

2. Система використовувалась на підприємстві ФГУП "ГНП Ракетно-космічний центр "ЦСКБ-Прогресс" при проектуванні та виготовленні планетарних редукторів з циліндро-конічними зубчастими передачами для електромеханічних приводів різного призначення.

**Список літератури:** 1. Лопатин, Д.Б. Электромеханический привод для механизмов углового поворота объектов космической техники / Д.Б. Лопатин, Е.А. Полуэктов, О.Н. Цуканов // Вестник машиностроения. – 2009. – №2. – С.14-16. 2. Создание нового поколения электромеханических приводов трансформируемых систем космических аппаратов: научно-технический сборник / В.П. Еремин, Н.В. Еремин, Б.А. Лопатин и др.; под ред. А.Н. Кириллина, В.П. Еремина. – Самара: ФГУП "ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс", 2011. – 563с. 3. Пат. 2364480 С1 Российская Федерация, МПК В23F 5/24. Способ нарезания зубьев незвольентовой шестерни цилиндрической передачи внутреннего зацепления / Б.А. Лопатин, Е.А. Полуэктов, Д.Б. Лопатин, Р.И. Зайнетдинов, В.М. Рублев. – № 2008117944; заявл. 04.05.08; опубл. 20.08.09, Бюл. №23. – 2с.

Поступила в редколлегию 05.04.2013

УДК 621.833

**Система автоматизированного расчета и анализа геометрии цилиндрической передачи внутреннего зацепления** / Б.А. Лопатин, Е.А. Полуэктов, С.Д. Лопатин // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2013. – №41(1014). – С.60-64. – Бібліогр.: 3 назв.

Традиційні методи розрахунку і аналізу циліндро-конічних передач внутрішнього зацеплення досить трудомісткі через складну геометрію передач. У роботі представлено опис автоматизованої системи, яка дозволяє значно знизити час проектування і здійснити підбір необхідних геометричних параметрів передач.

**Ключові слова:** циліндро-конічна передача, автоматизований розрахунок.

Traditional methods of calculation and the analysis of cylindro-conic gears of internal gearing are rather labor-consuming because of difficult geometry. In this research the description of a software package which allows to lower time of design and to carry out selection of demanded geometrical parameters of gearing is submitted.

**Keywords:** cylindro-conic gearing, automated calculation.

УДК 621.01.(075.8)

**В.О. МАЛАЩЕНКО**, д.т.н., професор НУ "Львівська політехніка";

**В.М. СТРИЛЕЦЬ**, к.т.н., доцент НУ водного господарства

та природокористування, Рівне;

**В.А. ФЕДОРУК**, інженер НУ водного господарства та природокористування

## ПЕРЕДАВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДІВ З АВТОМАТИЧНИМИ ІНЕРЦІЙНО-ВАКУУМНИМИ МУФТАМИ

Наведені нові способи передавання обертального моменту інерційно-вакуумними муфтами за рахунок інерційності мас їх елементів та з'єднання валів способом адгезії півмуфт. Описані конструкції інерційно-вакуумних муфт для реалізації нових способів передавання обертального моменту та особливості динамічних характеристик муфт в різноманітних формах їх виконання.

**Ключові слова:** інерційно-вакуумна муфта, привід, динамічна характеристика.

**Постановка проблеми.** Підвищення технічних характеристик, надійності та довговічності самокерованих муфт, які широко застосовуються в загальному та спеціальному машинобудуванні, а також розширення їх технологічних можливостей при передаванні обертального моменту з швидкохідних валів в циклічному режимі за рахунок використання інерційності маси ведучої півмуфти та адгезії виконавчих елементів муфти.

