

УДК 621.9

Гевко І.Б.

ТНТУ, м. Тернопіль, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Вступ

При виконанні технологічних процесів різноманітними механічними системами часто виникають перевантаження, що призводять до значних деформацій і поломок елементів цих машин. Тому, забезпечення ефективної роботи механічних систем можливе лише при правильному підборі і використанні у конструкціях їх приводів відповідних запобіжних муфт.

Основна частина

Для проведення експериментальних досліджень запобіжних муфт і встановлення їх основних функціонально - експлуатаційних характеристик було спроектовано та виготовлено дослідний стенд (рис. 1) [1], за допомогою якого в автоматизованому режимі проводяться експериментальні дослідження в широких діапазонах частоти обертання та навантаження досліджуваних об'єктів з отриманням даних у персональному комп'ютері (ПК).

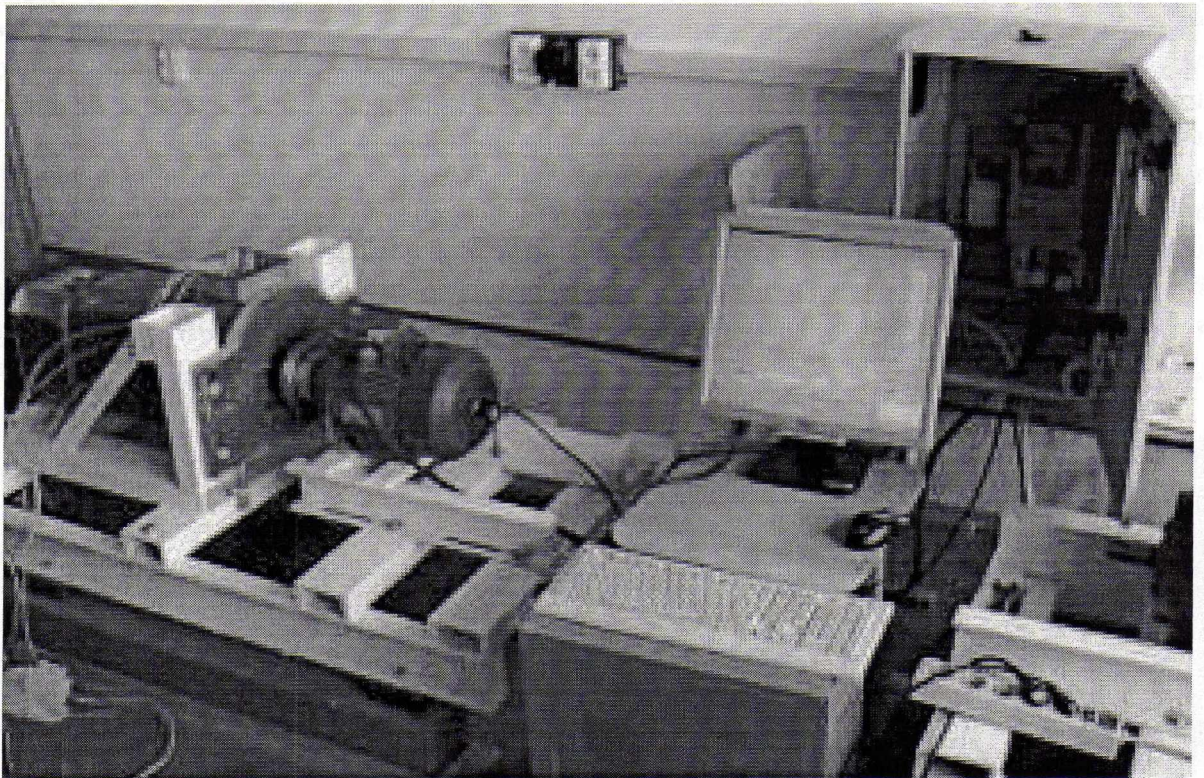
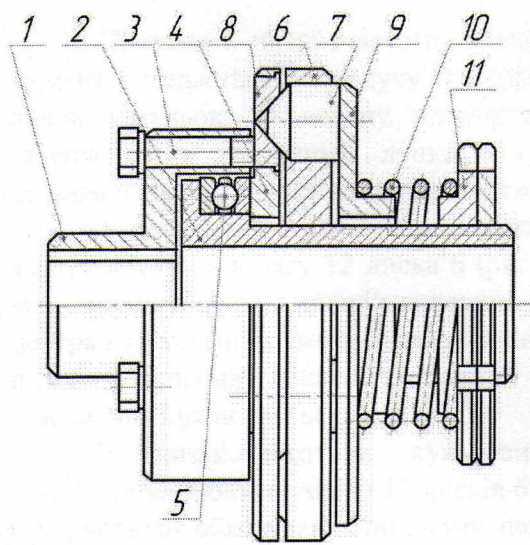


