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

Расчет подшипников качения

Методические указания к выполнению лабораторной работы

по курсу «Технические измерения»

для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

Точность подшипников качения

Подшипники качения, работающие при самых разнообразных нагрузках и частотах вращения, должны обеспечивать точность и равномерность перемещений подвижных частей машины, а также обладать высокой долговечностью.

Точность подшипников качения определяется следующими показателями (ГОСТ 520-71, СТ СЭВ 774-77):

а) точностью присоединительных поверхностей, т.е. точностью формы и размеров отверстия диаметром d во внутреннем кольце 1, цилиндрической поверхности диаметром D наружного кольца 2 и ширины колец B (рис. 1);

б) точностью размеров и формы тел качения, а также дорожек качения наружного и внутреннего колец подшипника;

в) непостоянством ширины колец;

г)шероховатостью посадочных и торцовых поверхностей колец;

д) радиальным биением дорожек качения внутреннего и наружного колец подшипника качения и т.д.

В зависимости от перечисленных показателей точности все типы подшипников качения делят на пять классов точности: 0; 6; 5; 4; 2 в порядке повышения точности.

В большинстве механизмов общего назначения, когда требования к точности вращения специально не оговорены, применяют нулевой класс. Подшипники более высоких классов точности применяют при больших частотах вращения в случае, когда требуется высокая точность вращения вала (например, для шпинделей шлифовальных станков, для авиационных двигателей и т.п.).

В обозначении подшипников класс точности (кроме класса 0) указывают через тире перед условным обозначением подшипника, например 6–205.

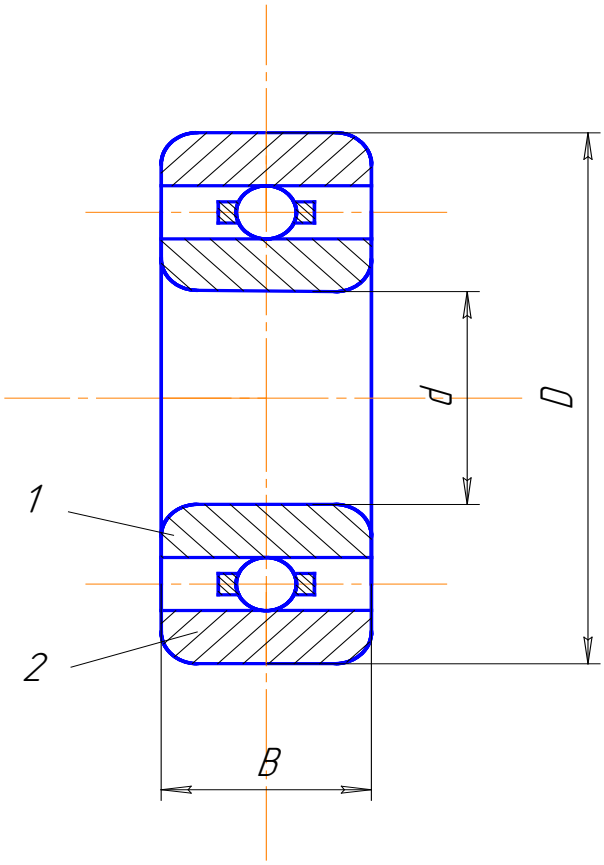


Рис. 1

Определение годности колец подшипников качения имеет особенность. Кольца подшипников, находящиеся до монтажа в свободном состоянии, вследствие упругих деформаций могут иметь овальность. Однако кольца могут оказаться годными даже в том случае, когда у данного подшипника d_{max} и d_{min} посадочных поверхностей выходят за допустимые пределы. Это объясняется тем, что кольца многих типов подшипников имеют малую толщину, сравнительно легко деформируются и после сборки с валами и корпусами принимают форму круглых цилиндров, имеющих средний диаметр:

$$d_m = 0{,}5(d_{max} + d_{min});$$

$$D_m = 0{,}5(d_{max} + d_{min}).$$

Т.о, годными являются кольца, действительные значения средних диаметров которых не выходят за предельные значения средних диаметров.

Допуски и посадки подшипников качения

Для обработки валов и отверстий в корпусах в местах соединения с внутренними и наружными кольцами подшипников качения установлены

ряды полей допусков, выбранные из системы допусков и посадок для гладких цилиндрических соединений.

