Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Лабораторная работа

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Детали машин и основы конструирования»
для студентов направлений

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Энгельс 2025

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться: 1) с классификацией и конструкцией основных типов подшипников качения ;

2) исследовать работу подшипника в различных условиях эксплуатации.

В лабораторной работе определяется момент трения и коэффициент трения в подшипниковом узле при различных нагрузках и условиях смазки.

2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

Основные типы подшипников качения показаны на рис. 1 – 6. Возможные варианты нагрузки на подшипник показаны стрелочками с буквенным обозначением сил: Fr – радиальная сила; Fa – осевое усилие. Зачеркнутые стрелочки показывают, что нагружение подшипника в данном направлении конструктивно невозможно, либо непредпочтительно.

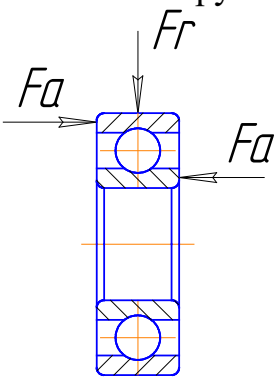

Рис.1

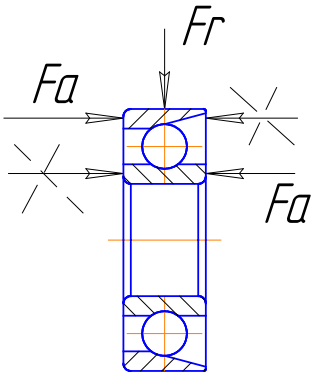

Рис.2

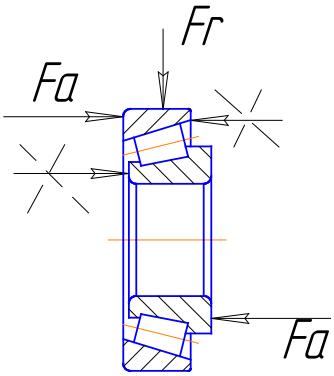

Рис.3

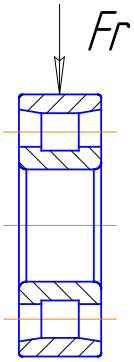

Рис. 4

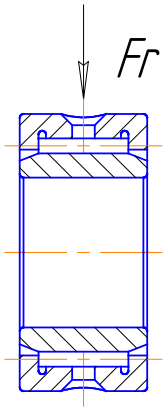

Рис. 5

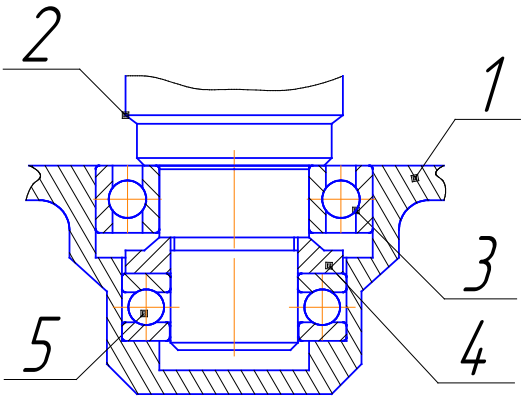

Рис.6

Рис.1 – подшипник шариковый

Радиальная нагрузка (Fr) является основной для данного типа подшипников. Осевая нагрузка (Fa) обычно ограничивается 30% от неиспользуемой основной радиальной нагрузки. При повышенных осевых нагрузках шарики защемляются в беговых канавках, подшипниковый узел

начинает греться и быстро выходит из строя по причине отпуска стали и больших контактных напряжений.

Рис.2 – подшипник шариковый радиально-упорный. При указанных разрешенных направлениях нагрузки подшипник хорошо воспринимает расчетные осевую и радиальную нагрузки.