© В.О. Малащенко, В.М. Стрілець, В.А. Федорук, 2013

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Експлуатаційні вимоги сприяли розробці та проведенню аналізу різноманітних конструкцій самокерованих муфт, що описані у роботах [1-4]. Однак серед відомих конструкцій муфт відсутні такі, які одночасно поєднували б в собі максимальну кількість основних властивостей самокерованих муфт і поряд з тим відповідали б додатковим вимогам до них, при чому компенсування осьового, радіального та кутового збільшеного незбігу геометричних осей валів, забезпечення нелінійної жорсткості, демпфуючої здатності та енергоємності, особливо на швидкохідних валах при циклічній роботі кінематичного ланцюга. Крім того, самокеровані муфти, обертальний момент в яких передається за рахунок сил тертя на поверхнях дотику фрикційних елементів, мають нестабільний характер роботи, особливо в неусталеному режимі роботи, коли відбувається проковзування фрикційних поверхонь дотику півмуфт, через залежність часу зчеплення півмуфт від величини зведеного моменту інерції ведених мас, моменту сил опору, кутової швидкості обертання ведучого вала та часу вмикання. Це спонукало розробку нового класу раціональніших муфт.

**Метою роботи** є процес використання інерційності маси ведучої півмуфти та розроблення для цього нових конструкцій інерційно-вакуумних муфт для реалізації нових способів передавання обертального моменту від одного до іншого кінців валів в циклічному режимі роботи механічних приводів.

**Реалізація роботи.** На основі аналізу способів передавання обертального моменту і конструкцій муфт для їх реалізації, описаних у роботах [1-4], розроблені нові способи для реалізації таких процесів [5-7]. Суть способу [5, 6] полягає в тому, що контакт ведучої та веденої півмуфт і створення тертя між ними виконується осьовою силою, яка виникає за рахунок інерційності маси ведучої півмуфти, встановленої на ведучому валу на косих шліцах, або на несамогальмівній нарізі. Запропонований спосіб передачі обертального моменту забезпечує високу плавність вмикання муфти з одночасним зменшенням часу неусталеного режиму, що забезпечує зменшення динамічного навантаження на вали, а як наслідок, зменшення нагрівання поверхонь тертя та їх спрацювання. Такий спосіб [7] використовує в з'єднанні двох півмуфт розрідження, яке створюється між ведучою і веденою півмуфтами. На основі вказаних нових способів передавання обертального моменту на даний час розроблені інерційно-вакуумні муфти [8, 9].

Муфта запобіжна інерційно-вакуумна [8] (рисунок 1), складається з ведучої півмуфти 1, виконаної у вигляді еластичної тарілки, закріпленої за допомогою фланця 2 та гвинтів 3 на стакані 4 з внутрішніми косими шліцями 5, розміщеними на проміжній втулці 6 з такими ж шліцями на зовнішній поверхні. Проміжна втулка розміщена на ведучому валу 7 за допомогою нарізі 8, витки якої направлені в протилежну сторону нахилу шліців. Стакан та проміжна втулка підпружинені на ведучому валу 7 пружинами стискування 9 і 10, відповідно, в протилежні сторони, причому пружність пружини 10 проміжної втулки в стані спокою більша пружності пружини 9 стакана. Зміна пружності пружин регулюється гайками 11 і 12. Ведуча півмуфта має перепускний клапан 13. На веденому валу 14 за допомогою гвинтів 15, шайби 16 та шпонки 17 закріплена ведена півмуфта 18, виконана у вигляді упорного диска.

Принцип роботи муфти такий. При вмиканні двигуна, на початку обертання ведучого вала, сила радіального опору в нарізевому з'єднанні менша ніж сила радіального опору в шліцьовому з'єднанні з косими шліцями, тоді промі-

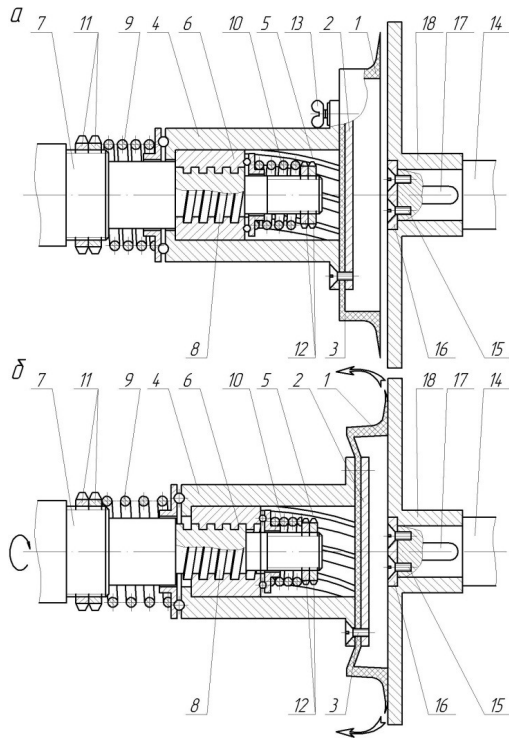


Рисунок 1 – Муфта запобіжна інерційно-вакуумна:  
а – положення до роботи; б – робоче положення

