

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАХОВИКА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПРИВОДІ РУКАВИЧНОГО АВТОМАТУ

Ефективність роботи рукавичного автомата в значній мірі залежить від досконалості його привода, зокрема здатності привода зменшувати динамічні навантаження, що виникають в період несталого режиму руху (пуск, зупинка та ін.). Враховуючи це, стаття присвячена оцінці ефективності використання маховика для зниження динамічних навантажень, що виникають в приводі рукавичного автомата під час пуску. Запропоновано нову конструкцію привода з маховиком та фрикційною муфтою, що з'єднує його з електродвигуном. Приведено розрахунки робочих параметрів маховика і муфти та динамічних навантажень в приводі рукавичного автомата в разі використання маховика. Одержані результати дають змогу оцінити ефективність роботи привода рукавичного автомата з маховиком та вибрати його раціональні параметри.

Ключові слова: рукавичний автомат, привід рукавичного автомата, маховик, фрикційна муфта, динамічні навантаження привода.

B.F. PIPA, A.V. CHABAN

Kyiv National University of Technology and Design

EFFICIENCY OF THE USE OF FLY-WHEEL FOR THE DECLINE OF THE DYNAMIC LOADING IN THE DRIVE OF THE GLOVE AUTOMAT

Efficiency of work of glove automat largely depends on perfection of his drive, in particular capabilities of drive to reduce the dynamic loading, arising up in the period of the unset mode of motion (starting, stop of and other). Taking into account it, the article is sanctified to the estimation of efficiency of the use of fly-wheel for the decline of the dynamic loading, arising up in the drive of glove automat at starting. The new construction of drive is offered with a fly-wheel and friction muff, connecting him with an electric motor. Calculations over of operating parameters of fly-wheel are brought, muff and dynamic loading of drive of glove automat in case of the use of fly-wheel. The got results enable to estimate efficiency of work of drive of glove automat with a fly-wheel and choose his rational parameters.

Keywords: glove automat, drive of glove automat, fly-wheel, friction muff, dynamic loading of drive.

Особливістю приводів існуючих рукавичних автоматів є зворотно-поступальний рух в'язальної та проміжної кареток [1, 2], що призводить до появи значних динамічних навантажень в період несталого режиму руху (пуск, зупинка та ін.) і, таким чином, знижує ефективність їх роботи [3]. Зниження динамічних навантажень привода рукавичних автоматів є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування. Для розв'язання цієї проблеми важливим є розробка нових конструкцій приводів рукавичних автоматів, зокрема приводів з пристроями, здатними ефективно знижувати 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 оцінку ефективності використання маховика для зниження динамічних навантажень в приводі рукавичного автомата. При вирішенні поставлених задач були використані сучасні методи теорій динаміки механічних систем, опору матеріалів та теорії проектування в'язальних машин і автоматів.

Постановка завдання

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів (підвищення продуктивності автоматів та якості виробів) шляхом удосконалення привода, завданням досліджень є аналіз ефективності використання маховика для зниження динамічних навантажень в приводі рукавичного автомата та розробка нової конструкції привода з маховиком, здатного знизити динамічні навантаження, що виникають під час його пуску.

Результати та їх обговорення

Виконані дослідження [4, 5] дозволяють зробити висновок, що одним з рішень зниження динамічних навантажень, які виникають при пуску рукавичного автомату типу ПА, є збільшення моменту інерції ведучої маси привода. Це може бути досягнуто шляхом установки на валу електродвигуна маховика.

Відомі дослідження та рекомендації зі зниження динамічних навантажень в круглов'язальних машинах за рахунок використання в складі привода маховика, що з'єднаний з електродвигуном за допомогою обгінної муфти [6]. Однак таке технічне рішення, на наш погляд, має суттєвий недолік, який полягає в тому, що маховик в процесі роботи машини має постійний жорсткий зв'язок з електродвигуном.

Специфікою рукавичних автоматів є наявність в них механізмів управління, що забезпечують необхідні перемикання швидкості робочих органів, ввімкнення окремих вузлів механізмів та ін., що необхідно для виготовлення того чи іншого елемента виробу (в'язання пальців та інших ділянок рукавички). Наявність на валу електродвигуна маховика, що має значний момент інерції в період роботи в'язальної машини після її пуску є небажаним, оскільки це може призвести до збоїв в роботі механізмів керування, а значить й до зниження продуктивності машини і якості продукції, що випускається.

Задачею даних досліджень є удосконалення технічного рішення, що запропоноване раніше [6], та

аналіз можливості і ефективності використання маховика в рукавичному автоматі типу ПА.