Рис.3 – подшипник радиально-упорный с коническими роликами. Применяется во всех случаях взамен шариковых радиально-упорных подшипников, так как при тех же габаритных размерах обладает большей нагрузочной способностью. Отличительной особенностью работы роликовых подшипников является высокое требование к жесткости вала, поскольку при перекосе колец возникает скол по краям роликов и разрушение подшипника при относительно небольших рабочих нагрузках.

Рис.4 – подшипник радиальный с цилиндрическими роликами. Подшипник широко применяется в узлах, где длительно действуют большие радиальные нагрузки (токарные и фрезерные станки, прокатные станы и т.д.). В этих узлах осевые нагрузки воспринимаются отдельными подшипниками радиально-упорного типа или специальными упорными подшипниками.

Рис.5 – игольчатый подшипник. Телами качения в таких подшипниках служат относительно тонкие стержни. Подшипники обладают небольшими размерами и способны воспринимать большие нагрузки при небольших скоростях движения. Обычно они работают там, где рабочее движение – возвратно-вращательное движение вала, например в карданных передачах.

Рис.6. На рисунке: 1 – элемент корпуса, 2 – элемент вала, 3 – шариковый радиальный подшипник, 4 – дистанционная упорная шайба, 4 – шариковый упорный подшипник. В данном случае показан подшипниковый узел, в котором одновременно применены шариковый радиальный подшипник, воспринимающий только радиальную нагрузку и шариковый упорный подшипник, воспринимающий только осевую нагрузку (в силу конструктивных особенностей такие подшипники могут воспринимать только осевые нагрузки).

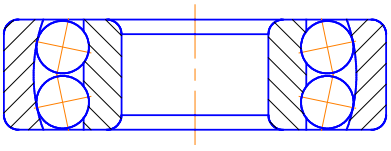

Рис.7

В случаях, когда нужно обеспечить нормальную работу подшипника при небольшом покачивании или прогибе вала, применяют сдвоенные подшипники со сферической беговой дорожкой, как показано на рис. 7.

Несущая способность подшипника значительно зависит от диаметра тела качения. С точки зрения конструирования подшипниковых узлов представляет интерес возможность располагать рядом серий подшипников разной несущей (нагрузочной) способности при сохранении диаметра цапфы вала, на которую насаживается подшипник. Наружный диаметр подшипников с увеличением номера серии, естественно, увеличивается. На

рис. 8 показан пример установки подшипников разных серий на стержень диаметром Ø20 мм.

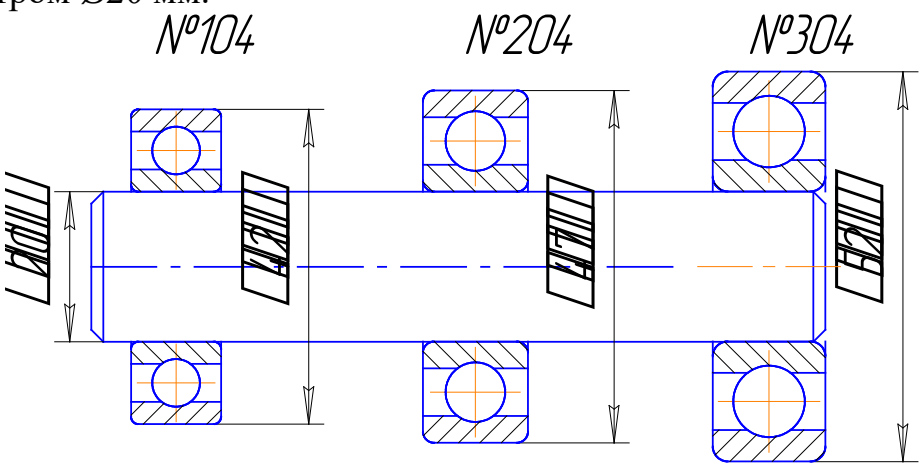

Рис.8

Как видно из рис. 8 подшипники разных серий различаются по наружному диаметру, а также по ширине подшипника, вследствие увеличения диаметра шарика в зависимости от увеличения номера серии.