повітря з атмосфери попадає в зону розрідження між півмуфтами, що приводить до їх роз'єднання. Після цього, завдяки тому, що пружність пружини 10 проміжної втулки більша за пружність пружини 9 стакана, проміжна втулка з розміщеним на ній стаканом з ведучою півмуфтою повертається у початкове положення, що зумовлює в подальшому повернення в початкове положення стакану. Для роз'єднання ведучої і веденої півмуфт при нормальному режимі роботи муфти, порожнина між ними за допомогою перепускного клапана з'єднується з атмосферою. В наступному циклі вмикання двигуна процес зчеплення півмуфт повторюється.

В конструкції вище описаної запобіжної інерційно-вакуумної муфти ведуча півмуфта виконана у вигляді еластичної тарілки нестандартного виконання, однак для урізноманітнення технологічних можливостей та технічних характеристик інерційно-вакуумних муфт в їх конструкціях поряд з нестандартними еластичними елементами можуть використовуватись і класичні присоски різноманітних форм та виконань, так як принцип роботи таких муфт і схеми дії сил між їх ведучими і веденими елементами на принципі адгезії між контактними поверхнями будуть ідентичними.

На рисунку 2 показана схема присоски і дія в ній сил при передаванні обертового моменту з ведучого вала на ведений, де:  $P$  – складова сили інерції ведучої півмуфти;  $A$  – сила адгезії ведучої та веденої півмуфт;  $F_{тер}$  – сила тертя між веду-

жна втулка з розміщеним на ній стаканом та ведучою півмуфтою під дією сили, що виникає від інерційності їх мас, зміщується на нарізі ведучого вала до контакту з торцевою поверхнею веденої півмуфти. При цьому еластична тарілка деформується і повітря витискається в атмосферу, а торцева поверхня притискається до торцевої поверхні веденої півмуфти. Далі, при обертанні ведучого вала і зміщенні проміжної втулки в крайнє положення, стакан під дією тієї ж сили, що виникає від інерційності мас ведучої півмуфти, повертаючи деформовану еластичну тарілку у вихідне положення. Завдяки цьому між ведучою і веденою півмуфтами виникає більше розрідження, яке забезпечує повне зчеплення півмуфт і муфта набуває робочого режиму.

При збільшенні обертового моменту на веденому валу, еластична тарілка деформується, щільність стику порушується і

чою півмуфтою (присоскою) та веденою півмуфтою;  $M$  – обертовий момент.

Відповідно до принципу роботи муфти, після первинної деформації еластичної тарілки (присоски), і контакту її торцевої поверхні з поверхнею веденої півмуфти та витиснення повітря з під тарілки (присоски) між контактними поверхнями півмуфт виникає розрідження від складової сили інерції стакану

$$P = mR\omega^2 \cos\alpha, \quad (1)$$

де  $m$  – маса стакану;  $R$  – радіус інерції центра ваги стакану;  $\omega$  – номінальна кутова швидкість обертання ведучого вала;  $\alpha$  – кут нахилу косих шліців стакану.

Нормальна сила притискання ведучого до веденого елемента муфти, що створюється адгезією між поверхнями контакту складає

$$N = mR\omega_0^2 \cos\alpha - P_{пр}, \quad (2)$$

де  $P_{пр}$  – сили пружності пружини і еластичної тарілки (присоски),

$$P_{пр} = mR\omega_0^2 \cos\alpha, \quad (3)$$

де  $\omega_0$  – кутова швидкість обертання ведучого вала при якій будуть подолані сили пружності пружини та присоски.