Кінематична схема приводу рукавичного автомата з маховиком, що пропонується авторами, зображена на рис.1.

Привід містить електродвигун 1 на валу якого вільно встановлений маховик 2 з можливістю періодичного з'єднання з ним за допомогою фрикційної дискової електромагнітної муфти 3. На валу електродвигуна також жорстко закріплений ведучий шків клинопасової передачі 4, що кінематично зв'яже електродвигун з редуктором 5. На вихідному валу редуктора 5 жорстко закріплений ведучий шків другої клинопасової передачі 6, що з'єднує редуктор з приводним валом 7, на кінцях якого жорстко закріплені зірочки 8 та 9, що передають рух за допомогою ланцюгових передач механізму в'язання та механізму управління відповідно.

Принцип роботи приводу рукавичного автомата полягає в наступному. Перед ввімкненням електродвигуна 1 вмикається фрикційна муфта 3, що жорстко з'єднує маховик 2 з валом електродвигуна 1. Після цього вмикається електродвигун 1, обертання вала якого за допомогою клинопасової передачі 4, редуктора 5 та другої клинопасової передачі 6 передається приводному валу 7. Жорстко закріплені на кінцях приводного вала 7 зірочки 8, 9 за допомогою ланцюгових передач приводять до руху механізми в'язання та управління, що необхідно для роботи рукавичного автомата. При переході режиму пуску рукавичного автомата в статичний режим його роботи фрикційна муфта 3 вимикає маховик від електродвигуна (наявність на валу електродвигуна маховика, що має значний момент інерції в період роботи рукавичного автомата після його пуску є небажаним, оскільки це може призвести до збоїв в роботі механізму управління, а значить й до зниження продуктивності автомата та якості продукції, що випускається). Подальший режим роботи рукавичного автомата відбувається аналогічно, як і робота відомих рукавичних автоматів. Процес керування ввімкнення та вимкнення фрикційної муфти 3, що забезпечує з'єднання та роз'єднання маховика 2 з валом електродвигуна 1, відбувається автоматично за допомогою схеми керування пуском рукавичного автомата, яка не являє собою технічної складності у здійсненні.

Визначимо необхідні параметри маховика та муфти запропонованого приводу на прикладі рукавичного автомата моделі ПА-8-33.

При використанні запропонованого технічного рішення (рис. 1) для зниження динамічних навантажень в приводі рукавичного автомата момент інерції ведучої маси привода J_1 визначається із умови:

$$J_1 = J_p + J_{ш} + J_e + J_M, \quad (1)$$

де $J_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ кгм² (приймаємо згідно [5]);

J_p – момент інерції ротора електродвигуна, $J_p = 1,3 \cdot 10^{-3}$ кгм²;

$J_{ш}$ – момент інерції ведучого шківа клинопасової передачі, $J_{ш} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кгм² [4];

J_e – момент інерції електромагнітної муфти, $J_e = 0,1 J_M$ (приймаємо);

J_M – момент інерції маховика.

Підставивши вихідні данні в (1) та враховуючи прийняті припущення, одержуємо:

$$J_M = \frac{J_1 - J_p - J_{ш}}{1,1} = \frac{(10 - 1,3 - 1,16) \cdot 10^{-3}}{1,1} = 6,855 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}^2, \quad (2)$$

Прийнявши маховик у вигляді диску, маємо:

$$J_M = \frac{QD^2}{7g} = \frac{\pi qD^4B}{28q}, \quad (3)$$

де Q – вага маховика;

D – діаметр маховика;

g – прискорення вільного падіння тіла;

q – питома вага матеріалу маховика;

B – ширина ободу маховика,

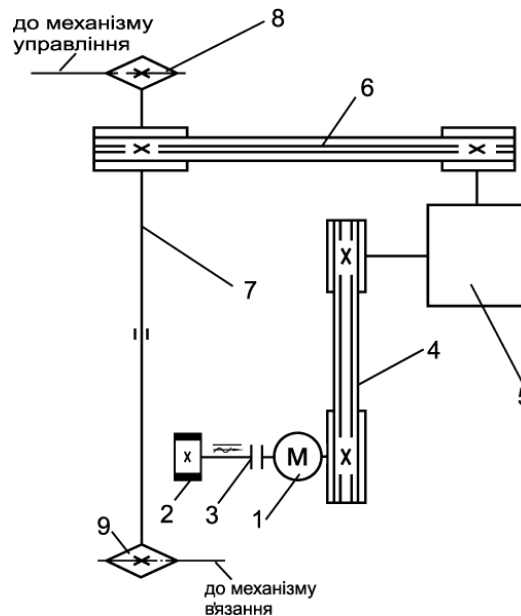


Рис. 1. Кінематична схема приводу рукавичного автомата з маховиком

Прийнявши із конструктивних міркувань діаметр маховика $D = 140$ мм, та враховуючи, що $q = 78 \cdot 10^3$ Н/м³ (матеріал маховика чавун), з рівняння (3) знаходимо необхідну ширину маховика:

$$B = \frac{28gJ_M}{\pi qD^4} = 0,02 \text{ м.} \quad (4)$$

Розрахунковий крутний момент муфти визначаємо з умови:

$$T_p = kT_n, \quad (5)$$

де T_p – розрахунковий крутний момент муфти;

k – коефіцієнт режиму роботи муфти.

Для запобігання проковзування дисків муфти необхідна умова її працездатності:

$$k \geq \frac{T_n}{T_H}, \quad (6)$$

де T_n – пусковий момент електродвигуна;

T_H – номінальний момент електродвигуна (момент сил опору механізмів рукавичного автомата).

Враховуючи результати досліджень [4], маємо: $T_n = T_1 = 6,14$ Нм; $T_H = 2,5$ Нм.

Тоді згідно з умовою (6): $k \geq \frac{6,14}{2,5} = 2,456$.

Прийнявши $k = 2,5$, з рівняння (5) знаходимо необхідний розрахунковий крутний момент муфти $T_p = 6,25$ Нм.

Діаметри фрикційних дисків муфти визначаємо, враховуючи наступні співвідношення [7]:

$$d_1 = (1,5 \dots 3)d_g; \quad d_2 = (1,3 \dots 1,8)d_g, \quad (7)$$

де d_1 – внутрішній діаметр диска;

d_2 – зовнішній діаметр диска;

d_g – діаметр вала електродвигуна.

Оскільки для електродвигуна серії 4АХ80А 4/2кУ3, що використовується в рукавичному автоматі ПА–8–33, $d_g = 22$ мм, згідно з (7) приймаємо: $d_1 = 50$ мм; $d_2 = 80$ мм.

Необхідне число поверхонь тертя дисків муфти Z знаходиться із умови:

$$Z = \frac{12T_p}{\pi f[p](d_2^3 - d_1^3)}, \quad (8)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0,06$ [7] (сталь по сталі при наявності змащення);

$[p]$ – допустимий питомий тиск дисків, $[p] = 0,6$ МПа [7].

Після підстановки прийнятих значень в рівняння (8) знаходимо мінімально допустиму кількість поверхонь тертя дисків муфти: $Z = 1,7$.

З умови забезпечення мінімального тиску вмикання муфти електромагнітом приймаємо: $Z = 10$.

При цьому зусилля вмикання муфти Q_M становить:

$$Q_M = \frac{3T_p}{fZ} \cdot \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_2^3 - d_1^3} = \frac{3 \cdot 6,25 \cdot 10^3 (80^2 - 50^2)}{0,5 \cdot 10 (80^3 - 50^3)} = 37,3 \text{ Н.}$$

Розглянемо ефективність використання маховика для зниження динамічних навантажень при пуску рукавичного автомата ПА–8–33.

Для прийнятої величини моменту інерції ведучої маси модернізованого привода (з урахуванням моменту інерції маховика) $J_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ кгм², використовуючи параметри рукавичного автомату ПА–8–33 [4]: $T_1 = 6,14$ Нм; $T_3 = T_H = 2,5$ Нм; $J_2 = 0,00264$ кгм²; $J_3 = 0,00038$ кгм², згідно дослідженням [5] маємо:

$$T_{12max} = 5,30 \text{ Нм}; \quad T_{23max} = 3,46 \text{ Нм.}$$

При цьому перевантаження пружних в'язей привода будуть дорівнювати:

$$K_{12} = \frac{T_{12max}}{T_3} = \frac{5,30}{2,5} = 2,12; \quad K_{23} = \frac{T_{23max}}{T_3} = \frac{3,46}{2,5} = 1,38.$$

Порівнюючи отримані результати з дослідженнями [4], робимо висновок, що використання маховика в приводі рукавичного автомату ПА–8–33 дозволяє зменшити динамічні навантаження в пружних

в'язях привода C_{12} , C_{23} відповідно в 1,57 та 1,17 разів ($n_{12} = \frac{K'_{12}}{K_{12}} = \frac{3,32}{2,12} = 1,57$; $n_{23} = \frac{K'_{23}}{K_{23}} = \frac{1,67}{1,38} = 1,17$;

K'_{12} , K'_{23} – коефіцієнти перевантажень відповідних пружних в'язей привода рукавичного автомату до

встановлення маховика).

