

предохранительным клапаном КП и манометром М1. При совершении штоком пневмоцилиндра Пц2 возвратно-поступательных перемещений, воздух через обратные клапаны К1 и К2 поступает из атмосферы в полости пневмоцилиндра, а через клапаны К3 и К4 подается в ресивер. Возвратно-поступательные перемещения пневмоцилиндров происходят до тех пор, пока давление в ресивере не достигнет 0,6 МПа. После этого, усилия, действующие на штоках пневмоцилиндров, уравниваются, и движение прекращается. После уменьшения давления в ресивере возвратно-поступательные перемещения пневмоцилиндров возобновляются автоматически. Узел газораспределения включает в себя два цифровых пневмоцилиндра Пц5-Пц6 и Пц7-Пц8, управление которыми осуществляется от распределителей Р4...Р7. Питание этих распределителей происходит воздухом из ресивера.

Цифровые пневмоцилиндры осуществляют перемещение задвижек шаровых кранов Кр1 и Кр2. Имитация линии газораспределения осуществлена с помощью трубопровода, на входе которого установлен манометр М1, регулятор давления Рд3 с манометром и дроссель Др2. Сжатый воздух, имитирующий газ подается на штуцер «Вход газ», манометр М2 фиксирует входное давление. Регулятор Рд3 обеспечивает необходимый перепад давления, а воздух из трубопровода истекает в атмосферу через дроссель Др2. Входная полость газораспределителя соединяется со входом блока подготовки, а выход регулятора давления Рд3 соединяется с атмосферными каналами преобразователя давления.

Список литературы: 1. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. - Герц Е.В., М.: Машиностроение, 1985. – 256с. 2. Ибрагимов И.А. Элементы и системы пневмоавтоматики. – Ибрагимов И.А., Фарзани Н.Г., Ильясов А.В., Учебное пособие для вузов. М.: «Высшая школа», 1975. 360 с. 3. Дмитриев В.Н. Основы пневмоавтоматики.- Дмитриев В.Н., Градецкий В.Г., М: Машиностроение, 1973, 360 с. 4. Wolkow S., Krugowoj A., Poliwcew W., Taranenko W. Moduł wzmacniania ciśnienia dla układów pneumatycznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.

Сдано в редакцию 30.05.06
Рекомендовано д.т.н., проф. Бухач А.

РОЗРАХУНОК КОНІЧНИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ РОЗЧИНОЗМІШУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ УРЗ-3,8 НА ЗНОС

Попов С.В. (ПолтНТУ, м. Полтава, Україна)

This paper is devoted to sliding friction. The problem of determination sliding surfaces size of separate components after loading is attacked in the article. The scientist pays attention to a special construction of mobile mortar mixer with special conical sliding bearings. Main gear is spur tooth pinion and wheel with barrel-shaped axles. The article describes equations of deterioration a new structure conical bearings of this mixer in details. The theory investigations indicate that conical size of bearing parts has an influence on deterioration value. A new mixer is more efficient than the former ones

Постановка проблеми. Для механізації незначних обсягів оздоблюваних робіт у будівництві Полтавським національним технічним університетом імені Юрія Кондратюка спроектована і виготовляється універсальна розчинозмішувальна установка УРЗ-3,8

мобільного типу [1]. Однією з її характерних особливостей є відсутність традиційних торцевих гумових ущільнень підшипників кочення. Дані ущільнення мають дуже низький термін експлуатації, тим самим, порушуючи герметичність бункера-змішувача з часом. Для уникнення розгерметизації розроблено спеціальні регульовані конічні підшипники ковзання та застосовано в кінематичній схемі приводу цівкову передачу, що працює безпосередньо в будівельному розчині [2, 3].

Конічні підшипники ковзання піддаються впливу значного вісьового та радіального зусиль під час роботи установки і спрацьовуються з часом. У зв'язку з цим виникла необхідність визначити величину зносу цапфи і вставки підшипника, які являють собою конічну пару тертя.



