

УДК 621. 825

Малашенко В.О., д.т.н., Коруняк П.С., к.т.н.,

Ніщенко І.О., к.ф-м.н., Федик В.В., асп.

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРУЖНО-КУЛЬКОВИХ МУФТ ТРАСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Постановка проблеми. Муфти входять до складу багатьох механізмів та машин і є відповідальними складальними одиницями, які часто визначають надійність і довговічність всієї машини. Основне їх призначення – передавання обертового руху без зміни його величини і напрямку з одного вала на інший або з вала на деталь, що знаходиться на ньому.

Поряд з кінематичними і силовими взаємодіями окремих частин машини муфти забезпечують виконання інших відповідальних функцій [1-6], які характеризують роботоздатність обладнання.

Різноманітність вимог, що ставляться до цих пристроїв у відповідності до умов експлуатації приводів машин і агрегатів, у склад яких входять муфти, привело до виникнення великого ряду їх конструкційних виконань. При цьому часто у транспортних машинах застосовуються складні комбіновані пристрої, які об'єднують у собі властивості декількох типів простих муфт, що також істотно збільшує їхні типорозміри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі технологічні процеси, для яких важливим і визначальним чинником роботоздатності кінематичного ланцюга є запобіжні муфти, які призначені для захисту його елементів від перевантаження. Вони роз'єднують вали під час зростання зовнішнього навантаження більше від допустимого значення. Наявність запобіжних муфт у кінематичному ланцюгу дозволяє точніше визначити розрахункові параметри під час проектування машин, що приводить до зменшення запасу міцності і ваги машини [6-8].

Запропоновані нові кулькові та запатентована [11] запобіжні муфти, які під час перевантаження під дією осьових зусиль, обумовлених формою робочої поверхні веденої півмуфти та її спряження з кульками, відбувається розмикання з'єднаних кінців валів. Більш того, такого типу муфти здатні компенсувати в достатньому діапазоні неспіввісність валів.

При цьому в основу покладено те, що робота кулькової запобіжної муфти ґрунтується на умові рівноваги рухомої півмуфти та кульки [6,9], з якої визначається величина сили стиснення пружини.

Постановка завдання. Завданням даної роботи є розроблення конструктивних схем та аналіз роботи пружно-кулькових запобіжних

муфт, у яких кульки, у разі перевантажень, мали б можливість рухатися у радіальному напрямку в площині перпендикулярній до осі обертання муфти, та роз'єднувати кінці валів кінематичного ланцюга.

Виклад основного матеріалу. На рис.1 наведена принципова схема нової кулькової запобіжної муфти, яка складається з двох півмуфт жорстко закріплених на кінцях валів. Вона передає обертальний момент завдяки підпружинених кульок, що знаходиться у кільцевому каналі між півмуфтами, ширина якого менша за її діаметр d . Наявність каналу розширює можливості муфти стосовно компенсувальних функцій.

На даний час така муфта розроблена та запатентована в Україні як корисна модель. Її впровадження ставить задачі стосовно проведення комплексних досліджень кінематичних та силових показників для визначення навантажувальної здатності та ефективних режимів роботи такого типу муфт.

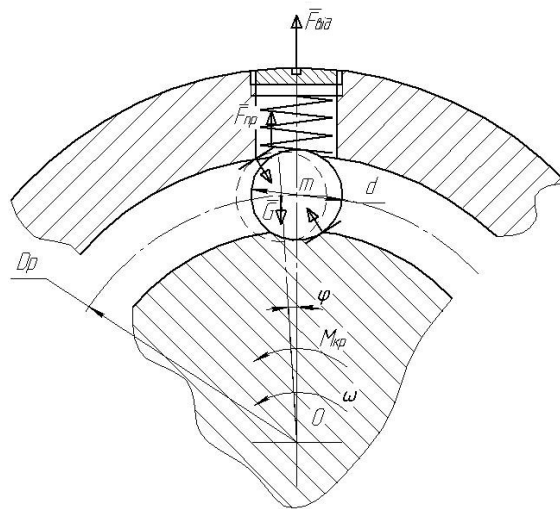


Рисунок 1. Принципова схема кулькової запобіжної муфти.

Проаналізовано роботу запропонованої конструкції муфти, розглядаючи кожен із її елементів як окремі тіла [10]. Для цього встановлено сили, під дією яких вони спільно рухаються. На внутрішню півмуфту (тіло 1), з радіусом R_1 і моментом інерції I_1 відносно осі обертання O_1 , діє крутний момент $M_{кр}$, реакції X_{O1} та Y_{O1} та зі сторони кульки нормальні реакції N_1 і N_3 , лінії дії яких проходять через її центр (точка O_2 , рис. 2). Силами тертя нехтуємо.

