

УДК 677.055

В. В. ЧАБАН

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДЦЕНТРОВОЇ ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В ПРИВОДІ ОСНОВОВ'ЯЗальної МАШИНИ

*Приведено результати експериментальних досліджень впливу відцентрової фрикційної муфти на динамічні навантаження, що виникають в приводі під час пуску основов'язальної машини «Кокетт – 2». Встановлено, що наявність в приводі відцентрової фрикційної муфти знижує динамічні навантаження в 1,87 раза, що позитивно впливає на підвищення надійності та довговічності роботи основов'язальної машини.*

**Ключові слова:** *основов'язальна машина, привід, відцентрова фрикційна муфта, динамічні навантаження, експериментальні дослідження.*

Особливістю роботи основов'язальних машин є значні динамічні навантаження, що виникають в приводі та інших їх механізмах і суттєво впливають на надійність та довговічність роботи машин, а також на якість основов'язального полотна [1, 2].

Для зниження динамічних навантажень в приводі основов'язальної машини автором в монографії [2] пропонується використовувати відцентрову фрикційну муфту.

### **Об'єкт та методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрано експериментальні дослідження впливу відцентрової фрикційної муфти на динамічні навантаження в приводі основов'язальної машини «Кокетт–2» та оцінка ефективності її роботи. При проведенні досліджень та вирішенні завдань, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи експериментальних досліджень.

### **Постановка завдання**

Завданням досліджень стали експериментальні дослідження впливу відцентрової фрикційної муфти на динамічні навантаження в приводі основов'язальної машини «Кокетт–2» та оцінка ефективності її роботи.

### **Результати та їх обговорення**

При проведенні досліджень була використана сучасна методика експериментальних досліджень динамічних навантажень, що виникають в механічних системах в період несталого режиму руху [2].

В якості експериментальної установки була використана основов'язальна машина «Кокетт-2», встановлена у науковій лабораторії кафедри інженерної механіки Київського національного університету технологій та дизайну.

Для проведення експериментальних досліджень привід основов'язальної машини був модернізований – додатково обладнаний відцентровою фрикційною муфтою, вмонтованою в ведучий шків (рис. 1). Обладнання приводу основов'язальної машини відцентровою фрикційною муфтою, як відомо [2, 3], дозволяє здійснювати пуск основов'язальної машини при обмеженому пусковому моменту електродвигуна, що призводить до зниження динамічних навантажень і, як наслідок, до підвищення надійності та довговічності роботи привода і основов'язальної машини в цілому.

Враховуючи особливість конструкції привода основов'язальної машини «Кокетт-2» (неможливість використати стандартну відцентрову фрикційну муфту), автором було розроблено та виготовлено спеціальну конструкцію відцентрової фрикційної муфти (рис. 2).