Рис. 1. Універсальна розчинозмішувальна установка УР3-3,8 мобільного типу на стадії виготовлення: а) – вид з переду; б) – вид із заду

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, під час тертя відбувається руйнування поверхневих шарів матеріалів, що труться. Це явище проявляється у виникненні частинок певних розмірів, форми та хімічного складу, які називаються частинками зносу. Їх склад та розміри залежать від умов тертя та механізму зносу [4]. На даний час проведені широкі дослідження щодо встановлення зв'язку між тертям та зносом. В. Невковим експериментально встановлено зв'язок між поверхневою температурою, коефіцієнтом тертя та зносом [5]. І.В. Крагельський, базуючись на уявленні про втомну природу зносу, опублікував теоретичні дослідження, присвячені вивченню зв'язку між інтенсивністю зносу та коефіцієнтом тертя [6]. В теорії Мак-Грегора для розрахунку зносу двох механічно взаємодіючих конструктивних елементів розглядаються дві основні моделі: модель нульового зносу при переважно пружній деформації поверхонь, що труться, і модель вимірюваного зносу, для якої справедливі умови абразивного зносу [4]. При розрахунку тертя та зносу за енергетичною теорією Г. Фляйшера досліджувана трибологічна система розглядається як комплекс, що підлягає навантаженню. Цей комплекс включає контртіло, індентор та проміжний матеріал (змащення, оточуюче середовище). Його поведінка описується за допомогою енергетичних законів та співвідношень [7].

Формулювання цілей статті. Ресурс роботи кожної машини залежить від довговічності вузлів та деталей, із яких її виготовлено. Щоб визначити строк служби конічних підшипників ковзання універсальної розчинозмішувальної установки мобільного типу УР3-3,8 необхідно дослідити вплив діючих на них навантажень, що виникають під час приготування (перемішування) та видачі будівельного розчину.

Виклад основного матеріалу. Визначимо величину спрацювання цапфи і вставки, із яких складається регульований конічний підшипник ковзання, під дією радіального та вісьового зусиль. При цьому будемо користуватись розрахунковою схемою, яку подано на рис. 2.

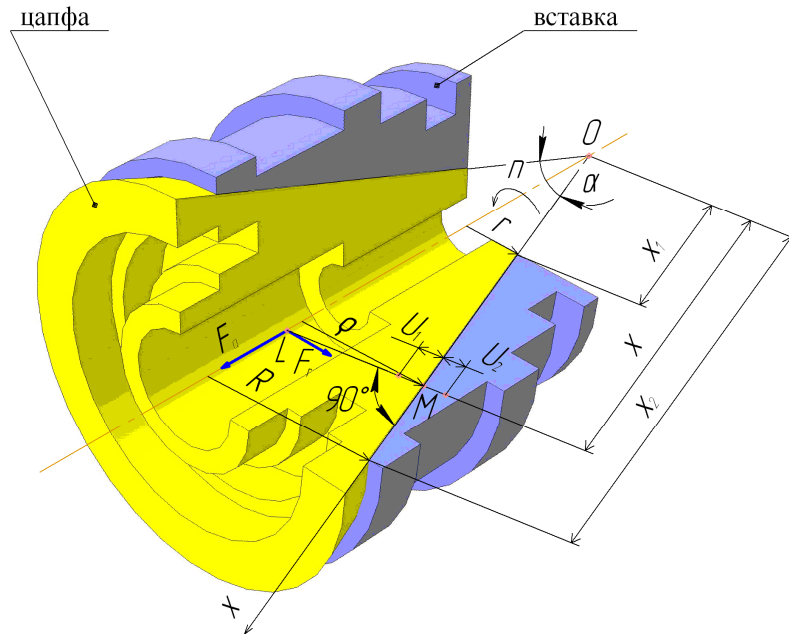


Рис.2. Розрахункова схема до визначення величини зносу

Лінійний закон зносу в умовах сухого та граничного тертя має наступний вид:

$$\gamma = k \cdot p \cdot V, \quad (1)$$

де γ – швидкість зносу; k – характеристика зносу матеріалу спряженої деталі; V – швидкість ковзання:

$$V = 2\pi \cdot \rho \cdot n, \quad (2)$$

ρ – відстань від осі обертання до довільної точки М, що знаходиться на поверхні тертя, тобто твірній конуса

$$\rho = x \cdot \cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) = x \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (3)$$

x – відстань від вершини конуса до точки М; n – частота обертання вставки.