Рис. 1 – Загальний вигляд стенду для дослідження механічних систем

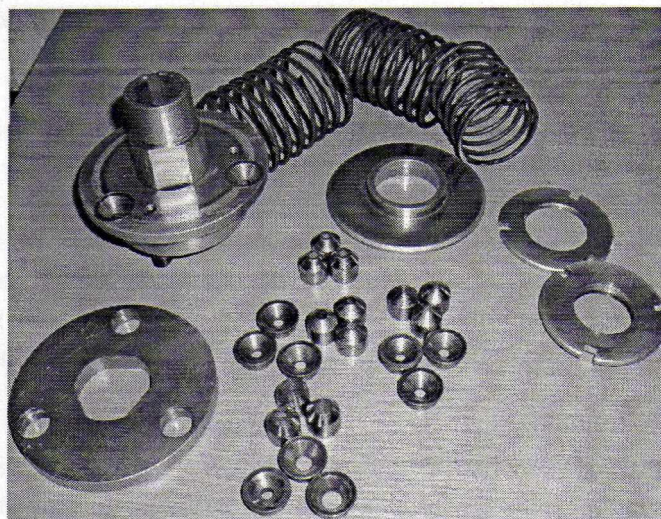
Дослідження проводяться наступним чином. Дослідний об'єкт виставлений на відповідний момент спрацювання поміщається на валах генератора і електродвигуна і за допомогою пересувних опор здійснюється необхідне балансування ведучої та веденої півмуфт. У зв'язку із можливістю значного зміщення електродвигуна у поперечному та повздовжньому напрямі на стенді випробовувались запобіжні муфти, які з'єднують не лише співвісні вали, але й за допомогою ланцюгових, зубчастих та карданних передач. Далі проводиться підключення до електромережі стабілізатора напруги, перетворювача частоти

(ПЧ), ПК та запускається програма PowerSuite для налаштування перетворювачів частоти серії Altivar [2]. Дані зміни потужності двигуна і обертового моменту відображаються на моніторі ПК у вигляді табличних даних та графічних залежностей. В автоматизованому режимі у ПК здійснюється вибір частоти обертання вала двигуна. При запуску двигуна приводиться в рух досліджуваний об'єкт і через відповідне з'єднання якір генератора. Генератор працює з незалежним збудженням для можливості створення необхідного навантаження на дослідному об'єкті. Із стабілізатора струм поступає на латр, де проводиться його регулювання, а далі через випрямляч подається на обмотку збудження статора генератора, завдяки чому змінюється струм навантаження генератора і, тим самим, змінюється споживана потужність генератора. Перетворена механічна енергія обертання якоря генератора в електричну поступає на спіраль опору, де і виділяється у вигляді тепла. При нарощуванні результуючого магнітного поля генератора до певного значення проходить спрацювання досліджуваної запобіжної муфти.