Висновки

Аналіз виконаних досліджень дозволяє зробити наступні висновки:

- використання маховика для зниження пускових динамічних навантажень в рукавичному автоматі є ефективним; стосовно рукавичного автомату ПА–8–33 наявність в приводі маховика дозволяє знизити динамічні навантаження у відповідних пружних в'язях приводу в 1,17 та 1,57 разів;
- необхідні параметри маховика (зовнішній діаметр та ширина ободу) можуть бути реалізовані стосовно приводу рукавичного автомату типу ПА;
- необхідні параметри багатодискової фрикційної електромагнітної муфти, що забезпечують з'єднання маховика з електродвигуном, можуть бути реалізовані в конструкції приводу рукавичного автомату типу ПА.
- результати досліджень можуть бути використані при розробці нових типів рукавичних автоматів та плосков'язальних машин.

Література

1. Присяжнюк П.А. Наладка и эксплуатация плосковязальных трикотажных машин / Присяжнюк П.А. – К. : Техніка, 1983. – 136 с.
2. Шляхова Э.Н. Новое оборудование перчаточного производства / Шляхова Э.Н., Иванов Н.А., Исопенко Р.Н. – Л. : Легкая индустрия, 1978. – 96 с.
3. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин / О.Н. Хомяк, Б.Ф. Пипа. – М. : Легпромиздат, 1990. – 208 с.
4. Радайда Джехад Салех. Динамические нагрузки, возникающие в перчаточном автомате типа ПА в период пуска / Радайда Джехад Салех, Хомяк О.Н., Федоров Ю.Д. – К. : ГАЛПУ, 1996. – 21 с.
5. Радайда Джехад Салех. Анализ влияния параметров привода на динамические нагрузки, возникающие при пуске перчаточного автомата типа ПА / Радайда Джехад Салех, Хомяк О.Н., Федоров Ю.Д. – К. : ГАЛПУ, 1996. – 13 с.
6. Пипа Б.Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Пипа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. – К. : КНУТД, 2005. – 294 с.
7. Пипа Б.Ф. Муфти. З'єднання деталей з валами (нові розробки та елементи розрахунків) / Пипа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. – К. : КНУТД, 2011. – 166 с.

References

1. Prysiazhniuk P.A. Naladka y ekspluatatsiya ploskoviazalnykh trykotazhnykh mashyn.– K.: Tekhnika, 1983, 136 s.
2. Shliakhova E.N., Yvanov N.A., Ysopenko R.N. Novee oborudovanye perchatochnoho proyzvodstva.–L.: Lehkaia yndustryia, 1978, 96s.
3. Khomiak O.N., Pyra B.F. Povyshenye efektyvnosti raboty viazalnykh mashyn.– M.: Lehpromyzdat, 1990, 208 s.
4. Radaida Dzhekhad Salekh, Khomiak O.N., Fedorov Yu.D. Dynamicheskiye nahruzky, voznnykaiushchye v perchatochnom avtomate typu PA v peryod puska.– K.: HALPU, 1996, 21 s. Dep. v HNTB Ukrainy 02.04.96, № 896–Uk 96.
5. Radaida Dzhekhad Salekh, Khomiak O.N., Fedorov Yu.D. Analiz vlyaniya parametrov pryvoda na dynamicheskiye nahruzky, voznnykaiushchye pry puske perchatochnoho avtomata typu PA.– K.: HALPU, 1996, 13 s. Dep. v HNTB Ukrainy 12.06.96, № 1401– Uk 96.
6. Pipa B.F., Khomiak O.M., Pavlenko H.I. Dynamika kruhloviazalnykh mashyn. – K: KNUTD, 2005. – 294 s.
7. Pipa B.F., Khomiak O.M., Marchenko A.I. Mufty. Ziednannia detalei z valamy (novi rozrobky ta elementy rozrakhunkiv). – K: KNUTD, 2011. – 166 s.

Рецензія/Peer review : 9.2.2014 р. Надрукована/Printed :7.4.2014 р.

Рецензент: А.С. Зенкін, д.т.н., проф., завідувач кафедри МСС КНУТД (doctor of engineering sciences, professor, managing the department of MSC KNUTD A.S. Zenkin)