Підставивши (3) у (2) отримуємо

$$N = mR \cos\alpha (\omega^2 - \omega_0^2). \quad (4)$$

Відомо [10], що

$$N = \pi(D_{np} - 2b)^2 / (4(p_a - p_1)), \quad (5)$$

де  $D_{np}$  – діаметр зовнішньої кромки присоски;  $b$  – ширина ущільнюючого поясочка;  $p_a$  – тиск доквілля;  $p_1$  – тиск всередині порожнини присоски (еластичної тарілки).

Прирівнявши вирази (4) і (5), отримаємо

$$mR \cos\alpha (\omega^2 - \omega_0^2) = \pi(D_{np} - 2b)^2 / (4(p_a - p_1)). \quad (6)$$

З виразу (6) видно, що збільшення розрідження під присоскою (еластичною тарілкою), а відповідно, і нормальної сили притискання ведучого та веденого елементів муфти при сталих параметрах присоски і кутовій швидкості обертання ведучого вала, можна добитися збільшенням маси стакану, що призводить до збільшення обертового моменту, що передається з ведучого вала на ведений і визначається з виразу

$$M = F_{тер}(D_{np} - b) / 2 = Nf(D_{np} - b) / 2, \quad (7)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між поверхнями ведучого та веденого елементів муфти.

Крім того відомо [10], що нормальна сила притискання за рахунок адгезії поверхонь при однаковому розрідженні під присоскою буде більшою зі застосуванням жорсткої присоски в порівнянні з еластичною. Тому використання в кон-

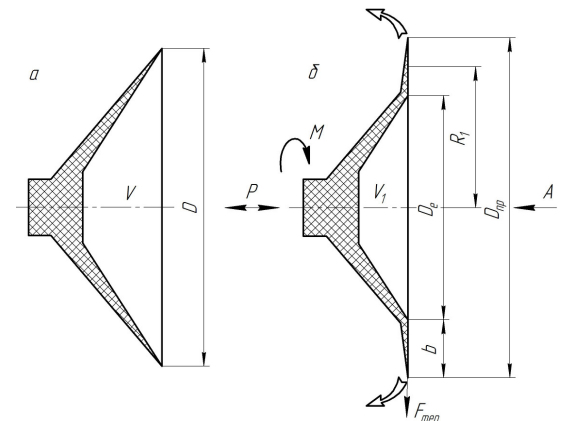


Рисунок 2 – Схема присоски і дія в ній сил при передаванні обертового моменту:  
а – положення до роботи; б – робоче положення

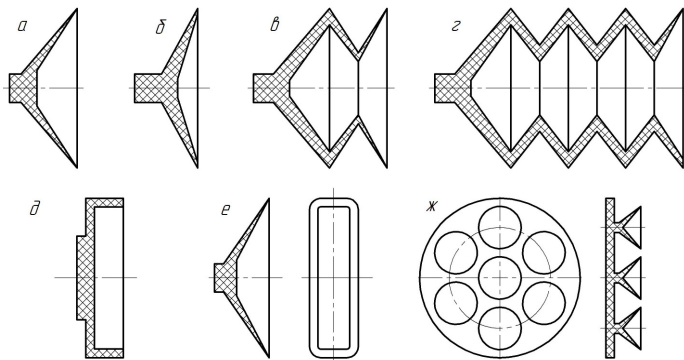


Рисунок 3 – Варіанти виконання присосок в інерційно-вакуумних муфтах: а – конусна глибока; б – конусна плоска; в – у вигляді одноступеневого сільфона; г – багатоступеневого сільфона; д – тарілчаста; е – еліпсоподібна; ж – складена

струкціях інерційно-вакуумних муфт присосок з різноманітної жорсткістю, як за матеріалом, з якого вони виготовлені, так і за формою їх виконання, показаних на рисунку 3, забезпечує урізноманітнення технічних характеристик та технологічних можливостей

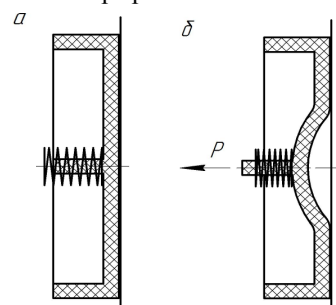


Рисунок 4 – Схема тарілчастої оберненої присоски: а – муфта в неробочому положенні; б – муфта в робочому положенні