Досліджувались конусна і низькочастотних кулькових запобіжні муфти. На рис. 2 представлена конструкція і загальний вигляд конусної запобіжної муфти [3], що містить ведучу 1 і ведену 2 півмуфти. До ведучої півмуфти 1 жорстко за допомогою болтів 3 закріплений фланець 4, який знаходиться в контакті із веденою півмуфтою 2 через підшипник 5. На веденій півмуфті 2 з можливістю осьового зміщення встановлений диск 6, в якому виконані отвори під конічні стержні 7. З одного боку конічні стержні 7 входять у зачеплення із лунками 8 ведучої півмуфти 1, а з іншого вони підтискаються через фланець 9, що має можливість осьового і радіального зміщення, циліндричною пружиною стиску 10 гайками затиску 11. Для проведення експериментальних досліджень лунки 8 і конічні стержні 7 були виконані різного профілю. Працює конусна муфта наступним чином. Обертовий момент передається на ведучу півмуфту і через елементи зачеплення у вигляді конічних лунок і конічних стержнів, на ведену півмуфту. У випадку перевантаження конічні стержні виходять із зачеплення з конічними лунками, диск 6 і (або) фланець 9 переміщається в осьовому напрямку, деформуючи, при цьому, циліндричну пружину, і ведена півмуфта зупиняється. Після зменшення величини обертового моменту до заданого запобіжна муфта відновлює своє зачеплення і включається.



а)

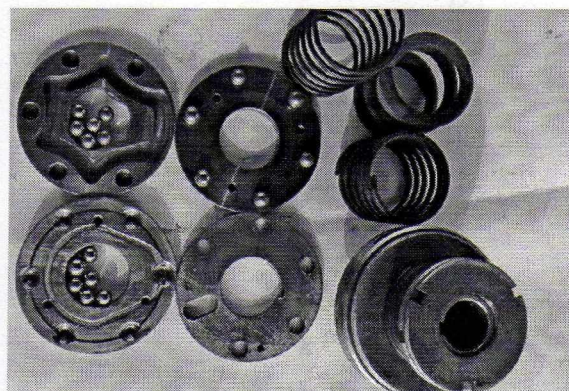
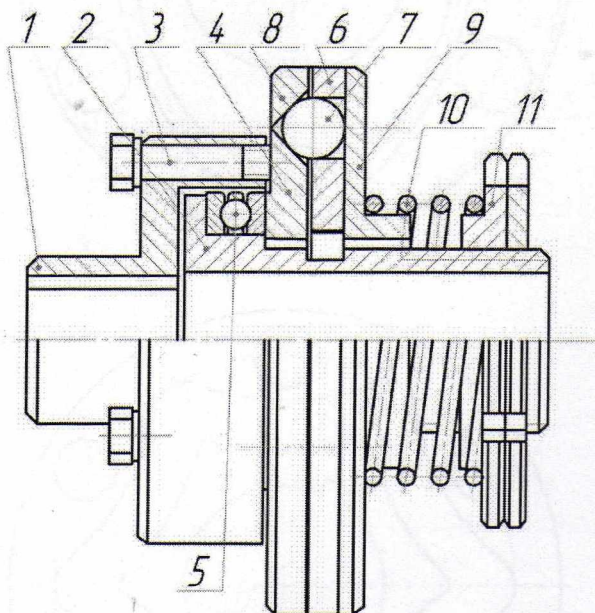


б)

Рис. 2 – Конусна запобіжна муфта: а) конструкція; б) загальний вигляд

На рис. 3 представлена конструкція і загальний вигляд кулькових запобіжних муфт [4], що містять ведучу 1 і ведену 2 півмуфти. До ведучої півмуфти 1 жорстко за допомогою

болтів 3 закріплений фланець 4, який знаходиться в контакті із веденою півмуфтою 2 через підшипник 5. На веденій півмуфті 2 жорстко встановлений диск 6, в якому виконані отвори і пази під кульки 7. З одного боку кульки 7 входять у зачеплення із лунками 8 фланця 4, а з іншого вони підтискаються через фланець 9 циліндричною пружиною стиску 10 гайками затиску 11. З метою проведення експериментальних досліджень фланці 4 використовувались різних профілів і на їх торцевих поверхнях були виконані лунки 8, а у деяких конструкціях і пази різної конфігурації (рис. 5 а). Також і диски 6 використовувались різних профілів (рис. 5 б, в, г). Фланець 9 мав можливість осьового і радіального зміщення.



