка новой конструкции привода перчаточного автомата с демпфирующим устройством снижения динамических нагрузок с радиальными плоскими пружинами и метода выбора его рациональных параметров.

**Ключевые слова:** *привод перчаточного автомата, динамические нагрузки привода, устройство снижения динамических нагрузок, упругая муфта, плоская пружина.*

## CHOICE OF PARAMETERS OF DEVICE OF DECLINE OF RUN-TIME LOADING WITH RADIAL FLAT SPRINGS

MUSITHISEN S.W., KOVALEV Y.A., PIPA B.F.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Aim.** Development of method of choice of parameters of device of decline of the run-time loading in the drive of knittings machines and automats with the packages of radial flat springs.

**Methodology.** The modern methods of researches of theory of durability and resiliency of the mechanical systems are used with the purpose of estimation of capacity of snubber with radial flat springs in case of the use of him in the drive of knittings machines and automats.

**Results.** On the basis of analysis of efficiency of the use of snubbers for the decline of the run-time loading in the drives of the mechanical systems the new construction of drive of glove automat is offered with a snubber, containing a resilient muff with the packages of radial flat springs, and method of choice of its rational parameters. Equipment of drive of glove automat allows effectively to reduce the run-time loading, arising up at starting such device. The executed calculations confirm a capacity and efficiency of the use of snubber with a resilient muff with the packages of radial flat springs in the drive of glove automat. The analysis of researches shows that the got results can be drawn on at the improvement of operating and development of new types of drives of both knittings machines and automats and machines of general purpose.

**Scientific novelty.** Development of scientific bases and engineering methods of planning of drives of knittings machines and automats.

**Practical meaningfulness.** Development of new construction of drive of glove automat with the snubber of decline of the run-time loading with radial flat springs and method of choice of its rational parameters.

**Keywords:** *drive of glove automat, run-time loading of drive, device of decline of the run-time loading, resilient muff, flat spring.*