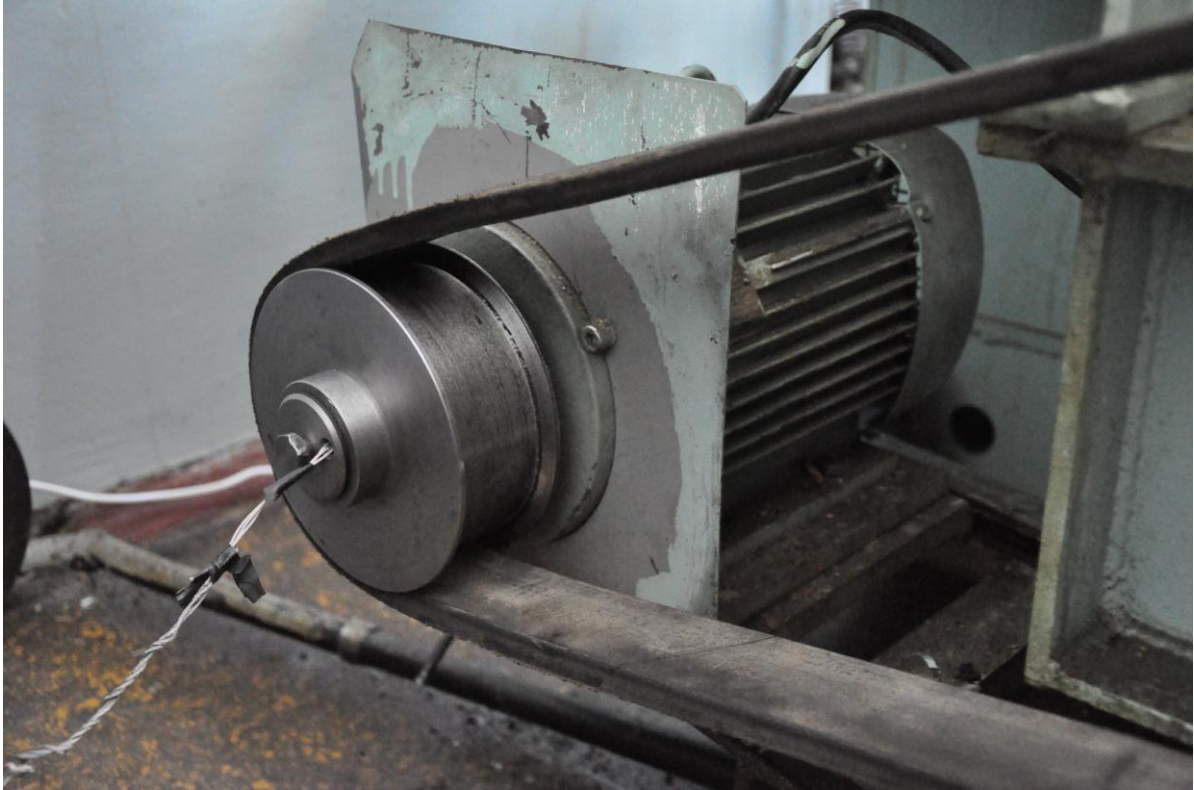


Рис. 1. Модернізований привід основов'язальної машини «Кокетт - 2»

Для забезпечення працездатності та ефективності роботи муфти згідно з рекомендаціями [3] крутний момент її  $T$  був вибраний із умови  $T = 1,2T_c$  ( $T_c$  – статичний момент привода машини).

При проведенні експериментальних досліджень величина динамічних навантажень, що виникають в період пуску основов'язальної машини, реєструвалася в зоні взаємодії однієї із колодок з лопаткою ступиці – хрестовини, на якій наклеювались тензодатчики.

Для запобігання похибок реєстрації динамічних навантажень, необхідно виконати умову [4]:

$$f \leq 0,1f_0, \quad (1)$$

де  $f$  – частота зміни максимуму динамічного навантаження;

$f_0$  – власна частота коливання вимірювального елемента (лопатка ступиці – хрестовини).

Очевидно:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (2)$$

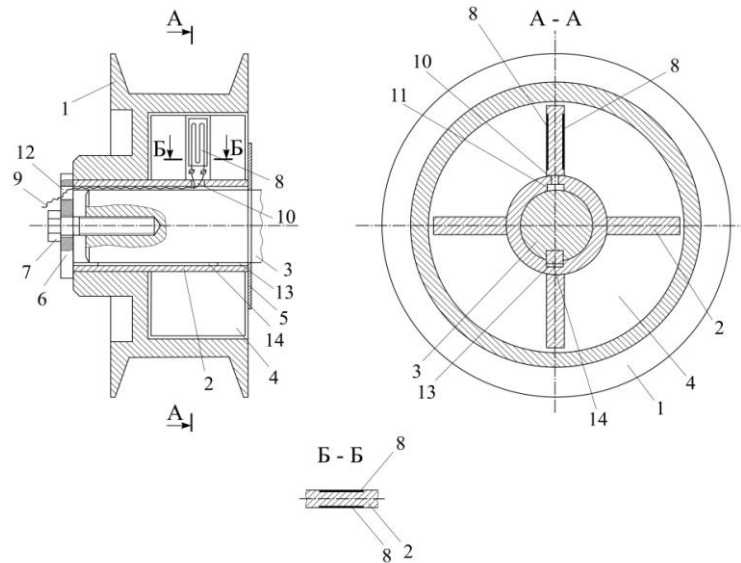


Рис. 2. Відцентрова фрикційна муфта:

**1** – барабан-шків; **2** – ступиця-хрестовина; **3** – вал електродвигуна; **4** – колодки; **5, 6** – шайби;  
**7** – болт; **8** – тензодатчики; **9** – шлейф; **10** – отвори; **11** – паз; **12** – отвір шайби; **13** – шпонковий паз;  
**14** – шпонка