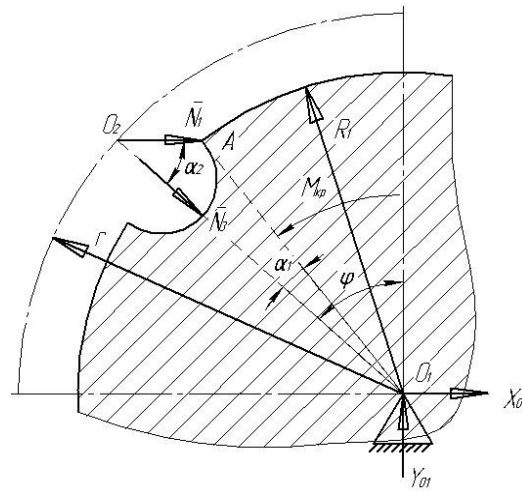


Рисунок 2. Схема дії сил на тіло 1.

За рис. 2 диференціальне рівняння обертового руху тіла 1 має вигляд

$$I_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_{kp} - N_1 \sin \alpha_2 \cdot r \quad (1)$$

У цьому виразі кут α_2 знаходимо з $\Delta O_2 A O_1$ за теоремою косинусів

$$\cos \alpha_2 = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + r^2 - R_1^2}{2r \cdot \frac{d}{2}} \quad (2)$$

На тіло 2 (рис. 3), з внутрішнім радіусом R_2 і моментом інерції I_2 відносно осі обертання O_1 , діє зі сторони кульки реакція N_2 , яка теж проходить через точку O_2 .

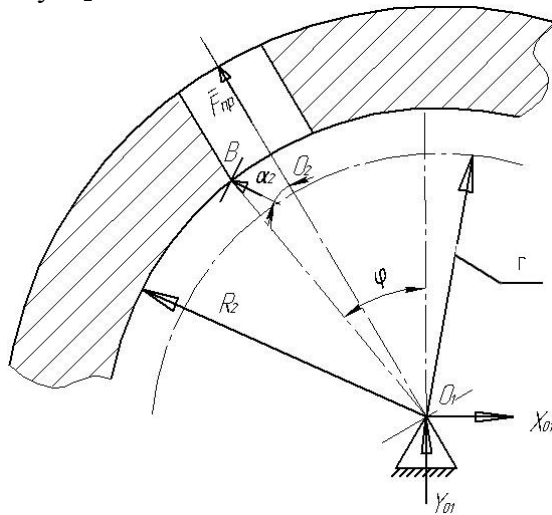


Рис. 3. Схема дії сил на тіло 2 (зовнішня півмуфта)

Крім того, на це тіло діє сила пружності F_{np} стисненої пружини

$$F_{np} = C (y_0 + r - r_0), \quad (3)$$

де C – жорсткість пружини; y_0 – величина стиску пружини при нерухомому механізмі; r_0 – значення полярного радіуса при нерухомому механізмі;

$r = OO_2$
– значення полярного радіуса під час руху механізму.

Запишемо диференціальне рівняння обертального руху тіла 2

$$I_2 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = N_2 \sin \alpha_3 r, \quad (4)$$

де кут α_3 визначається з $\Delta O_1 O_2 B$ за теоремою косинусів

$$\cos \alpha_3 = \frac{R_2^2 - (d/2)^2 - r^2}{2r \cdot d/2}. \quad (5)$$

На тіло 3 (кульку) діють реакції N_1 і N_2 , сила ваги $G=mg$ і сила пружності стисненої пружини F_{np} . Ці сили показані на рис.4.

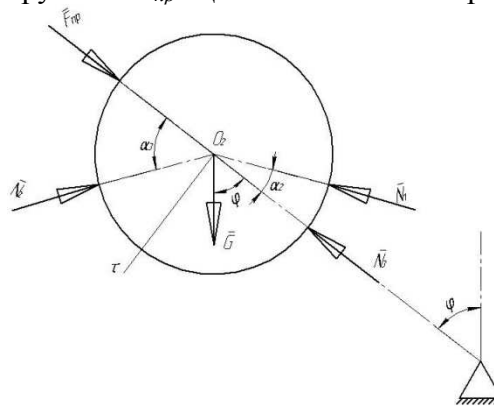


Рис.4. Схема дії сил на тіло 3 (кульку).