Однак всі наведені варіанти виконання присосок, тобто варіанти виконання ведучих півмуфт в конструкціях інерційно-вакуумних муфт передбачають додатковий механізм притискання присосок (ведучих півмуфт) до контактних поверхонь ведених півмуфт і попереднього витиснення повітря з під присосок, що в свою чергу ускладнює конструкції муфт. Крім того для створення більшої величини розрідження під присоскою необхідний значний хід стакану на косих шліцах втулки. Тому запропонована конструкція присоски (ведучої півмуфти) у вигляді тарілчастої оберненої присоски підпружиненої в сторону веденої півмуфти пружиною стиснення (рисунок 4).

Конструктивні особливості та властивості присосок визначають характер функцій жорсткості інерційно-вакуумних муфт, а нелінійність муфт позитивно впливає на зниження резонансних амплітуд коливань. На рисунку 5 показані характеристики інерційно-вакуумних муфт з різними варіантами виконання присосок (ведучих півмуфт).

Із рисунка 5 видно, що характер функції муфти з тарілчастою оберненою присоскою, визначається насамперед конструктивними особливостями муфти, яка забезпечує створення розрідження під присоскою безпосередньо в момент вмикання ведучого вала та властивостями присоски, яка поряд з еластичністю має високу несучу здатність, що забезпечує передавання підвищеного обертового моменту.

На основі конструкції тарілчастої оберненої присоски розроблена конструкція муфти інерційно-вакуумної регульованої [9]. Вона (рисунок 6) складається із ведучої півмуфти 1, виконаної у вигляді еластичної тарілки з днищем 2, яка серединою внутрішньої поверхні днища закріплена за допомогою гвинтів 3 та шайби 4 на підпружиненій, через упорний підшипник 5, пружиною 6 у втулці 7, і встановлена на ведучому валу 8 за допомогою несамогальмівної нарізи 9, витки якої направлені в сторону протилежну напрямку обертання ведучого вала

8. Пружність пружини 6 регулюється гайками 10. На нарізевій поверхні 11 ведучого вала розміщений обмежувач 12 ходу втулки з контргайкою 13. Ведуча півмуфта зовнішньою поверхнею днища знаходиться в постійному контакті з торцевою поверхнею веденої півмуфти 14, закріпленої за допомогою шайби 15, гвинтів 16 та шпонки 17 на веденому валу 18.

Принцип роботи муфти інерційно-вакуумної регульованої такий. В неробочому стані муфти ведуча та ведена півмуфти можуть вільно обертатись одна відносно одної. При вмиканні двигуна, в початковий момент обертання ведучого вала втулка під дією сили, що виникає від інерційності мас

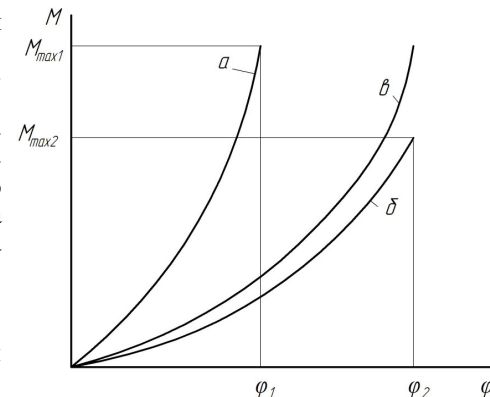


Рисунок 5 – Характеристики інерційно-вакуумних муфт з рівнозначним розрідженням під присоскою: а – з жорсткою присоскою; б – з еластичною присоскою; в – з тарілчастою оберненою присоскою

ведучої півмуфти, пересилуючи пружність пружини зміщується на несамогальмівній різьбі вздовж ведучого вала до контакту обмежувача ходу. В момент зміщення втулки, закріплене до неї серединою внутрішньої поверхні днища еластичної тарілки деформується в середній частині. Завдяки щільному приляганню крайніх торцевих зовнішніх поверхонь днища ведучої і веденої півмуфт, між ними виникає розрідження, яке приводить їх до зчеплення і передачі обертового моменту. Величина розрідження, а отже і сила зчеплення півмуфт, яка забезпечує величину обертового моменту, регулюється величиною ходу втулки за допомогою обмежувача. Відповідно при більшому ході втулки відбувається більша деформація днища ведучої півмуфти, а отже створюється більше розрідження між півмуфтами, яке забезпечує передачу більшого обертового моменту.