а) б)
Рис. 3 – Кулькові низькочастотні запобіжні муфти:
а) конструкція; б) загальний вигляд

Працюють низькочастотні кулькові запобіжні муфти наступним чином. Обертний момент передається на ведучу півмуфту і через елементи зачеплення у вигляді конічних лунок і кульок, на ведену півмуфту. У випадку перевантаження кульки виходять із зачеплення з конічними лунками і відтискають фланець 9 в осьовому напрямку, деформуючи, при цьому, циліндричну пружину, що дозволяє зупинитись веденій півмуфті.

У низькочастотній кульковій запобіжній муфті з колоподібним пазом одна із кульок, яка знаходиться в пазу 12 диска 6 (рис. 4 б), починає здійснювати обкатування по пазу 13, який виконаний на торцевій поверхні фланця 4 (рис. 4 а), змішуючись при цьому до і від центра муфти. Після зменшення величини обертального моменту до заданого запобіжна муфта, після здійснення декількох повних відносних провертань півмуфт, відновлює своє зачеплення і включається.

У низькочастотних кулькових запобіжних муфтах з трикутноподібним і п'ятикутноподібним пазами 12 дисків 6 (рис. 4 в, г) одна із кульок, яка знаходиться в даному пази, починає обкатування по ньому, що не дозволяє увійти в повне зачеплення усім кулькам з усіма лунками відповідних півмуфт. Лише при здійсненні значної кількості відносних провертань півмуфт і настання моменту співпадань усіх кульок з усіма лунками проходить включення цих низькочастотних кулькових запобіжних муфт.

