

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
Таврійська державна агротехнічна академія

Кафедра „Деталі машин”

ВИПРОБУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 11 м

з дисципліни “Деталі машин”

Розділ „Деталі, що обслуговують передачі”

Для студентів III курсу механічних спеціальностей

2004

Розробив: доцент Буденко С.Ф.

Рецензенти: зав. каф. ДМ, доцент Аблогін М.М.;
доцент Вершков О.О.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедрі ДМ,
протокол № _____ від _____ 2004 р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією факультету механізації сільського господарства, протокол № _____ від _____ 2004 р.

Комп'ютерний набір і верстка зроблені
на кафедрі ДМ лаб. Нестеренко О.Л.

МЕТА РОБОТИ: Встановити залежність приведеного моменту тертя підшипника від співвідношення радіального та осевого навантаження на нього.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час самостійної підготовки до роботи ознайомитись з основними конструкціями, умовами роботи, особливостями монтажу підшипникових вузлів, що призначені для сприйняття різних по напрямку і інтенсивності навантажень.

1.2 Питання для самопідготовки

1. На які основні групи по напрямку навантаження, що сприймається поділяють підшипники кочення?
2. Які конструкції підшипників не призначені для сприйняття осевих навантажень?
3. Які типи підшипників кочення не можуть сприймати радіальні навантаження?
4. Чи можливе використання радіальних однорядних кулькових підшипників для сприйняття спільно діючого радіального і осевого навантаження?
5. Які основні параметри підшипників регламентують їх точність? Який з класів точності найбільш поширений?
6. Від яких складових залежать втрати на тертя у підшипниках кочення? Назвіть найбільш ефективні конструктивні та експлуатаційні заходи по зменшенню приведенного коефіцієнта тертя підшипників.
7. Які зовнішні ознаки свідчать про порушення нормальної роботи підшипникового вузла?
8. Від яких основних факторів залежить розрахункове значення приведенного навантаження на підшипник?
9. Вкажіть основні чинники обмеження частоти обертання підшипників кочення.
10. Перерахуйте заходи, які можуть сприяти підвищенню швидкохідності підшипника.
11. Види змащування підшипників. За якими критеріями призначається спосіб змащування й сорт мастила?
12. Назвіть основні види поверхневого руйнування підшипників кочення, які працюють у умовах достатнього змащування.

1.3 Рекомендована література

1. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высш. шк., 1991.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

- ознайомитися з принципом дії та конструкцією приладу ДП11А для визначення моменту тертя підшипників кочення;
- скласти кінематичну схему і навести технічну характеристику приладу ДП11А;
- вибрати підшипник для випробувань і привести його технічну характеристику;
- експериментально визначити залежність приведенного моменту тертя від співвідношення радіального і осьового навантажень підшипника, побудувати графік залежності;
- встановити залежність приведенного моменту тертя підшипника від частоти його обертання і побудувати графік цієї залежності;
- зробити аналіз результатів дослідів (від яких факторів залежить значення моменту тертя підшипника?) порівняти результати та зробити висновки;
- відповісти на контрольні запитання;
- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2.2 Короткі теоретичні відомості

При обертанні підшипника кочення в ньому виникають фактори, які перешкоджають його руху. Одним з таких факторів можна відмітити *тертя між тілами кочення і кільцями*, яке, в свою чергу, поділяють на тертя кочення і тертя ковзання. Кочення в найбільш чистому виді характерне для циліндричних роликот підшипників, в яких всі точки лінії контакту по довжині ролика мають однакову колову швидкість.

В кулькових і сферичних роликот підшипниках (рисунок 1) контакт у поперечному перетині відбувається по дузі.

Колові швидкості точок тіл кочення в місці контакту змінюються пропорційно відстані їх від осі обертання, в результаті спостерігається ковзання і втрати на тертя ковзання.

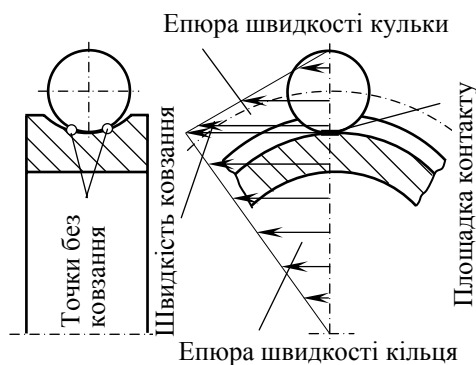


Рисунок 1 – Ковзання в підшипнику

Загальні дотичні до поверхонь тіл кочення і кілець, проведені через середини їх площадок контакту, повинні пересікатися у одній точці на осі вала або в нескінченності, інакше буде мати місце додаткове ковзання. В конічних роликівих підшипниках значне тертя ковзання виникає між базовою торцевою поверхнею роликів і бортами на внутрішніх кільцях.