Зважаючи на конструктивні особливості муфти (рис. 2), власна частота коливань лопатки визначається із рівняння [5]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EJ}{m_n l^3}}, \quad (3)$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу лопатки;  $J$  – момент інерції поперечного перерізу лопатки,

$$J = \frac{ab^3}{12}; \quad (4)$$

$a$  – ширина поперечного перерізу лопатки;  $b$  – товщина поперечного перерізу лопатки;  $m_n$  – приведена

маса лопатки,

$$m_n = \frac{33}{140} \cdot \frac{Q_p}{g} = \frac{33}{140 \cdot 9,81} Q_p = 0,024 Q_p; \quad (5)$$

$Q_p$  – вага робочої частини лопатки;  $l$  – робоча довжина лопатки.

Враховуючи, що  $\omega = 149,75 \text{ c}^{-1}$ , із (2) знаходимо:  $f = 23,83 \text{ c}^{-1}$ .

Враховуючи параметри лопатки  $a = 40 \text{ мм}$ ;  $b = 7 \text{ мм}$ ;  $l = 37,5 \text{ мм}$ ;  $Q_p = 0,82 \text{ Н}$ ;  $E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ , із рівнянь (3)...(5), знаходимо:  $J = 1143,33 \text{ мм}^4$ ;  $m_n = 0,0197 \text{ кг}$ ;  $f_0 = 4240 \text{ c}^{-1}$ .

Підставляючи отримані результати в (1), маємо  $23,83 < 424$ , що підтверджує працездатність прийнятої конструкції вимірювального елемента (лопатки хрестовини).

Вимірювання досліджуваних параметрів проводилось за допомогою перетворюючої та реєструючої апаратури (рис.3, 4). В якості перетворювачів деформації в електричний сигнал, використовувались дротяні тензодатчики 2 з базою 20 мм КФ 5 П1–20–200А, 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, що

значно знижує рівень перешкод, 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.