Для розрахунків приймаємо лінійну залежність між величиною зносу U та часом зносу t , тоді:

$$\gamma = \frac{U}{t} = const. \quad (4)$$

Основною характеристикою зносу деталі є лінійний знос, виміряний за нормаллю (відрізок LM на рисунку) до поверхні тертя.

Знос спряження характеризується параметром U_{1-2} . Це величина відносного зближення зношених вставки і цапфи у осьовому напрямі. Сума їх зносів, що виміряна у напрямі осьового зближення, повинна бути постійною і дорівнювати зносу всього спряження:

$$U_1 + U_2 = U_{1-2} = const. \quad (5)$$

Це співвідношення називають умовою дотику тіл, так як воно характеризує важливу особливість протікання зносу спряження: при будь-якій формі зношеної поверхні деталей спостерігається повний контакт спряжених поверхонь.

Для будь-якої точки буде виконуватись рівняння:

$$U_{1-2} = \frac{U_1 + U_2}{\cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} \text{ або } \gamma_{1-2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (6)$$

де $\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)$ – кут між нормаллю LM та напрямом взаємного зближення вставки з конусом.

Виразимо швидкості зносу спряжених поверхонь наступним чином:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= k_1 \cdot p \cdot 2\pi \cdot \rho \cdot n = k_1 \cdot p \cdot 2\pi \cdot x \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n; \\ \gamma_2 &= k_2 \cdot p \cdot 2\pi \cdot \rho \cdot n = k_2 \cdot p \cdot 2\pi \cdot x \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n \end{aligned} \quad (7)$$

Враховуючи формулу (7) запишемо (6) наступним чином:

$$\gamma_{1-2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2\pi \cdot n \cdot p \cdot (k_1 + k_2) \cdot x. \quad (8)$$

З формули (8) виразимо значення p :

$$p = \frac{1}{x} \cdot \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)}. \quad (9)$$

Знайдемо залежність між силами F_r , F_a та тиском p , що розподілений по поверхні тертя:

$$\begin{aligned} F_r &= \int_{A_1} p \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot dA_1 = \int_{x_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}^{x_2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} p \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot x \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot dx = \\ &= \int_{x_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}^{x_2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} p \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot 2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot x \cdot dx = \int_{x_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}^{x_2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} p \cdot \sin \alpha \cdot x \cdot dx = \\ &= \sin \alpha \int_{x_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}^{x_2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \frac{1}{x} \cdot \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot x \cdot dx = \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin \alpha \int_{\frac{r}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}^{\frac{R}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} dx = \\ &= \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin \alpha \cdot \int_{\frac{r}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}}^{\frac{R}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}} dx = \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{(R - r)}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \\ &= \frac{\gamma_{1-2} \cdot (R - r)}{\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
F_a &= \int_{A_2} p \cdot \cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot dA_2 = \int_{A_2} p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot dA_2 = \int_{x_1}^{x_2} p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot 2\pi \cdot \rho \cdot dx = \\
&= \int_{x_1}^{x_2} p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot 2\pi \cdot x \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot dx = 2\pi \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \int_{x_1}^{x_2} p \cdot x \cdot dx = \\
&= 2\pi \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x} \cdot \frac{\gamma_{1-2}}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot x \cdot dx = \frac{\gamma_{1-2}}{n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \int_{x_1}^{x_2} \frac{R}{r} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} dx =
\end{aligned} \tag{11}$$

$$= \frac{\gamma_{1-2}}{n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \left(\frac{R-r}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{(R-r) \cdot \gamma_{1-2}}{n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Зменшення кута α зменшує величину осьового навантаження і збільшує радіальне. Виразимо результуюче зусилля:

$$\begin{aligned}
F_\Sigma &= \sqrt{\left(\frac{(R-r) \cdot \gamma_{1-2}}{n \cdot (k_1 + k_2)} \right)^2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{\gamma_{1-2} \cdot (R-r)}{\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \right)^2 \cdot \cos^4 \frac{\alpha}{2}} = \\
&= \frac{(R-r) \cdot \gamma_{1-2}}{n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}.
\end{aligned} \tag{12}$$

