

## ВПЛИВ ПУСКОВОГО МОМЕНТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДА РУКАВИЧНОГО АВТОМАТУ ТИПУ ПА

*Ефективність роботи рукавичного автомата в значній мірі залежить від досконалості його привода, зокрема здатності привода зменшити динамічні навантаження, зумовлені несталом режимом його роботи (пуском та ін.) Враховуючи це, стаття присвячена аналізу впливу пускового моменту електродвигуна на динамічні навантаження привода рукавичного автомата типу ПА та удосконаленню привода з метою зниження динамічних навантажень. Запропоновано нову конструкцію привода з електромагнітною фрикційною муфтою, здатну знизити його динамічні навантаження, та теоретичні основи розрахунку динамічних навантажень привода рукавичного автомата. Запропонований метод динамічного аналізу привода рукавичного автомата дозволяє оцінити ефективність зниження пускового моменту електродвигуна та визначити раціональні його межі. Застосування запропонованого привода рукавичного автомата типу ПА з електромагнітною фрикційною муфтою дозволяє розширити технологічні можливості привода та підвищити ефективність його роботи. Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових моделей рукавичних автоматів та інших типів в'язальних машин.*

*Ключові слова: привід рукавичного автомата, пусковий момент електродвигуна, динамічні навантаження привода, електромагнітна фрикційна муфта.*

B.F. PIPA, A.V. CHABAN

Kyiv National University of Technology and Design

### INFLUENCE OF STARTING MOMENT OF ELECTRIC MOTOR ON THE DYNAMIC LOADING OF DRIVE OF GLOVE AUTOMAT OF TYPE OF PA

*Efficiency of work of glove automat largely depends on perfection of his drive, in particular from ability of drive to decrease the dynamic loading, caused by the unset his office (starting of and other) hours, Taking into account it, the article is sanctified to the analysis of influence of starting moment of electric motor on the dynamic loading of drive glove to the automat of type of STEP and improvement of drive with the purpose of decline of the dynamic loading. The new construction of drive with an electromagnetic friction muff, able to reduce his dynamic loading, and theoretical bases of calculation of the dynamic loading of drive of glove automat, is offered. The offered method of dynamic analysis of drive of glove automat allows to estimate efficiency of decline of starting moment of electric motor and define his rational limits. Application of the offered drive of glove automat of type of STEP with an electromagnetic friction muff allows to extend technological possibilities of drive and promote efficiency of his work. The results of researches can be drawn on at development of new models of glove automats and other types of knittings machines.*

*Keywords: drive of glove automat, starting moment of electric motor, dynamic loading of drive, electromagnetic friction muff.*

Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи в'язальних машин, в тому числі і рукавичних автоматів, є зниження динамічних навантажень, що виникають під час несталого режиму роботи (пуск, гальмування, перемикання механізмів та ін.). Дослідження [1-4] 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 є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування. Для розв'язання цієї проблеми важливим є розробка нових конструкцій приводів рукавичних автоматів, здатних знизити динамічні навантаження. Проте відсутність наукових основ і інженерних методів проектування таких приводів стримує вирішення існуючої проблеми.

#### **Об'єкт та методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрано динаміку приводів рукавичних автоматів типу ПА та оцінку впливу пускового моменту електродвигуна на зниження динамічних навантажень привода. При вирішенні поставлених задач були використані сучасні методи теорій динаміки механічних систем з пружними елементами, пружності, опору матеріалів та теорії проектування в'язальних машин та автоматів.

#### **Постановка завдання**

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів (підвищення продуктивності автоматів та якості виробів) шляхом удосконалення привода, стаття присвячена аналізу динаміки привода рукавичного автомата типу ПА та розробці конструкції привода, здатного знизити динамічні навантаження, зумовлені режимом його пуску.

#### **Результати та їх обговорення**

Аналіз існуючих конструкцій приводів рукавичних автоматів [1-5] показує, що з метою аналізу впливу параметрів рукавичного автомата його реальну конструкцію можливо представити у вигляді тримасової динамічної моделі. Однак для нашого випадку, коли мова йдеться про аналіз впливу пускового моменту електродвигуна на динамічні навантаження привода, враховуючи, що співвідношення клинопасових передач 2, 4 привода (рис. 1) значно перевищує 10 (приведена до валу електродвигуна жорсткість вказаних клинопасових передач становить 736 Нм/рад та 2,0 Нм/рад [2] відповідно) рукавичний автомат типу ПА (ПА-8-33), згідно з рекомендаціями [6], можливо представити двомасовою динамічною моделлю з параметрами:

$$T_1 = 6,14 \text{ Нм}; T_2 = 2,5 \text{ Нм}; J_1 = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}^2; J_2 = 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}^2; C_{12} = 2,0 \text{ Нм/рад}, \quad (1)$$