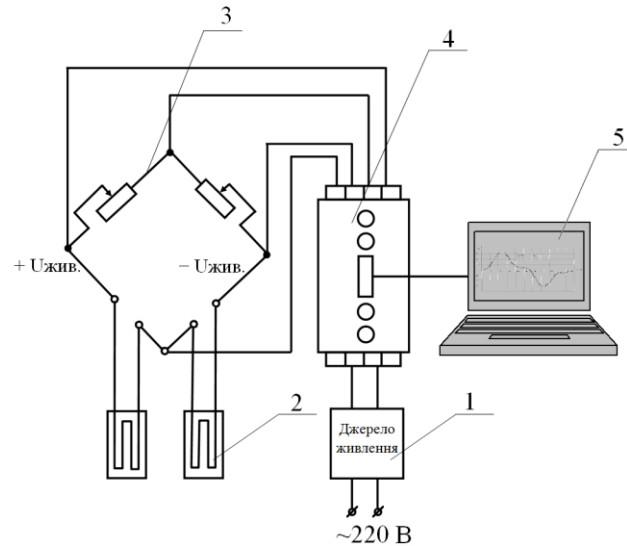


Рис. 3. Схема вимірювальної та реєструючої апаратури експериментальної установки

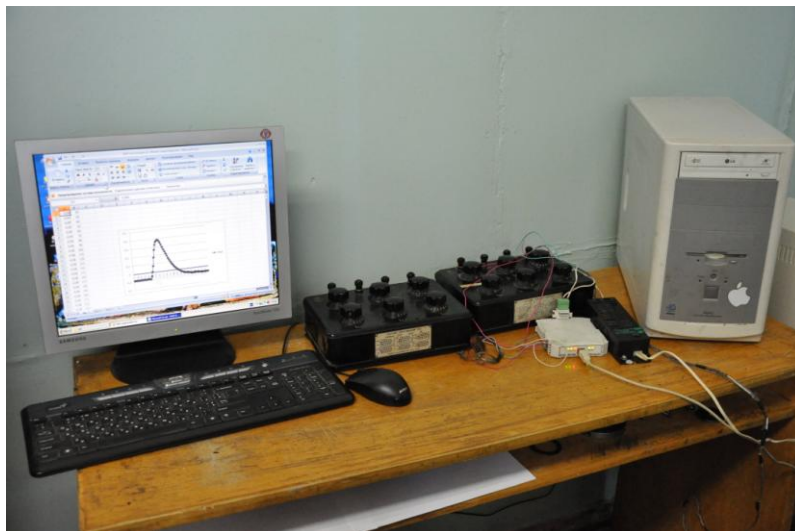


Рис. 4. Вимірювальна та реєструюча апаратура експериментальної установки

У зв'язку з тим, що перехідні опори в струмоз'ємниках з ковзним контактом у ряді випадків вносять істотну погрішність до результатів вимірювань, при проведенні експериментальних досліджень був обраний безконтактний метод зв'язку тензодатчиків, що оберталися, з вимірювальною апаратурою. З цією метою провідники, що сполучають датчики, виводилися на торець валу і підключалися до клемових коробок, закріплених на відстані 1,0 м від торця валу. Такий метод зняття сигналу з датчиків дозволяв вести запис протягом 10..15 с, що було цілком достатнім для запису декількох циклів моментів пуску машини. Тарування тензодатчиків виконувалось у відповідності з відомими методами тарування [1, 2, 8].

Умови експерименту:

– при проведенні експериментальних досліджень динамічних навантажень привода як існуючої моделі основов'язальної машини, так і модернізованої (установка в приводі муфти) згідно з рекомендаціями [6, 7] заплановано виконати по 20 дослідів;

– у всіх дослідах режим роботи основов'язальної машини залишався однаковим;

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

Одержані результати досліджень (прикладі графіків зміни амплітуд динамічних навантажень показані на рис. 5, 6), наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень привода основов'язальної машини «Кокетт-2»

| Амплітуда динамічних навантажень $T_{li}$ , Нм | Кількість повторень результатів $n_i$ | $n_i T_{li}$  | Похибка окремих вимірів $\Delta T_{li}$ | $n_i \langle T_{li} \rangle$ |
|--|---------------------------------------|---------------|---|------------------------------|
| 54,2   | 1                                     | 54,2          | 7,33                                    | 53,73                        |
| 55,4   | 1                                     | 55,4          | 6,13                                    | 37,58                        |
| 56,1   | 2                                     | 112,2         | 5,43                                    | 58,97                        |
| 58,3   | 2                                     | 116,6         | 3,23                                    | 20,86                        |
| 60,7   | 2                                     | 121,4         | 0,83                                    | 1,38                         |
| 61,5   | 2                                     | 123,0         | -0,03                                   | 0,002                        |
| 62,2   | 2                                     | 124,4         | -0,67                                   | 0,90                         |
| 63,3   | 2                                     | 126,6         | -1,77                                   | 6,26                         |
| 64,1   | 2                                     | 128,2         | -2,57                                   | 13,21                        |
| 65,8   | 1                                     | 65,8          | -4,27                                   | 18,23                        |
| 67,3   | 2                                     | 134,6         | -5,77                                   | 66,58                        |
| 68,2   | 1                                     | 68,2          | -6,67                                   | 44,49                        |
|  | $n = 20$                              | $\sum 1230,6$ |   | $\sum 322,192$               |

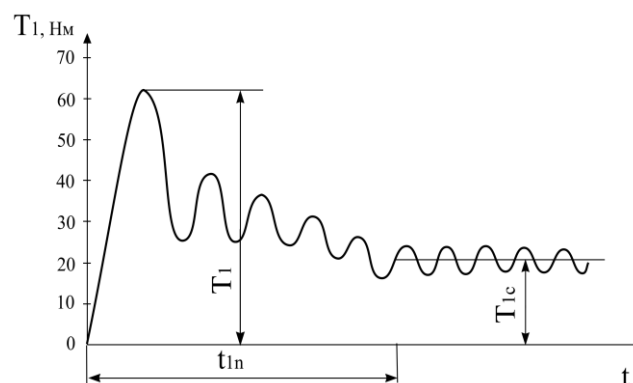


Рис. 5. Графік зміни амплітуди динамічних навантажень привода в процесі пуску основов'язальної машини «Кокетт-2» до установки муфти:

$T_1$  – максимальна амплітуда динамічних навантажень;  $T_{1c}$  – величина статичного навантаження привода;  $t_{1n}$  – час пуску машини