Диференціальне рівняння руху центра маси m кульки (точка O_2) в проєкціях на осі рухомої системи координат $nO_2\tau$ зручно записати так:

$$m \left(\frac{d^2 r}{dt^2} - \varphi^2 r \right) = N_1 \cos \alpha_2 - N_2 \cos \alpha_3 - mg \cos \varphi - C(y_0 + r - r_0) + N_3; \quad (6)$$

$$m \left(\frac{rd^2 \varphi}{dr^2} + 2\varphi^2 \frac{dr}{dt} \right) = N_1 \sin \alpha_2 + mg \sin \varphi - N_2 \sin \alpha_3, \quad (6)$$

де $\varphi = \frac{d\varphi}{dt}$ – кутова швидкість тіл 1 і 2;

$r \varphi^2$ – доцентрове прискорення;

$2\dot{\varphi} \frac{dr}{dt}$ - прискорення Коріоліса.

Розв'язки (1) і (3) відносно N_1, N_2 мають вигляд:

$$N_1 = \frac{1}{r \sin \alpha_2} \left(M_{kp} - I_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right); \quad N_2 = \frac{I_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2}}{r \sin \alpha_3}. \quad (7)$$

Підставимо отримані вирази в диференціальні рівняння (6), матимемо

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} + \left(\frac{I_1 \operatorname{ctg} \alpha_2 + I_2 \operatorname{ctg} \alpha_3}{r} \right) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = m r \dot{\varphi}^2 + \frac{M_{kp}}{r} \operatorname{ctg} \alpha_2 - mg \cos \varphi - C(y_0 + r - r_0)$$

$$(mr^2 + I_1 + I_2) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = mgr \sin \varphi + M_{kp} - 2r \dot{\varphi} \frac{dr}{dt} m \quad (8)$$

Використаємо друге рівняння і виключимо з першого - $\frac{d^2 \varphi}{dt^2}$

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = m r \dot{\varphi}^2 + \frac{M_{kp}}{r} \operatorname{ctg} \alpha_2 - mg \cos \varphi - C(y_0 + r - r_0) - \frac{I_1 \operatorname{ctg} \alpha_2 + I_2 \operatorname{ctg} \alpha_3}{(mr^2 + I_1 + I_2)} (mg \sin \varphi + \frac{M_{kp}}{r} - 2\dot{\varphi} \frac{dr}{dt} m) + N_3. \quad (9)$$

Центр маси кульки почне рухатись у радіальному напрямку тільки тоді, коли реакція N_3 стане від'ємною, тобто при $r = r_0, \frac{dr}{dt} = 0$ має виконуватись нерівність:

$$mr_0 \omega^2 + \frac{M_{kp}}{r_0} \frac{mr_0^2 \operatorname{ctg} \alpha_2 + I_2 (\operatorname{ctg} \alpha_2 - \operatorname{ctg} \alpha_3)}{mr_0^2 + I_1 + I_2} - C y_0 - mg \left(\cos \varphi + \frac{I_1 \operatorname{ctg} \alpha_2 + I_2 \operatorname{ctg} \alpha_3}{mr_0^2 + I_1 + I_2} \sin \varphi \right) \geq 0 \quad (10)$$

Висновки. 1. Отриманий аналітичний вираз (10) має певне практичне значення стосовно проведення розрахунків подібних конструкцій на стадії проектування, а також аналізуючи рівняння руху елементів муфти та сили, що діють на них, можна визначити умови її роботоздатності.

2. Крім того, у разі заклинюванні муфти ($\omega = 0$) з нерівності (10) можна знайти максимальний обертальний момент M_{kp}^{max} , розв'язавши нерівність відносно моменту.

3. Для впровадження запропонованої муфти необхідні подальші її дослідження можливостей застосування в приводах транспортної техніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. – Львів: Видав. НУЛП, 2006. – 196с.; 2009. – 214с. (2-е видання).
2. Малащенко В.О., Павлище В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунку. – Львів: Новий Світ-2000, 2008. – 148с.; 2011. – 218с. (2-е видання).
3. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування. – Львів: Новий Світ-2000, 2011. – 254с. (4-е видання доповнене).
4. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів. – Львів: Новий Світ-2000, 2012. – 254с.
5. Малащенко В.О., Стрілець В.М., Стрілець О.Р. Методи графічних розрахунків деталей машин. – Рівне, видав. НУВГП, 2013. – 320 с.
6. В.С.Поляков, И.Д. Барбаш. Муфты. Конструкции и расчет. - Л.: Машиностроение, 1973. - 336 с.
7. В.С.Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский. Справочник по муфтам. Л.: Машиностроение, 1974. - 352 с.
8. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – Львів.: Афіша, 2003. – 560с.
9. М.В. Райко. Расчет деталей машин и узлов машин. К., Техника, 1966. - 498 с.
10. В.М. Стражинский. Теоретическая механика. М.: Наука, 1980. - 464с.
11. Патент № 86206, МПК F 16 D 03/00. Муфта / Коруняк П.С., Малащенко В.О., Ковальчук Т.Ю. Опуб. 25.12.13. Бюл. № 24, 7с.