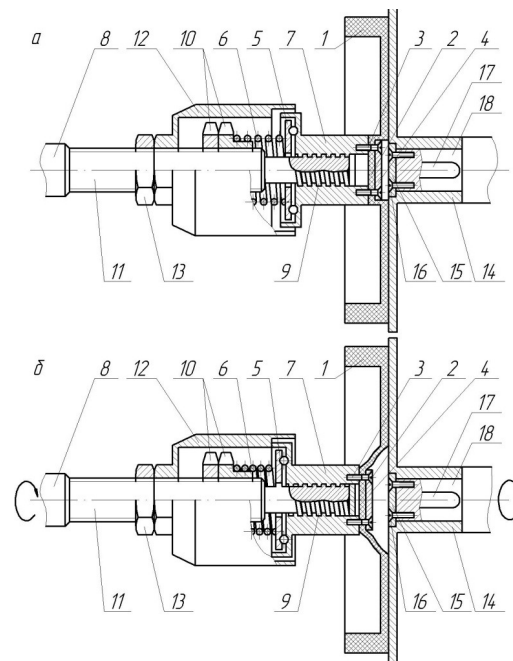


Рисунок 6 – Муфта інерційно-вакуумна регульована: а – положення до роботи; б – робоче положення

В процесі роботи муфти, при збільшенні обертового моменту на веденому валу, крайні торцеві зовнішні поверхні днища еластичної тарілки деформуються і утворюються щілини через які повітря з атмосфери попадає в зону розрідження



між півмуфтами, що приводить до їх роз'єднання. При нормальній роботі муфти, без перевантаження, роз'єднання відбувається при плановій зупинці ведучого вала, при цьому втулка під дією пружини на несамогальмівній нарізі повертається у вихідне положення, розрідження між півмуфтами зникає і вони роз'єднуються.

Муфта інерційно-вакуумна запобіжна здійснює передавання обертального моменту також силами тертя, що створюються на контактних поверхнях муфти за рахунок адгезії між ними. В такій муфті за рахунок конструктивного виконання ведучої півмуфти відсутнє часткове проковзування поверхонь дотику в початковий момент обертання ведучого валу, що виключає негативний вплив ефекту нагрівання поверхонь тертя. В таких муфтах в порівнянні, наприклад, з фрикційними муфтами відсутній час холостого ходу, під час якого відбувається проковзування поверхонь дотику півмуфт.

На рисунку 7 показані порівняльні характеристики залежності обертального моменту від часу вмикання фрикційної та інерційно-вакуумної запобіжної муфти, де:  $M_{оп}$  – момент сил опору;  $M_{зч}$  – момент зчеплення муфти;  $M_{max}$  – максимальний обертальний момент;  $t_x$  – час холостого ходу;  $t_{зч}$  – час зчеплення муфти;  $t_{вмк}$  – час повного вмикання муфти.

З графіків видно, що час холостого ходу  $t_x$  в початковий момент обертання ведучого вала, тобто в перший період вмикання муфти, який характеризується проковзуванням контактних поверхонь в фрикційній муфті, в інерційно-вакуумній муфті відсутній. У фрикційній муфті зчеплення ведучої та веденої півмуфт відбувається до точки В (рисунк 7,а), після чого муфта обертається як одне ціле. Крім того у фрикційній муфті час зчеплення, який залежить від величини зведеного моменту інерції ведених мас, моменту сил опору, кутової швидкості обертання ведучого вала та часу вмикання, може бути меншим часу вмикання, або більшим часу вмикання, що призводить до проковзування поверхонь контакту півмуфт і, відповідно, нагрівання поверхонь тертя. У інерційно-