де  $T_1$  - пусковий момент електродвигуна привода;  
 $T_2$  - момент сил опору механізмів рукавичного автомата;  
 $J_1$  - момент інерції ведучої маси привода (ротор електродвигуна, перша клинопасова передача, редуктор, ведучий шків другої клинопасової передачі);  
 $J_2$  - момент інерції веденої маси (інші механізми рукавичного автомата);  
 $C_{12}$  - жорсткість клинових пасів другої клинопасової передачі привода.

Згідно з [6], максимальна величина динамічних навантажень  $T_{12max}$ , що виникають в приводі рукавичного автомата (пружній в'язі  $C_{12}$ ) під час пуску, становить:

$$T_{12max} = C + a, \tag{2}$$

де

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}; \tag{3}$$

$A, B$  - постійні інтегрування;

$a$  - постійна складова моменту сил пружності.

Для нашого випадку (двомасова динамічна модель) [6]:

$$A = T_2 - T_1; \quad B = \frac{\mathcal{R}_{(12)t_1}}{b}, \tag{4}$$

де

$$\mathcal{R}_{(12)t_1} = T_{(12)0} = T_1 \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \sin\left(\sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} t_1\right); \tag{5}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{J_1}{C_{12}}} \arccos\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \tag{6}$$

$$b = \sqrt{\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}}; \tag{7}$$

$$a = \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \tag{8}$$

Підставивши одержані результати в рівняння (2), знаходимо:

$$T_{12max} = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \left[ \frac{T_1 \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \sin\left\{ \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \cdot \sqrt{\frac{J_1}{C_{12}}} \arccos\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \right\}}{\sqrt{\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}}}} \right]^2} + \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \tag{9}$$

Після перетворень вираз (9) остаточно приймає вигляд:

$$T_{12max} = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \frac{T_1^2 J_2 \sin^2\left[\arccos\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)\right]}{J_1 + J_2}} + \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \tag{10}$$

Оскільки задачею досліджень є аналіз впливу пускового моменту електродвигуна на динамічні навантаження привода рукавичного автомата, підставивши його параметри ( $T_2 = 2,5$  Нм;  $J_1 = 5,1 \cdot 10^{-3}$  кгм<sup>2</sup>;  $J_2 = 0,38 \cdot 10^{-3}$  кгм<sup>2</sup> [2]) в рівняння (10), маємо:

$$T_{12max} = \sqrt{(2,5 - T_1)^2 + \frac{0,38 T_1^2 \sin^2\left[\arccos\left(1 - \frac{2,5}{T_1}\right)\right]}{5,48}} + \frac{0,38 T_1 + 12,75}{5,48}. \tag{11}$$

Використовуючи одержану залежність (11), оцінимо вплив пускового моменту електродвигуна на величину пускових динамічних навантажень привода. Враховуючи, що для рукавичного автомата ПА-8-33  $T_1 = T_{1max} = 6,14$  Нм, та прийнявши можливе зниження пускового моменту електродвигуна до величини  $T_1 = T_{1min} = 1,1 \cdot T_2 = 1,1 \cdot 2,5 = 2,75$  Нм, з виразу (11) знаходимо:  $T_{12max} = 6,62$  Нм;  $T_{12min} = 3,28$  Нм.

Таким чином існує реальна можливість шляхом зниження пускового моменту електродвигуна знизити динамічні навантаження рукавичного автомата типу ПА практично в 2 рази.

Для реалізації цього висновку автори пропонують модернізувати привід рукавичного автомата

шляхом оснащення його електромагнітною фрикційною муфтою (рис. 1). При цьому пропонується електромагнітна фрикційна муфта з електромагнітом, що містить обмотку з двома секціями, встановлену на валу електродвигуна, що дозволяє здійснювати пуск рукавичного автомата шляхом вмикання електромагнітної фрикційної муфти в два етапи: спочатку вмикається лише одна (перша) секція обмотки, а потім, через деяку затримку часу, вмикається друга секція обмотки.

Таким чином при вмиканні першої секції обмотки крутний момент електромагнітної фрикційної муфти здійснює лише попереднє напруження пружних в'язей привода (обертальні маси рукавичного автомата не приходять в рух). При подальшому вмиканні другої секції обмотки відбувається остаточний пуск рукавичного автомата при обмеженому пусковому моменту електродвигуна.