Можливі також втрати на тертя, зв'язані з погіршеністю форми тіл кочення і кілець, перекосами роликів, тощо.

Крім тертя тіл кочення і кілець потрібно звертати увагу на такі фактори як:

- *тертя тіл кочення і сепаратору;*
- *тертя сепаратору і кілець;*
- *тертя в ущільненнях (особливо в контактних);*
- *опір змащувального матеріалу.*

При малих навантаженнях основне значення має опір, який пов'язаний з опором мастила та тертям в сепараторі, при великих же навантаженнях – тертя на площадках контакту між тілами кочення і кільцями підшипника.

Заходи по зменшенню втрат на тертя проводять у напрямку зменшення всіх перерахованих складових.

З ростом навантаження момент тертя зростає по лінійній залежності. З ростом швидкості обертання момент тертя при змащуванні розбризуванням міняється звичайно мало, а при змащуванні в масляній ванні зростає разом зі швидкістю. При повній відсутності мастильного матеріалу момент тертя підвищується і тривала робота підшипників неможлива. Однак при подачі навіть незначної кількості мастильного матеріалу (декілька крапель за годину) тертя різко понижується і підшипник може працювати нормально.

В'язкість мастила при змащуванні розпиленням або розбризуванням суттєво не впливає на момент тертя. При змащуванні зануренням у масляну ванну момент тертя різко зростає з підвищення в'язкості мастила.

При навантаженні підшипника одночасно і радіальною і осьювою силою результуюче зусилля, що діє в підшипнику

$$F_p = \sqrt{F_r^2 + F_a^2}$$

де F_r і F_a - відповідно радіальне і осьове навантаження

Момент тертя в підшипниках при рекомендованих умовах експлуатації, коли результуюче навантаження не перевищує 20% радіальної динамічної вантажності і пластичному мастильному матеріалі можна оцінити по формулі

$$M_m = F_p f_{пр} d / 2$$

де d - діаметр отвору внутрішнього кільця підшипника;

$f_{пр}$ - приведений коефіцієнт тертя.

В якості прикладу наводимо табличні значення приведенного коефіцієнту тертя найбільш поширених типів підшипників при нормальних умовах експлуатації:

Кулькові підшипники:

радіальні однорядні	0,002
сферичні двохрядні	0,0015
радіально-упорні і упорні	0,003

Роликові підшипники:

з коротким циліндричним роликом	0,002
двохрядні сферичні	0,004
конічні і голчасті	0,008

Ці значення відповідають частоті обертання підшипника, що не перевищує половини її граничного значення.

Для особливих умов існують конструкції так званих підшипників з підвищеною чутливістю (зі зменшеним тертям). В цих підшипниках повністю або частково усунене тертя сепаратора, або в конструкцію введене третє проміжне кільце, яке зменшує перемінність моменту тертя по куту повороту.

Великий інтерес викликає залежність моменту тертя в підшипнику від напрямку результуючого зусилля при різних співвідношеннях радіальної і осьової складових навантаження, що й буде досліджене у даній лабораторній роботі.

Гранична частота обертання підшипника – це найбільша допустима частота обертання, при перевищенні якої не забезпечується його розрахункова довговічність. Розрізняють: $n_{кор}$ - граничну короткочасно досяжну частоту обертання в умовах відсутності гарантії ресурсу понад декількох годин і $n_{рес}$ - ресурсну граничну частоту обертання, при якій забезпечуються терміни служби в сотні годин і більші.

Для оцінки граничної швидкохідності вживається швидкісний параметр $[d_m \cdot n] = const$, де $d_m = (d + D) / 2$, тому що втрати на тертя й ефекти зносу ростуть приблизно лінійно в залежності від умовної колової швидкості.