В промышленности серии имеют названия, например, для вала Ø25 мм можно подобрать подшипники следующих серий: №105 – «сверхлегкая серия»; №205 – «легкая серия»; №305 – «средняя серия»; №405 – «тяжелая серия».

3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ

3.1 Устройство лабораторной установки

Схема лабораторной установки для исследования трения в подшипниковых узлах показана на рис. 9.

Установка состоит из основания 1, приводного электродвигателя 2, ременной передачи 3, сменного узла подшипников 4. В разных узлах установлены подшипники различных типов и серий.

При включении электродвигателя 2 посредством ременной передачи 3 приводится вал подшипникового узла 4. Узел 4 имеет устройство нагружения подшипников радиальным усилием, а также можно менять уровень масла в подшипниковом узле. Узел 4 имеет устройство измерения момента сопротивления непосредственно в подшипниковом узле.

Конструкция подшипникового узла показана на рис. 10.

Подшипниковый узел включает в себя: 1 – дозатор поршневого типа для поддержания нужного уровня смазочной жидкости в корпусе подшипникового узла; 2 – корпус; 3 – подшипники; 4 – втулка; 5 – вал приводного устройства; 6 – противовес; 7 – планка шкалы для визуальной фиксации момента сопротивления в подшипниковом узле; 8 – корпус нагрузочного устройства; 9 – винт для создания радиальной нагрузки в подшипниковом узле; 10 – вильчатый пружинный динамометр; 11 –

индикатор часового типа ИЧ-10 для измерения деформации динамометра; 12 – шарик, передающий усилие от динамометра к средним подшипникам.