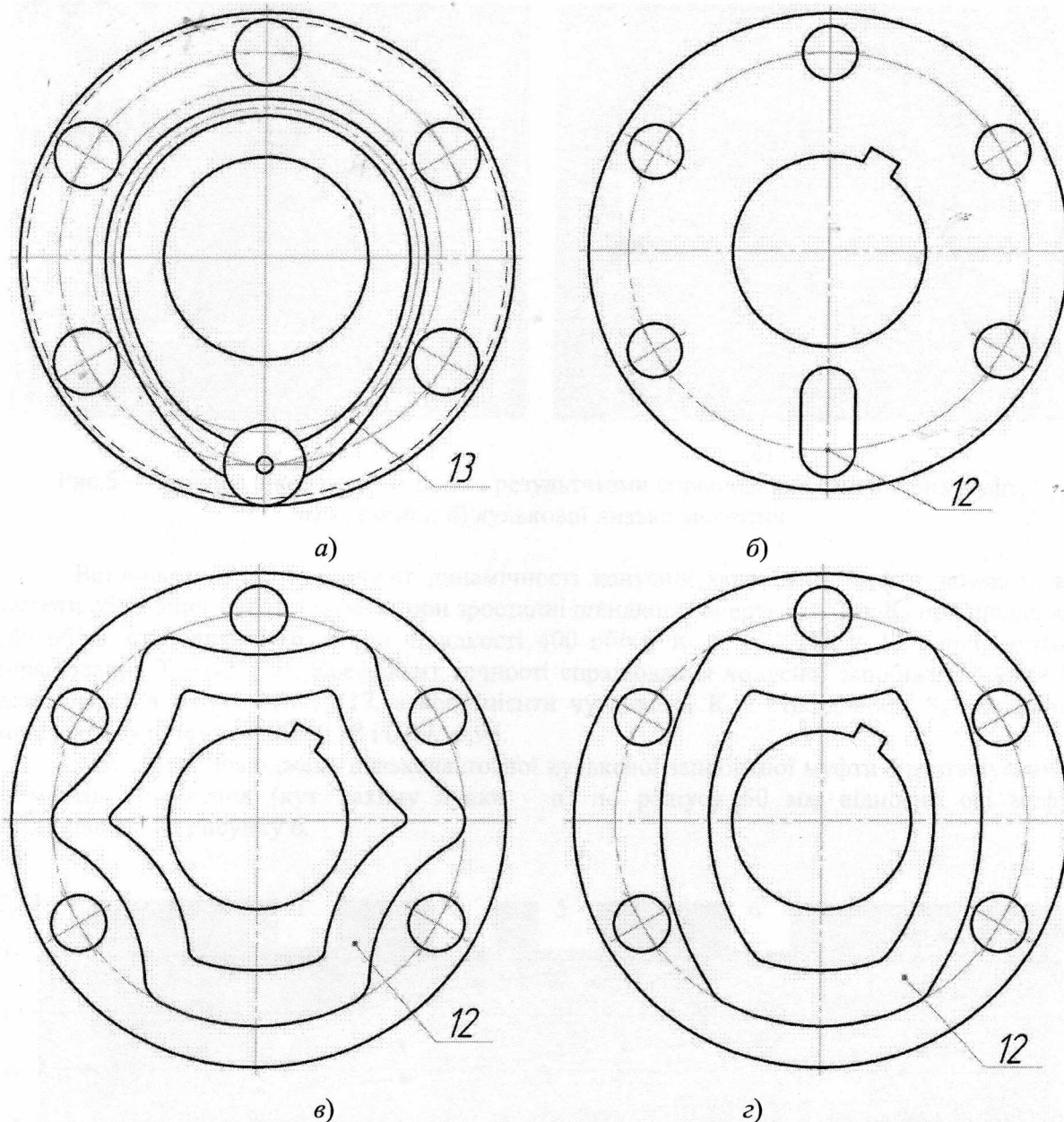


Рис. 4 – Торцеві поверхні кулькових низькочастотних запобіжних муфт:
а) фланець ведучої півмуфти; б), в), г) диски ведених півмуфт

Отримані результати експериментальних досліджень, а саме споживаної потужності електродвигуна і обертового моменту, відображались у вигляді табличних та графічних залежностей на моніторі ПК (рис. 5).

Результати експериментальних досліджень конусної запобіжної муфти з розташуванням елементів зачеплення (кут нахилу лунки - α) по радіусу 50 мм відносно осі муфти представлено у вигляді графічних залежностей на рис. 6.

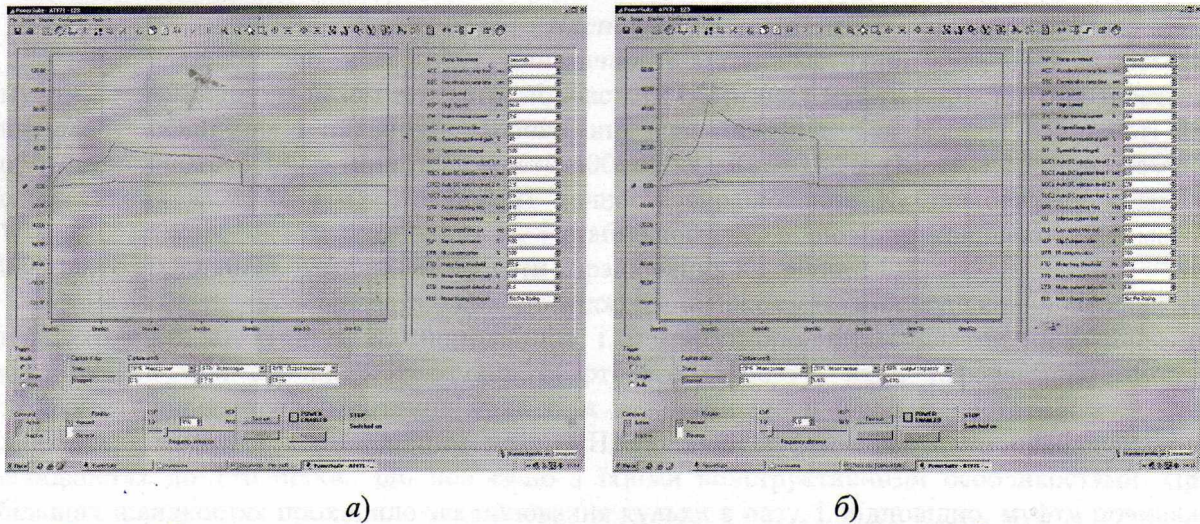


Рис.5 – Приклад вікна осцилографа з результатами спрацювання запобіжних муфт:
 а) конусної; б) кулькової низькочастотної

Встановлено, що коефіцієнт динамічності конусної запобіжної муфти залежить від частоти обертання муфти і зростає при зростанні швидкості обертання. Так K_d при швидкості 230 об/хв. становить 1,16, а при швидкості 400 об/хв. $K_d = 1,27$ ($K_d = 1,29$ при моменті спрацювання $T = 42$ Нм). Коефіцієнт точності спрацювання конусної запобіжної муфти K_T знаходиться в межах 1,13...1,17, а коефіцієнти чутливості K_c і стабільності K_s відповідно коливаються в межах 0,99...0,98 і 0,99...0,96.