Система допусков и посадок, принятая для подшипников качения, обеспечивает взаимозаменяемость подшипников качения по их присоединительным размерам d и D и имеет ряд особенностей:

а) для сокращения номенклатуры подшипников качения значения предельных отклонений, установленных на размеры D и d, зависят только от размеров и класса точности подшипников и не зависят от характера сопряжения подшипников с корпусами и валами;

б) для соединения подшипников качения с деталями механизмов приняты по наружному кольцу – система вала, а по внутреннему – система отверстия;

в) поля допусков наружного и внутреннего диаметров подшипников качения расположены ниже нулевой линии. Т.о, поле допуска наружного диаметра подшипника D занимает такое же положение, как поле допуска основного вала, а поле допуска внутреннего диаметра d по сравнению с полем допуска основного отверстия перевернуто относительно нулевой линии. Таким образом, верхнее отклонение присоединительных размеров принято равным нулю (рис.2);

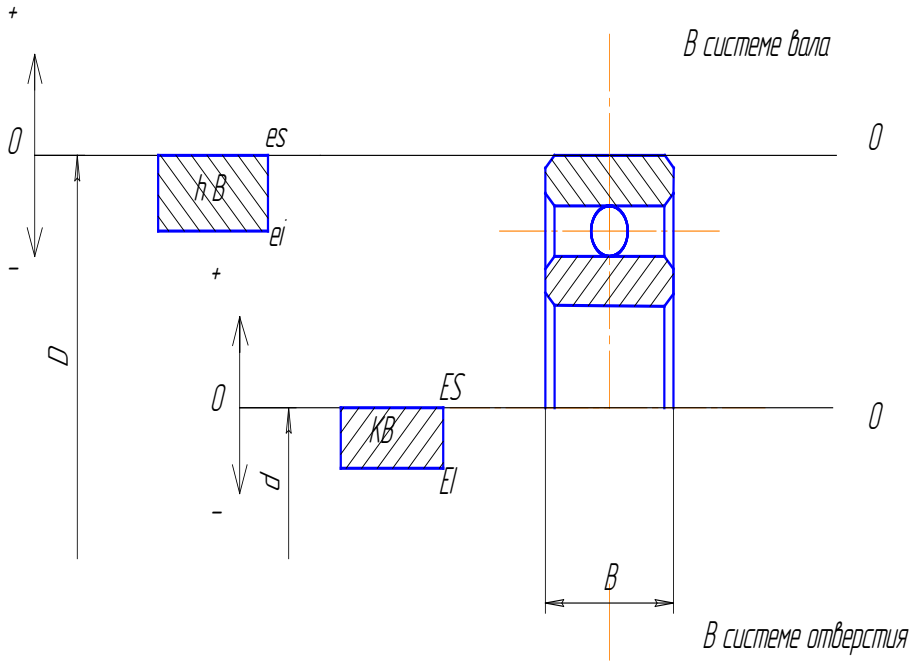


Рис. 2

г) обозначения полей допусков подшипников качения на сборочных чертежах не указываются, поэтому подшипниковые сопряжения обозначаются одним полем допуска детали (вала или корпуса), сопрягаемой с кольцами подшипника качения.

СТ СЭВ 773-77 предусматривает посадки шарико- и роликоподшипников на вал и в корпус с учетом следующего:

1. Валы должны быть сплошными или полыми толстостенными; под толстостенными понимаются валы и корпуса с соотношением:

$$\frac{d}{d_b} \geq 1.25 \text{ – для валов};$$

$$\frac{D_k}{D} \geq 1.25 \text{ – для корпусов},$$

где d – диаметр отверстия подшипника;

d_b – диаметр отверстия полого вала;

D_k – наружный диаметр корпуса;

D – наружный диаметр подшипника.

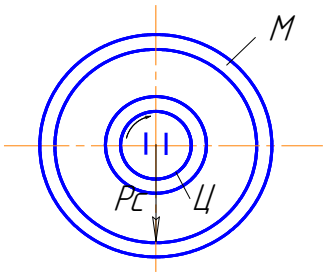
2. Материал валов – сталь.
3. Материал корпусов – сталь или чугун.
4. Подшипник при работе не должен нагреваться до температуры более $100°C$

Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпусах

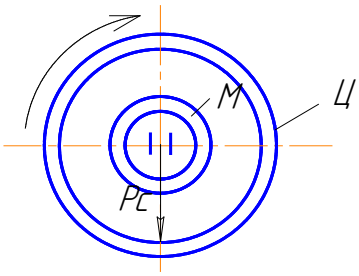
Выбор той или иной посадки производится с учетом условий работы подшипниковой сборочной единицы, из которых основное значение имеют следующие условия:

a) что вращается: вал с внутренним кольцом подшипника или корпус с наружным кольцом подшипника (рис. 3);
b) вид нагружения подшипника;
c) режим работы подшипника;
d) тип, размеры подшипника, частота вращения условия монтажа и эксплуатации.