Наявність двох секцій обмотки електромагніту забезпечує здійснення пуску рукавичного автомата в режимі попереднього напруження пружних в'язей привода та обмеженні пускового моменту електродвигуна, що призводить до ефективного зниження пускових динамічних навантажень рукавичного автомата [6].

Запропонований привід рукавичного автомата містить електродвигун 1, з'єднаний з ведучим шківом клинопасової передачі 2, що з'єднує електродвигун 1 з редуктором 3. На вихідному валу редуктора 3 закріплений ведучий шків клинопасової передачі 4, що кінематично з'єднує редуктор 3 із приводним валом 5, на кінцях якого жорстко закріплені зірочки 6 і 7 ланцюгових передач механізмів рукавичного автомата. До складу привода входить електромагнітна фрикційна муфта 8, що містить ведучу півмуфту 9 з дисками 10, встановлену на валу електродвигуна 1 з можливістю осевого переміщення, ведена півмуфта 11 з дисками 12, жорстко з'єднану з ведучим шківом клинопасової передачі 2, та електромагніт 13 з обмоткою, що містить дві секції: першу 14 і другу 15.

Принцип роботи привода полягає в наступному. Одночасно з вмиканням електродвигуна 1 вмикається перша секція 14 обмотки електромагніту 13. Вал електродвигуна 1 починає обертатися. При цьому ведуча півмуфта 9 з дисками 10 під дією сили електромагніту 13 притискується до дисків 12 веденої півмуфти 11. Момент сил тертя, що виникає в зоні взаємодії дисків 10 з дисками 12, здійснює попереднє напруження пружних в'язей привода та вибір зазорів в його передачах (сили електромагніту 13, в якому підключена лише перша секція 14 обмотки недостатньо для остаточного пуску рукавичного автомата і ведучий шків клинопасової передачі 2 не приходять в обертальний рух). Подальше вмикання другої секції 15 обмотки електромагніту 13 призводить до збільшення моменту електромагнітної фрикційної муфти, що змушує ведену півмуфту 11, а з нею і ведучий шків клинопасової передачі 2 прийти в обертальний рух. Обертальний рух ведучого шківа клинопасової передачі 2 передається ведучому валу редуктора 3 і далі за допомогою клинопасової передачі 4 приводному валу 5, на кінцях якого жорстко закріплені зірочки 6 і 7. Зірочки 6, 7 приводять в рух механізми рукавичного автомата, що необхідно для в'язання виробів. Виникаючі при цьому пускові динамічні навантаження в результаті попереднього напруження передач привода та обмеження пускового моменту електродвигуна суттєво знижуються. Як показують вищенаведені розрахунки, при запропонованій модернізації привода рукавичного автомата ПА-8-33 його пускові динамічні навантаження знижуються в 2 і більше разів.

### Висновки

Аналіз впливу пускового моменту електродвигуна на динамічні навантаження привода рукавичного автомата показує, що пусковий момент суттєво впливає на величину динамічних навантажень.

Зниження пускового моменту електродвигуна привода в допустимих межах дозволяє знизити динамічні навантаження рукавичного автомата ПА-8-33 в 2 рази.

Запропонований метод динамічного аналізу привода рукавичного автомата дозволяє оцінити ефективність зниження пускового моменту електродвигуна та визначити раціональні його межі.

Застосування запропонованого привода рукавичного автомата типу ПА з електромагнітною фрикційною муфтою дозволяє розширити технологічні можливості привода та підвищити ефективність його роботи.

Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових моделей рукавичних автоматів

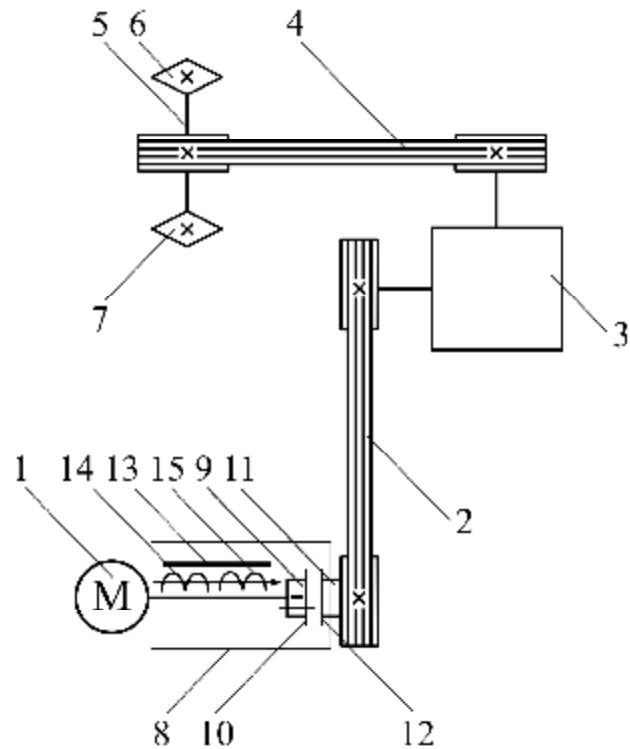


Рис. 1. Кінематична схема рукавичного автомата ПА-8-33 з електромагнітною фрикційною муфтою

та інших типів в'язальних машин.