Границя частот обертання, що допускається, визначається значним числом конструктивно-експлуатаційних параметрів. Основними з них є – тип, габаритні розміри і серія підшипника, матеріал і конструкція сепаратора, точність виготовлення підшипника і сполучених деталей вузла, вплив навколишнього середовища, температура, вібрації, величина і характер навантаження, мастило й охолодження.

Тип підшипника визначає кінематику і характер витрат на тертя. Найбільш швидкохідними є прецизійні радіальні і радіально-упорні кулькові підшипники. Діаметр і число тіл обертання підшипника залежать від його габаритів, тобто розмірів «живого перетину», і серії. Підшипники важких серій мають меншу швидкохідність. Для нормальних частот обертання, застосовують підшипники нормального класу точності зі штампованими сталевими сепараторами. При підвищених частотах обертання використовують підшипники високих класів точності з масивними латунними, бронзовими і текстолітовими сепараторами. Для підвищення граничної швидкохідності вирішальне значення мають мастило й охолодження підшипника. Бажано, щоб підшипник працював в умовах рідинного тертя, а кількість мастила й інтенсивність його циркуляції забезпечували відбір і відвід тепла, що виникає в підшипнику в результаті роботи сил тертя.

2.3 Оснащення робочого місця

- прилад лабораторний для випробування підшипників кочення;
- методичні вказівки по виконанню лабораторної роботи;
- каталог підшипників кочення;
- звіт з лабораторної роботи;
- штангенциркуль 0-200 мм, лінійка.

2.4 Інструкція з охорони праці

2.4.1 Загальні вимоги

До роботи допускаються студенти, які пройшли інструктаж по техніці безпеки, що й зареєстровано у відповідному журналі.

2.4.2 При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

2.4.3 Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не пересуватися без потреби, по лабораторії;
- не застосовувати мірильний інструмент не за призначенням;

- перед вмиканням електродвигуна приладу пересвідчитись у надійності кріплення всіх його складових частин;

- при проведенні дослідів, змінення кута випробувальної головки приладу проводити плавно, без ривків, надійно фіксувати головку у проміжних положеннях;

- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогашіння;

2.4.4 Після закінчення експериментальної частини роботи:

- відключити прилад від електромережі;

- здати робоче місце лаборанту або викладачу.

2.4.5 У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити по номеру 01.

2.5 Вказівки по виконанню роботи

2.5.1 При ознайомленні з принципом дії та устроєм приладу для випробування підшипників звернути увагу на взаємодію всіх його частин, відпрацювати методику випробувань.

2.5.2 При складанні кінематичної схеми лабораторного приладу ДП-11А застосовувати як стандартні так і оригінальні умовні позначення щоб точно відобразити конструктивні особливості приладу.

2.5.3 В технічну характеристику стенду для випробування підшипників включити такі показники, як внутрішній діаметр підшипника, що випробовується, вага змінних вантажів, діапазон частоти обертання вала стенду, діапазон регулювання положення підшипника, максимальне навантаження на підшипниковий вузол, жорсткість динамометричної скоби, спосіб визначення моменту, тощо.

2.5.4 В характеристику підшипника, що випробовується, включити крім типу і його основних розмірів відомості по статичній та динамічній вантажопідйомності.

2.5.5 Навантаження при експерименті повинно бути узгодженим зі статичною вантажопідйомністю підшипника.

2.5.6 Визначення залежності приведенного моменту тертя від співвідношення радіального і осьового навантажень підшипника проводити без затримок, на одному режимі. Визначення залежності приведенного моменту тертя підшипника від частоти його обертання проводити при плавному регулюванні частоти обертання.

2.5.7 При формулюванні висновків по лабораторній роботі слід дати аналіз розбіжності (якщо вони виявлені в ході роботи) розрахункових і експериментальних значень.

2.5.8 Відповіді на контрольні запитання повинні бути по суті запитання, точними і короткими.

2.5.9 Оформлений бланк звіту з лабораторної роботи підписується виконавцем і зраховується викладачем.

3. ЗВІТНІСТЬ ПО РОБОТІ

Звіт з лабораторної роботи оформлюється на бланку, розробленому кафедрою

Таврійська державна агротехнічна академія
Кафедра "Деталі машин"

Звіт по лабораторній роботі № 11
з дисципліни "Деталі машин"

Тема: "Випробування підшипників кочення "

Мета роботи: Встановити залежність приведенного моменту тертя підшипника від співвідношення радіального та осевого навантаження на нього.