Результати досліджень низькочастотної кулькової запобіжної муфти з розташуванням елементів зачеплення (кут нахилу лунки - α) по радіусу 50 мм відносно осі муфти представлено на рисунку 6.

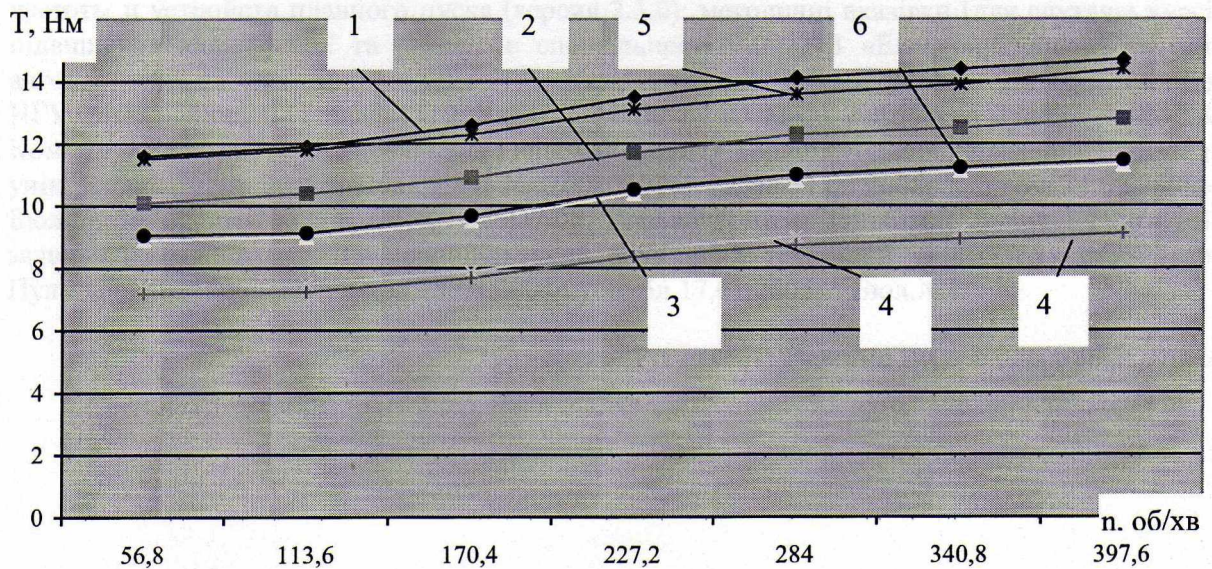


Рис. 6 – Графіки залежності передачі максимального обертового моменту від частоти обертання:

- а) конусною запобіжною муфтою: 1 - $\alpha = 50^\circ$; 2 - $\alpha = 53^\circ$; 3 - $\alpha = 56^\circ$; 4 - $\alpha = 60^\circ$;
 б) низькочастотною кульковою запобіжною муфтою з колоподібним пазом: 5 - $\alpha = 50^\circ$;
 6 - $\alpha = 55^\circ$; 7 - $\alpha = 60^\circ$

Висновки

Встановлено, що коефіцієнт динамічності низькочастотної кулькової запобіжної муфти з колоподібним пазом залежить від частоти обертання муфти і зростає при зростанні швидкості обертання і плавному нарощуванні навантаження. Так K_d при швидкості 230 об/хв. становить 1,13, а при швидкості 400 об/хв. $K_d = 1,25$ ($K_d = 1,15$ при моменті спрацювання $T = 41$ Нм). Коефіцієнт точності спрацювання K_T знаходиться в межах 1,11...1,16, а коефіцієнти чутливості K_c і стабільності K_s відповідно коливаються в межах 0,99...0,98 і 0,99...0,94. Коефіцієнт частоти спрацювання $K_{чс}$ рівний 1.