Виразимо з формули (12) значення швидкості зносу:

$$\gamma_{1-2} = \frac{F_\Sigma \cdot n \cdot (k_1 + k_2)}{(R-r) \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}}. \tag{13}$$

Виразимо значення тиску, враховуючи (9) та (13):

$$\begin{aligned}
p &= \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot n \cdot (k_1 + k_2)} \cdot \frac{F_\Sigma \cdot n \cdot (k_1 + k_2)}{(R-r) \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}} = \\
&= \frac{1}{x} \cdot \frac{F_\Sigma}{2\pi \cdot (R-r) \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}}.
\end{aligned} \tag{14}$$

Підставивши (14) в (7), враховуючи (4) отримаємо:

$$\begin{aligned}
U_1 &= k_1 \cdot p \cdot 2\pi \cdot x \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n \cdot t = \frac{F_\Sigma \cdot k_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n \cdot t}{(R-r) \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}}, \\
U_2 &= k_2 \cdot p \cdot 2\pi \cdot x \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n \cdot t = \frac{F_\Sigma \cdot k_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot n \cdot t}{(R-r) \cdot \sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{\pi^2} \cos^4 \frac{\alpha}{2}}}.
\end{aligned} \tag{15}$$

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, нами визначено величину зносу спряжених деталей конічного підшипника ковзання від дії на них не лише вісьового, але й радіального навантаження, записано вираз для результуючого зусилля. Аналізуючи певні співвідношення, можна зробити висновок, що тиск на поверхні тертя підшипника розподіляється за гіперболічною залежністю. Впливаючи на геометрію конічних цапфи і вставки при заданих навантаженнях можна змінити термін служби підшипника, досягнути найбільш сприятливого співвідношення між F_a і F_r . Необхідно призначити для виготовлення деталей тертя підшипникового вузла матеріал стійкий до спрацювання, або надати поверхневим шарам цапфи і вставки підвищених зносостійких властивостей шляхом застосування методів поверхневого зміцнення. Наприклад, застосувати метод газополум'яного напилення самофлюсуючогося титанового порошку на основі нікелю марки ПГ-10Н-01. Невід'ємною складовою подальших досліджень є розроблення випробувального стенду та проведення серії експериментів по визначенню спрацювання деталей спряження ваговим методом. Порівняння теоретичних і практичних результатів між собою.

Перелік літератури: 1. Онищенко А.Г., Васильев А.В., Попов С.В. Новые машины для механизации отделочных работ в строительстве // Строительные и дорожные машины. – 2006. – №1. – С.7-9. 2. Онищенко О.Г., Попов С.В. Регульовані конічні підшипники ковзання мобільної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №1. – С.45-47. 3. Онищенко О.Г. Розчинозмішувальна установка УРЗ-04. / О.Г. Онищенко, С.В. Попов, В.У. Уст'янцев // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 15. – С.3-7. 4. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания / Пер. с нем. О.Н. Озерского, В.Н. Пальянова; Под ред. М.Н. Добычина – М.: Машиностроение, 1984. – 264 с. 5. Невков В. Влияние температуры на терние и износ: Материалы доклада на Всесоюзной конференции "Природа трения твердых тел". Гомель, 1969 г. 6. Крагельский И.В. Аналитические зависимости применительно к расчету сил трения. – В кн.: О природе трения твердых тел. Т.3. Минск: Наука и техника, 1969, С.33-55. 7. Фляйшер Г. К вопросу о количественном определении трения и износа. – В кн.: Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин. М.: Наука, 1982, С.285-296.

Сдано в редакцию 18.04.06

Рекомендовано д.т.н., проф. Параскив Д.

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОМЕХАНИКИ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА

Постольник Ю.С., Кондрашева О.А., Кабаков А.М.

(ДГТУ, г. Днепропетровск, Украина)

The reverse nonlinear task of applied thermo-mechanics on determination maximum of the possible mode of the speed heating of cylinder from the positions of thermo-strength is decided by means of the method of equivalent sources.

1. Введение. В настоящее время проблемы прикладной механики приобретают все большую активность не только для передовых отраслей техники (реактивной, газо-, турбо-ракето- и реакторостроения), но и для традиционных энергоемких производств прежде