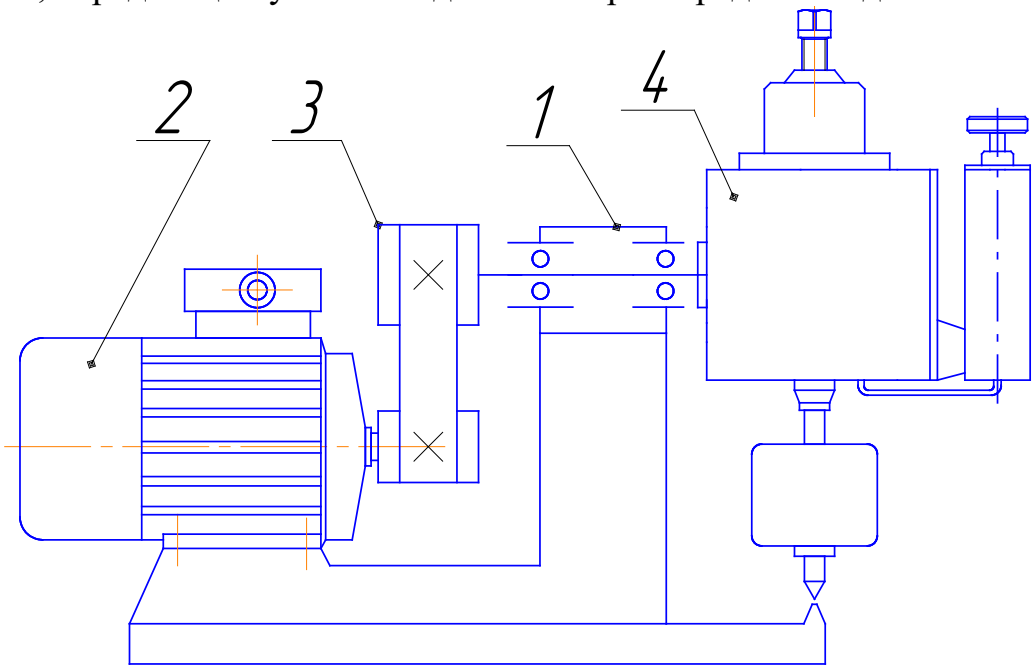

Рис.9

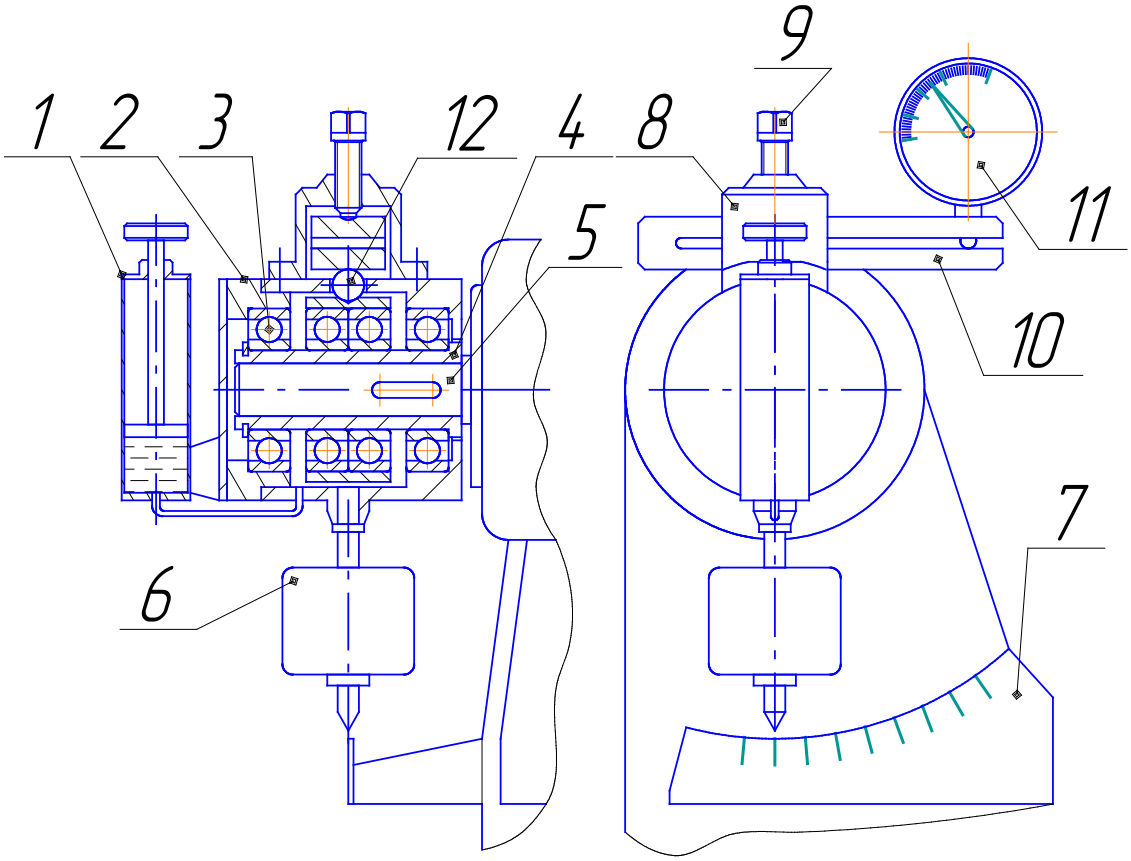

Рис. 10

3.2 Принцип действия лабораторной установки

При включении установки вращается вал 5, соединенная с ним посредством шпонки втулка 4 и внутренние кольца подшипников. Если с помощью нагрузочного устройства не создана радиальная нагрузка на подшипниковый узел, то корпус подшипников 2 не будет увлекаться во вращательное движение, а противовес будет находиться в нижнем положении, слегка сдвинувшись от нулевого деления шкалы в сторону направления движения вала 5. Зная цену деления шкалы 7, можно измерить момент сопротивления в подшипниковом узле на холостом ходу (без нагрузки).