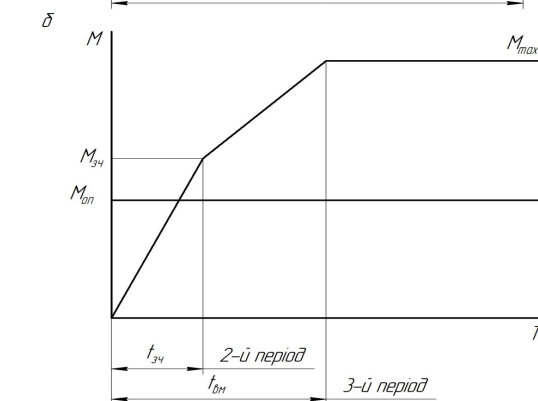


Рисунок 7 – Порівняльні характеристики залежності обертального моменту від часу при вмиканні муфти: а – фрикційної муфти; б – інерційно-вакуумної запобіжної муфти з тарілчастим оберненим елементом

вакуумній муфті перший період, подібно до фрикційної муфти, відсутній, а зчеплення півмуфт відбувається відразу у другому періоді за час  $t_{зч}$  до досягнення муфтою моменту зчеплення  $M_{зч}$ , більшого моменту опору  $M_{оп}$  з подальшим його зростанням до максимального обертального моменту  $M_{max}$ , причому зростання моменту від  $M_{зч}$  до  $M_{max}$  відбувається більш плавно за рахунок пружності тарілчастого елемента.

Запропоновані муфти інерційно-вакуумні можуть бути використані в кінематичних ланцюгах при передачі обертальних моментів з швидкохідних валів, особливо при роботі кінематичних ланцюгів в циклічних режимах.

### Висновки:

1. Розроблено конструкції та проведено попередній аналіз жорсткості, демпфуючої здатності та енергоємності пружних елементів, які можуть бути застосовані в інерційно-вакуумних муфтах швидкохідних приводів різноманітних машин і механізмів циклічної дії, де потрібно мати плавний запуск без проковзування поверхонь півмуфт.

2. Розглянуто будову та принцип роботи нових запатентованих інерційно-вакуумних муфт з пружними елементами особливої конструкції, що здатні передавати енергію двигуна за рахунок використання інерційності маси ведучої півмуфти та сил адгезії виконавчих елементів муфти.

3. Запропоновані муфти є об'єктами подальших досліджень з метою їх впровадження у швидкохідних приводах різноманітних машин і механізмів циклічної дії.

**Список літератури:** 1. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В.О. Малащенко. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2009. – 196с. 2. Малащенко В.О. Кулькові механізми вільного ходу / В.О. Малащенко, П.М. Гаїшук, О.І. Сороківський, В.В. Малащенко. – Львів: Новий Світ-2000, 2012. – 212с. 3. Иванов М.Н. Детали машин / Иванов М.Н. – М.: "Высшая школа", 1984. – 336с. 4. Решетов Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. – М.: "Машиностроение", 1989. – 496с. 5. Пат. 54454 Україна, МПК F16D 13/00. Спосіб передачі крутного моменту муфтою [Текст] / Федорук В.А., Стрілець О.Р., Стрілець В.М., Федорук М.Л., Бондарчук Б.В.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u№201005421; заявл. 05.05.10; опубл. 10.11.10, Бюл. №21, 2010р. 6. Пат. 76015 Україна, МПК F16D 13/00, F16D 43/00 Спосіб передачі обертального моменту муфтою [Текст] / Федорук В.А., Малащенко В.О., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u№201205566; заявл. 07.05.12; опубл. 25.12.12, Бюл. №24, 2012р. 7. Пат. 63039 Україна, МПК F16D 13/00. Спосіб передачі крутного моменту [Текст] / Федорук В.А., Федорук С.Л., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u№201102344; заявл. 28.02.11; опубл. 26.09.11, Бюл. №18, 2011р. 8. Пат. 63809 Україна, МПК F16D 13/00. Муфта запобіжна інерційно-вакуумна [Текст] / Федорук В.А., Федорук С.Л., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u№201102478; заявл. 02.03.11; опубл. 25.10.11, Бюл. №20, 2011р. 9. Пат. 63058 Україна, МПК F16D 13/00. Муфта інерційно-вакуумна регульована [Текст] / Федорук В.А., Федорук С.Л., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – u№201102473; заявл. 02.03.11; опубл. 26.09.11, Бюл. №18, 2011р. 10. Якимчук М.В. Дослідження зусиль утримання упаковок вакуумними захоплюючими пристроями / М.В. Якимчук // Харчова промисловість. – №10. – 2011. – С.240-245.