### Литература

1. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин.– М.: Легпромиздат, 1990, 208 с.
2. Хомяк О.М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
3. Присяжнюк П.А. Наладка и эксплуатация плосковязальных трикотажных машин.– К.: Техніка, 1983, 136 с.
4. Шляхова Э.Н., Иванов Н.А., Исопенко Р.Н. Новое оборудование перчаточного производства.–Л.: Легкая индустрия, 1978, 96с.
5. Автомат перчаточный марки ПА–8–33. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.– Черновцы: 1987, 89 с.
6. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.

Рецензія/Peer review : 19.9.2015 р.

Надрукована/Printed :2.11.2015 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. А.С. Зенкін

УДК 667.64:678.026

А.В. БУКЕТОВ, А.В. АКИМОВ, Д.А. ЗИНЧЕНКО  
Херсонская государственная морская академия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДИАНОВОЙ СМОЛЫ, ОТВЕРЖДЕННОЙ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИНОМ, С ДОБАВЛЕНИЕМ ПЛАСТИФИКАТОРА–АНТИПИРЕНА ТРИХЛОРЭТИЛФОСФАТА

*В работе было проведено исследование физико-механических свойств эпоксидиановой смолы, отверждаемой полиэтиленполиамином с добавлением пластификатора трихлорэтилфосфата, который является антипиреном и позволяет обеспечить снижение горючести полученного композиционного материала. В результате анализа полученных данных выбрана оптимальная концентрация пластификатора и температура, при которой происходит шивание материалов с улучшенными физико-механическими свойствами и пониженной горючестью.*

*Ключевые слова: эпоксидный композит, полимер, полиэтиленполиамин, трихлорэтилфосфат, физико-механические свойства.*

A.V. BUKETOV, A.V. AKIMOV, D.A. ZINCHENKO  
Kherson state maritime academy

## STUDY PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON EPOXY RESIN SOLIDIFICATION WITH POLIETILENPOLIAMIN THE ADDITION OF PLASTICIZER-ANTIPYRENE TRICHLOROETHYL PHOSPHATE

*Abstract – The aim of the research – to obtain thermosetting epoxy resin ED-20 is a low viscosity at a controlled rate of curing, the polymerization can form a structure providing improved physical and mechanical properties of materials and the transition to class nonflammable. Creation of polymer materials with reduced flammability and improved physical and mechanical properties (resilience, elastic modulus and flexural strength) that are used to protect mechanical and power equipment is the most time consuming and problematic task. It's not just search for the best flame retardant for the material and reducing its flammability, as well as the preservation and improvement of the whole complex of properties of the polymer.*

*Thus, an analysis of the data selected optimum concentration of the plasticizer and the temperature at which the crosslinking material with improved physical and mechanical properties and reduced flammability*

*Keywords: epoxy composite polimer, polyethylene polyamide, trichloroethyl phosphate, physical and mechanical properties.*

### Постановка проблеми

К наиболее широко применяемым терморезактивным связующим относятся эпоксидные полимеры. Такие материалы имеют сложную трехмерную молекулярную структуру, которая обеспечивает полимеру высокую жесткость, хорошую теплостойкость и стойкость к действию агрессивных сред. Между тем, как полимеры, имеющие сетчатую структуру, они характеризуются невысокой ударной устойчивостью и низким сопротивлением к трещинообразованию [1, 2]. Основными недостатками эпоксидных полимеров являются легкая воспламеняемость и жесткость полимерной цепи, обуславливающая низкие устойчивости к статическому и динамическому изгибу [2, 3].

Для снижения пожарной опасности помимо активных средств предупреждения и защиты от развития очага пожара, в конструции должна использоваться пассивная защита, затрудняющая возникновение и предотвращающая развитие очага пожара, т.е. должны применяться материалы, имеющие низкую пожарную опасность [4, 5]. Таким образом, создание полимерных материалов с пониженной