Радиальная нагрузка на подшипники создается при закручивании винта 9, соответственно усилие передается через вильчатый динамометр 10 и шарик 12 на средние подшипники, боковые подшипники воспринимают реакцию опоры. Деформация динамометра измеряется индикатором и с помощью цены деления динамометра устанавливается усилие нагрузки на подшипниковый узел.

3.3 Измерение усилий нагрузки подшипников и момента сопротивления в подшипниковом узле

Цена деления индикатора 11 (рис. 10) динамометра:

Кд = 70 (Н/дел).

Таким образом, в качестве примера, если требуется нагрузить создать нагрузку 1400 Н, то, предварительно установив стрелку индикатора на ноль, завинчиваем винт 9, так, чтобы стрелка индикатора 11 переместилась на n = 20 делений, т.е. усилие F = 20*Кд = 20*70 = 1400 Н.

Если по условиям эксперимента требуется произвести замеры момента сопротивления в подшипниковом узле при усилиях нагрузки Fr1; Fr2; Fr3; Fri и т.д., то необходимо предварительно вычислить величины смещения n_i стрелки индикатора 11, т.е.: n_1 = Fr1/Кд, n_2 = Fr2/Кд и так далее.

Значения моментов сопротивлению движению в подшипниковом узле (Мтр Н*м) снимаются непосредственно по шкале 7 при повороте противовеса с указателем относительно планки шкалы.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением работы на установке необходимо провести теоретические расчеты:

1) По номеру сменного подшипникового узла определить тип и номер серии исследуемых подшипников. В соответствии с таблицей 1 принять для дальнейших расчетов основные геометрические параметры (d, D, d_{TK}, C) подшипников данного подшипникового узла.

Таблица 1

Параметры подшипника	Величина	Номер подшипника (обозначено на подшипниковом узле)			
		№208	№308	№1208	№7208
Внутренний диаметр	d мм	40	40	40	40
Наружный диаметр	D мм	80	90	80	80
Диаметр тел качения	$d_{ТК}$ мм	12,7	15,08	8,73	9,83
Динамическая грузоподъемность	C Н	$32*10^3$	$41*10^3$	$19*10^3$	$46,5*10^3$

<u>Примечание.</u> Подшипники: №208 – шариковый радиальный легкой серии; №308 – шариковый радиальный средней серии; №1208 – двухрядный шариковый легкой серии; №7208 – роликовый с коническими роликами легкой серии.

У роликового подшипника $d_{ТК}$ = 9,83 мм – среднее значение диаметра конического ролика.

2) Определить наибольшую радиальную нагрузку Fr max, воспринимаемую одним подшипником

$$Fr\ max = C\sqrt[A]{\frac{10^6}{Lh*60*n}} \quad (H), \qquad (1)$$

где: C – динамическая грузоподъемность (Н);

A – показатель степени, равный для шарикоподшипников A=3, для роликоподшипников A=3,3;

L_h – долговечность работы (ресурс) подшипника в часах (в данной работе принять Lh = 5000 часов);

n (об/мин) = 750 об/мин - (для данной установки).

3) Определяем показатели ступенчатого изменения нагрузки Fri во время эксперимента: Fr1 = 0.25* Fr max; Fr2 = 0.5* Fr max;

Fr3 = 0.75* Fr max; Fr4 = Fr max.

4) Определим приведенный коэффициент трения $f_{пр0}$ для одного подшипника при отсутствии нагрузки на подшипники, (всего в узле одновременно действуют четыре подшипника).

$$f_{ПР0} = (K*f*Do)/(4*d_{ТК}), \qquad (2)$$

где: К – коэффициент, зависящий от зазора или натяга в подшипнике до приложения радиальной нагрузки, от размеров подшипника и других факторов. В данной работе: К = 2.8 для шариковых подшипников; К = 2.92 для роликового подшипника.

f – коэффициент трения на холостом ходу. f = 0.02 – для шариковых подшипников; f = 0.08 – для подшипников с коническими роликами.