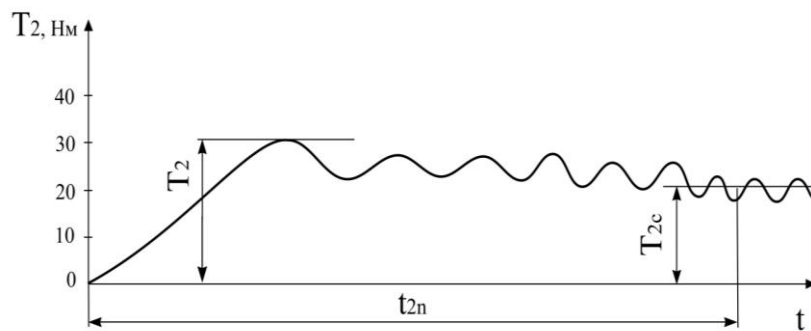


Рис. 6. Графік зміни амплітуди динамічних навантажень привода в процесі пуску основ'язальної машини «Кокетт - 2» при установці муфти:

$T_2$  – максимальна амплітуда динамічних навантажень;  $T_{2c}$  – величина статичного навантаження привода;  $t_{2n}$  – час пуску машини при наявності в приводі муфти

Обробка результатів експерименту виконувалась у відповідності з методикою [6]:

– середнє значення амплітуди динамічних навантажень:

$$\bar{T}_1 = \frac{\sum n_i T_{1i}}{n} = \frac{1230,6}{20} = 61,53 \text{ Нм}; \quad (6)$$

– середня квадратична похибка результатів замірів:

$$\Delta S_1 = \sqrt{\frac{\sum n_i (T_{1i} - \bar{T}_1)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{322,192}{20 - 1}} = 0,92 \text{ Нм}; \quad (7)$$

– границі довірчого інтервалу:

$$\Delta T_1 = \sqrt{(t_\alpha \Delta S_1)^2 + \left(\frac{K_\alpha}{3} \gamma\right)^2} = \sqrt{(2,09 \cdot 0,92)^2 + \left(\frac{1,96}{3} \cdot 1,23\right)^2} = 2,08 \text{ Нм}, \quad (8)$$

де  $t_\alpha$  – коефіцієнт Стьюдента;

при  $\alpha = 0,95$   $t_\alpha = 2,09$  [6];  $K_\alpha \equiv t_\alpha \rightarrow \infty = 1,96$  [6];

$\gamma$  – похибка виміральної та реєструючої апаратури,

$$\gamma = \frac{\beta \bar{T}_1}{100\%} = \frac{2 \cdot 61,53}{100} = 1,23 \text{ Нм}; \quad (9)$$

$$\beta = 2\% [8];$$

– відносна похибка серії вимірів:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta T_1}{\bar{T}_1} \cdot 100\% = \frac{2,08}{61,53} \cdot 100\% = 3,38\%. \quad (10)$$

– Остаточний результат досліджень:  $T_1 = \bar{T}_1 \pm \Delta T_1 = 61,53 \pm 2,08$  Нм.

Таблиця 2. Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень привода основов'язальної машини «Кокетт – 2» при наявності відцентрової фрикційної муфти

| Амплітуда динамічних навантажень $T_{2i}$ , Нм | Кількість повторень результатів $n_i$ | $n_i T_{2i}$ | Похибка окремих вимірів $\Delta T_{2i}$ | $n_i \langle T_{2i} \rangle$ |
|--|---------------------------------------|--------------|---|------------------------------|
| 25,3   | 1                                     | 25,3         | 6,91                                    | 47,75                        |
| 26,1   | 2                                     | 52,2         | 6,11                                    | 74,66                        |
| 27,2   | 2                                     | 54,4         | 5,01                                    | 50,20                        |
| 28,7   | 1                                     | 28,7         | 3,51                                    | 12,32                        |
| 29,2   | 2                                     | 58,4         | 3,01                                    | 18,12                        |
| 30,4   | 1                                     | 30,4         | 1,81                                    | 3,27                         |
| 31,5   | 1                                     | 31,5         | 0,71                                    | 0,50                         |
| 32,2   | 2                                     | 64,4         | 0,01                                    | 0,001                        |
| 34,1   | 1                                     | 34,1         | -1,89                                   | 3,57                         |
| 35,8   | 2                                     | 71,6         | -3,59                                   | 25,77                        |
| 37,3   | 1                                     | 37,3         | -5,09                                   | 25,91                        |
| 38,2   | 2                                     | 76,4         | -5,99                                   | 71,76                        |
| 39,4   | 1                                     | 39,4         | -7,19                                   | 51,69                        |
| 40,1   | 1                                     | 40,1         | -7,89                                   | 62,25                        |
|  | $n = 20$                              | $\sum 644,2$ |   | $\sum 447,771$               |