Надійшла до редколегії 19.04.2013

УДК 621.01.(075.8)

**Передавання енергії та динамічні характеристики приводів з автоматичними інерційно-вакуумними муфтами / В.О. Малащенко, В.А. Федорук // Вісник НТУ "ХПІ".** Серія: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2013. – №41(1014). – С.64-72. – Бібліогр.: 10 назв.

Приведены новые способы передачи крутящего момента инерционно-вакуумными муфтами за счет инерционности масс их элементов и соединения валов способом адгезии полумуфт. Описаны конструкции инерционно-вакуумных муфт для реализации новых способов передачи крутящего момента и особенности динамических характеристик муфт в различных формах их исполнения.

**Ключевые слова:** инерционно-вакуумная муфта, привод, динамическая характеристика.

The new methods of torque transmitting by inertial-vacuum clutches due to weights inertia of its elements and shaft connections by half clutches adhesion are shown. The design of inertial-vacuum clutches for new ways of torque transmitting realization and peculiarities of dynamic characteristics of clutches of various forms are described.

**Keywords:** inertial-vacuum clutch, drive, dynamic characteristics.

УДК 621.01.833

**Х.Д. МУСТАФАЕВ**, к.т.н., докторант каф. металловедения и механики машин АзАСУ, Баку, Азербайджан

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА СТОЛА ОТКЛЮЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В работе рассматривается динамика остановки стола электромеханического привода механической машины.

**Ключевые слова:** привод, динамика, механика, электромеханика, машина.

Точная обработка деталей на металлорежущих станках тесно связана точной координатной перестановкой исполнительного органа (например, станка) относительно инструмента или наоборот. Например, при обработке отверстий в сверлильных станках точное межосевое расстояние обеспечивается методом точного перемещения заготовки относительно сверла или наоборот.

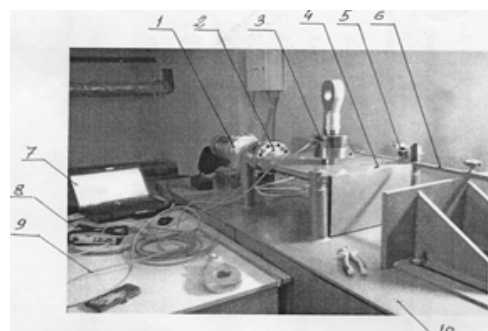


Рисунок 1 – Экспериментальная установка:  
1 – мотор-редуктор; 2 – датчик крутящего момента; 3 – датчик усилий; 4 – стол; 5 – конечный выключатель; 6 – ограничитель перемещения; 7 – ноутбук; 8 – перчатка; 9 – соединительные кабели; 10 – стол-подставка для размещения приборов

Под точностью остановки стола понимается колебания выбега стола. А выбег – это есть путь, пройденный столом после отключения движения электродвигателя и приложения тормозного момента. Чем меньше выбег и диапазон его колебания, тем выше точность остановки стола.

В настоящей работе исследуются влияние конструктивных элементов, возбуждающих сил и сил трения на динамику остановки стола электромеханического привода (рисунок 1).

Электромеханический привод стола\* приведен к двухмассовой динамической модели (рисунок 2).

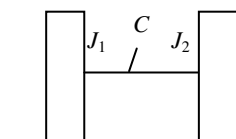


Рисунок 2 – Динамическая модель

Выбег стола определяется по формуле  $\Delta l = S / (2\pi i) \varphi_2$ ,

где  $\varphi_2$  – угол поворота массы с моментом инерции  $J_2$ ;  $S$  – шаг ходового винта;  $i$  – общее передаточное отношение.

Для определения углов поворота  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  масс с моментом инерции  $J_1$  и  $J_2$  необходимо решать дифференциальные уравнения движения привода стола, составленных с учетом влияющих факторов.

\*Электромеханический привод стола был спроектирован, изготовлен и испытан под руководством д.т.н., профессора Х.С. Самидова с участием докторанта Х.Д. Мустафаева.