$D_o = (D + d)/2$ - диаметр расположения тел качения.

$d_{ТК}$ – диаметр тел качения (из таблицы 1).

5) Определить теоретический момент трения $M_{ТР\ Т}$ для вычисленных значений нагрузки (согласно условиям данной работы для 4-х значений радиальной нагрузки)

$$M_{ТР\ Т} = Fri * f_{пр0} * \left(\frac{d}{2}\right) \quad (3)$$

6) Определить величину силы Q, которую нужно прикладывать на два средних подшипника узла с помощью динамометра, чтобы получить желаемую нагрузку на один подшипник

$$Qi = 2*Fri \quad (4)$$

7) С помощью дозатора 1 (рис. 10) установить уровень смазки:

а) – по центру нижнего тела качения подшипника;

б) – до погружения в масло нижней части внутреннего кольца подшипника (случай избыточного количества смазки).

8) Включить установку, не нагружая подшипники, после 3 минут работы снять показания момента сопротивления (на холостом ходу) по шкале 7 (рис. 10).

9) Не выключая установку, завинчиванием винта 9 (рис. 10), последовательно создать нагрузку в соответствии с вычисленными значениями Qi, (всего 4-ре позиции). При каждом значении нагрузки Qi снимать показания момента трения Мтр по шкале 7 (рис. 10).

10) Определить момент трения $M_{ТР\ П}$ в каждом подшипнике (в исследуемом подшипниковом узле одновременно работают четыре подшипника), т.е. $M_{ТР\ П} = M_{ТР} / 4$.

11) Определить частное значение коэффициента трения f_i при различных значениях нагрузки подшипника

$$f_i = 2 * M_{ТР\ П}/(Fri*d)$$

12) Построить графики зависимости момента трения $M_{ТР\ П}$ и коэффициента трения f_i в зависимости от нагрузки Fri по экспериментальным данным.

Таблица 2

Нагрузка Fri		Q		Количество делений индикатора n_i		$M_{ТР\ Т}$	$M_{ТР}$	$M_{ТР\ П}$	f_i	
Fr1		Q_1		n_1					f_1	
Fr2		Q_2		n_2					f_2	
Fr3		Q_3		n_3					f_3	
Fr4		Q_4		n_4					f_4	

5. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Расчетная часть оформляется на листах бумаги произвольного формата. Она должна включать расчет по пунктам 1 – 11 четвертого раздела настоящих методических указаний. Графическая часть включает схему лабораторной установки в соответствии с рис. 9, также графики зависимостей $M_{ТР\ П}$ и f_i в зависимости от нагрузки Fri по пункту 12 четвертого раздела.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные типы подшипников качения и виды нагрузок для которых они предназначены?
2. Серия подшипника, чем отличаются однотипные подшипники разной серии?
3. Устройство узла подшипников в лабораторной установке для исследования работы подшипников?
4. Принцип действия установки для исследования работы подшипников качения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаевик Д.Т. Подшипниковые опоры современных машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин : Учебник для вузов. – 4-е изд.,исправ. – М.: Высшая школа, 1986. – 359 с.
3. Бейзельман Р.Д. Подшипники качения. Справочник. /Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Л.Я. Перель. Подшипники качения. Справочник. Изд. 6-е, переработанное и доп. – М.: Машиностроение, 1975. - 572 с. с ил.

ВРЕМЯ, ОТВЕДЕННОЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Подготовка к работе	1 ч
Выполнение работы	0,5 ч
Обработка результатов эксперимента и оформление отчета	1 ч
Отчет по лабораторной работе	0,5 ч

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Руководство к лабораторной работе по курсу
«Детали машин и основы конструирования»

Составили: ПОТЕХИНА Лариса Николаевна
САВРАСОВ Генрих Андреевич