Обробка результатів експерименту виконана з використанням залежностей (6)...(10):

$$\bar{T}_2 = 32,21 \text{ Нм}; \Delta S_2 = 1,08 \text{ Нм}; \Delta T_2 = 2,29 \text{ Нм}; \gamma = 0,64 \text{ Нм}; \varepsilon_2 = 7,11\% .$$

Тоді остаточний результат експериментальних досліджень динамічних навантажень привода основов'язальної машини «Кокетт – 2» при наявності відцентрової фрикційної муфти буде:

$$T_2 = \langle 2,21 \pm 2,29 \rangle \text{ Нм}.$$

Ефективність використання відцентрової фрикційної муфти оцінювалась коефіцієнтом впливу муфти на зниження динамічних навантажень в приводі основов'язальної машини:

$$k = \frac{\bar{T}_1}{\bar{T}_2},$$

де  $k$  – коефіцієнт зниження динамічних навантажень в приводі основов'язальної машини при використанні муфти;  $\bar{T}_1$ ,  $\bar{T}_2$  – амплітуди максимуму динамічних навантажень (середнє значення) в приводі основов'язальної машини «Кокетт – 2» до модернізації та при використанні муфти відповідно;

Використовуючи результати експериментальних досліджень (табл. 1, 2), одержуємо:  $k = 1,91$ .

### Висновки

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити такі висновки:

- запропонований метод експериментального дослідження дозволяє провести оцінку ефективності використання відцентрової фрикційної муфти для зниження динамічних навантажень в приводі будь якого типу основов'язальної машини;
- запропонована конструкція відцентрової фрикційної муфти проста, надій на та ефективна в роботі (однак слід враховувати, що ефективність муфти для зниження динамічних навантажень в приводі

основов'язальної машини може бути досягнута лише при умові вибору її раціональних параметрів, зокрема маси колодок);

– використання в приводі основов'язальної машини «Кокетт – 2» відцентрової фрикційної муфти дозволяє знизити пускові динамічні навантаження в 1,91 раза, що позитивно впливає як на підвищення надійності і довговічності роботи машини, так і на підвищення якості основов'язального полотна.

#### Список використаної літератури

1. Сердюк В.П. Расчет приводов машин легкой промышленности. – К.: Техніка, 1978, 232 с.
2. Чабан В.В., Бакан Л.А., Піпа Б.Ф. Динаміка основов'язальних машин. – К.: КНУТД, – 2012. – 287 с.
3. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение. – 1979. – 351 с.
4. Коритынский Я.И. Колебания в текстильных машинах. – М.: Машиностроение, 1973, 320 с.
5. Писаренко Г.С. и др. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975, – 704 с.
6. Касандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, –1970. – 104 с.
7. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, –1971, –192 с.
8. Волощенко В.П., Піпа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. – К.: Техніка. – 1977. – 136 с.

Стаття надійшла до редакції 23.09.2012

#### **Экспериментальные исследования влияния центробежной фрикционной муфты на динамические нагрузки в приводе основовязальной машины**

Чабан В.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния центробежной фрикционной муфты на динамические нагрузки, возникающие в приводе при пуске основовязальной машины Кокетт-2. Установлено, что наличие в приводе центробежной фрикционной муфты снижает динамические нагрузки в 1,87 раза, что положительно влияет на повышение надежности и долговечности работы основовязальной машины.

**Ключевые слова:** основовязальная машина, привод, центробежная фрикционная муфта, динамические нагрузки, экспериментальные исследования.

#### **Experimental researches of influence of the centrifugal frictional clutch on dynamical loads in warp-knitting machine drive**

Chaban V.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

Submitted results of experimental researches of influence of the centrifugal frictional clutch on dynamical loads, which are arising in warp-knitting machine Koket drive on start.

Founded, that existing of the centrifugal frictional clutch decrease dynamical loads in 1.87 time, that has positive influence on increasing reliability and durability warp-knitting machine work.

**Keywords:** warp-knitting machine, drive, centrifugal frictional clutch, experimental researches, dynamical loads.