Результати експериментальних досліджень низькочастотних кулькових запобіжних муфт (рис. 5 в, г) з трикутноподібним і п'ятикутноподібним пазами практично не відрізнялись між собою, а величина обертового моменту, який передавався ними, в залежності від частоти обертання мала ті ж величини що й у низькочастотної кулькової запобіжної муфти з колоподібним пазом. Проте дані муфти ефективно працювали при швидкостях до 170 об/хв., що пов'язано з їхніми конструктивними особливостями. При більших швидкостях проходило заклиннювання кульки в пазу, і, відповідно, муфти починали працювати як самовідключні. Крім того, в процесі буксування кількість холостих провертань не завжди співпадала, що спричиняло до ефекту „струшування”, тобто повторних ударних включень не циклічної дії. Коефіцієнт динамічності становить 1,12 при швидкості 170 об/хв. Коефіцієнт точності спрацювання K_T знаходиться в межах 1,1...1,18, а коефіцієнти чутливості K_c і стабільності K_s відповідно коливаються в межах 0,99...0,98 і 0,99...0,94. Коефіцієнти частоти спрацювання $K_{чс}$ для низькочастотної кулькової запобіжної муфти з трикутноподібним пазом коливались в межах 1,17...1,83, а з п'ятикутноподібним пазом $K_{чс} = 2,33...6,5$.

Література: 1. Гевко І.Б. Стенд для дослідження гвинтових-транспортно-технологічних систем машин / І.Б. Гевко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2011 - Вип. 111 - С. 134-143. 2. Казачковський Н.Н. Програма PowerSuite для настройки преобразователей частоты и устройств плавного пуска (версия 2.3.0): методичні вказівки [для слухачів курсів підвищення кваліфікації та студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривід»] / Н.Н. Казачковський, Д.В. Якупов. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 45 с. 3. Пат. №34510. Україна, МПК⁷ F16D 43/00. Запобіжна муфта / Гевко І.Б., Комар Р.В., Матвійчук А.В.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. - №u200804076; заявл.31.03.2008р.; опубл.11.08.2008р., Бюл.№15. 4. Пат. №4284. МПК⁷ F16D7/06. Низькочастотна запобіжна муфта / Гевко І.Б.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. - №20040402780; заявл.15.04.2004р.; опубл.17.01.2005р., Бюл.№1.

Рецензент: Гузенко В.С., к.т.н., проф. ДДМА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Гевко І.Б.

Для проведення експериментальних досліджень запобіжних муфт і встановлення їх основних функціонально-експлуатаційних характеристик було спроектовано та виготовлено дослідний стенд. У ході експериментальних досліджень були отримані результати споживаної потужності електродвигуна і обертового моменту, які відображались у вигляді табличних та графічних залежностей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИВОДОВ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гевко И.Б.

Для проведения экспериментальных исследований предохранительных муфт и установления их основных функционально эксплуатационных характеристик было спроектировано и изготовлено опытный стенд. В ходе экспериментальных исследований были полученные результаты потребляемой мощности электродвигателя и крутящего момента, которые отображались в виде табличных и графических зависимостей.

RESEARCHES OF OCCASIONS OF MECHANICAL SYSTEMS

Ivan Gevko

The pre-production models of fail-safes and stand are projected and made for the lead-through of them experimental researches. Experimental researches of fail-safes are conducted after their results graphic dependences of moment of workers of fail-safes and certainly coefficients of their dynamic, exactness, sensitiveness, stability and frequency of exception are built.

Ключевые слова: предохранительная муфта, стенд, электродвигатель, крутящий момент, график.

Ключові слова: запобіжна муфта, стенд, електродвигун, обертаючий момент, графік

Key words: lead-through, stand, electric motor, twisting a moment, chart