Зміст роботи: Ознайомитися з принципом дії та конструкцією приладу ДПІ 1А. Встановити експериментальну залежність приведенного моменту тертя підшипника від частоти обертання та співвідношення радіального і осевого навантаження при різних умовах випробувань, зробити висновки.

1 Технічна характеристика приладу ДПІ 1А для визначення моменту тертя підшипників кочення:

1 - електродвигун; 2 - пасова передача; 3 - шпindel; 4 - підшипник, що випробовується; 5 - вантаж; 6 - вимірювальна пружина; 7 - освітлювач; 8 - фотоелемент; 9 - муфта; 10 - тахогенератор; 11 - перемикач "момент - частота обертання"; 12 - показуючий прилад

Рисунок 1 - Схема приладу для випробування підшипників

Внутрішній діаметр підшипника, що випробовується: 5, 8 і 12 мм
 Навантаження на підшипник: за допомогою змінних вантажів
 Вага змінних вантажів 5, 10 і 20 Н
 Діапазон регулювання положення підшипника від 0 до 90° через 15°
 Діапазон частоти обертання підшипника 0...3000 об/хв
 Регулювання частоти обертання підшипника - безступінчасте
 Спосіб визначення моменту - за допомогою динамометричної
 пружини та фотодіода з індикацією на мікроамперметрі

2 Характеристика підшипника, що випробовується:

2.1 Тип _____

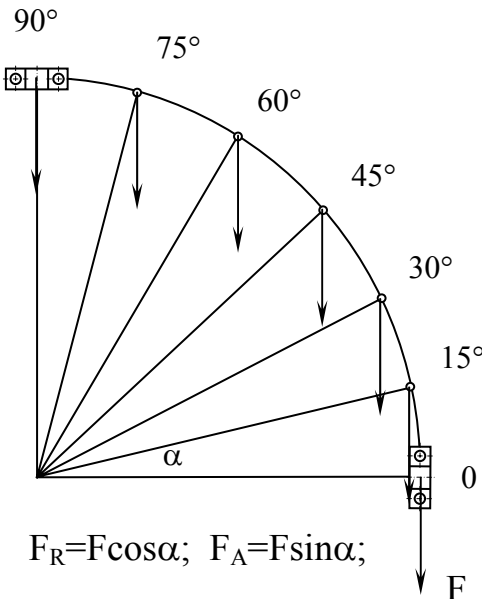
2.2 Номер по каталогу _____

2.3 Розміри: $d =$ _____ мм, $D =$ _____ мм, $B =$ _____ мм.

2.4 Динамічна вантажопідйомність $C =$ _____ кН.

2.5 Статична вантажопідйомність $C_0 =$ _____ кН.

3 Визначення залежності приведенного моменту тертя від співвідношення радіального і осьового навантажень підшипника



Кут, α	Навантаження	
	радіальне	осьове
0		
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		

Таблиця 1 – Результати дослідів

Умови випробувань	Момент тертя при положенні підшипника						
	$\alpha=0$	15°	30°	45°	60°	75°	90°

$M_T, \text{H}\cdot\text{мм}$

0 15° 30° 45° 60° 75° 90°

Рисунок 2 – Графік залежності

4 Визначення залежності приведенного моменту тертя підшипника від частоти його обертання

Таблиця 2 – Результати дослідів

Частота обертання, n					
Момент тертя, M_T					

$M_T, \text{H}\cdot\text{мм}$

$n, \text{об/хв}$

Рисунок 3 - Графік залежності

5 Аналіз результатів дослідів (від яких факторів залежить значення моменту тертя підшипника?) _____

6 Контрольні запитання

6.1 Чи можливе використання радіальних однорядних кулькових підшипників для сприйняття спільно діючого радіального і осьового навантаження? _____

6.2 Від яких складових залежать втрати на тертя у підшипниках кочення? _____

6.3 Назвіть найбільш ефективні конструктивні та експлуатаційні заходи по зменшенню приведеного коефіцієнта тертя підшипників _____

6.4 Вкажіть основні чинники обмеження частоти обертання підшипників кочення _____

6.5 Перерахуйте заходи, які можуть сприяти підвищенню швидкості підшипника _____

Роботу виконав студент _____ групи

(прізвище, дата, підпис)

Робота зарахована _____
(дата, підпис викладача)