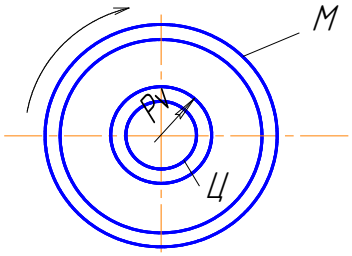
По условию (а) следует обеспечивать неподвижное соединение того кольца, которое сопрягается с вращающейся частью машины, а кольцо,



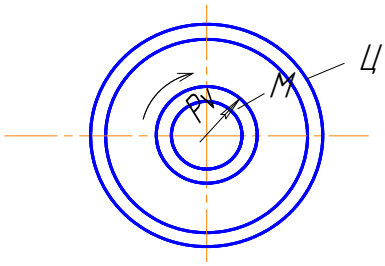
а) вращается вал,
нагрузка Рс постоянного
направления.



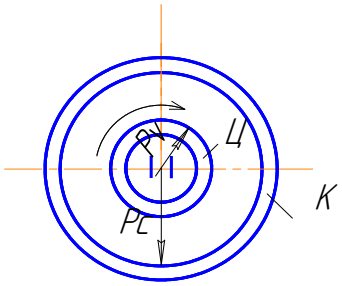
б) вращается корпус,
нагрузка Рс постоянного
напрвления



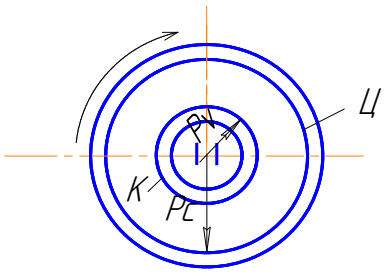
в) вращается корпус,
нагрузка Pv вращается
вместе с корпусом



г) вращается вал,
нагрузка Pv, вращается
вместе с валом



д) вращается вал
и вместе с ним вращается
нагрузка Pv, кроме этого
кроме этого действует
нагрузка Рс.



е) вращается корпус вместе
с ним вращается нагрузка
кроме этого действует нагрузка
Рс постоянного напр-я.

Рис. 3

сопрягаемое с не вращающейся частью машины, следует устанавливать по посадке, допускающей малые смещения.

По условию (б) следует учитывать, какой вид нагружения будут иметь кольца подшипника: местное, циркуляционное и колебательное.

Местное нагружение кольца: радиальная нагрузка воспринимается лишь ограниченным участком по окружности дорожки качения (в пределах зоны нагружения) и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса. Местно нагруженные кольца должны иметь соединения с зазором или незначительным натягом между кольцами подшипника и сопрягаемой деталью (в основном это посадки с зазором).

Циркуляционное нагружение кольца: радиальная нагрузка относительно кольца (или колец относительно силы) вращается. В этом случае тела качения в процессе вращения передают воспринимаемую ими радиальную нагрузку дорожке качения кольца последовательно по всей окружности, а следовательно, и всей посадочной поверхности вала или корпуса. Циркуляционно нагруженные кольца должны иметь неподвижное соединение с сопрягаемой деталью (посадка с натягом).

Колебательное нагружение кольца: кольцо одновременно воспринимает и местное и колебательное нагружения. Колебательно нагруженные кольца должны иметь плотно-подвижные соединения (переходные посадки).

При циркуляционном нагружении колец подшипников качения посадки выбирают по интенсивности радиальной нагрузки P_R на посадочную поверхность:

$$P_R = \frac{P_r}{b} k_1 k_2 k_3,$$

где P_r – радиальная нагрузка на опору, кН;

b – рабочая ширина посадочного места, м:

$b = B - 2r$

(В – ширина кольца; r – радиус скругления кромок отверстия внутреннего и наружного кольца подшипника);

k_1 – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при перегрузки до 150%, умеренных толчках и вибрации $k_1 = 1$, при перегрузки до 300%, сильных ударах и вибрациях $k_1 = 1{,}8$);

k_2 – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкой стенки корпуса (таблица 5); при сплошном вале $k_2 = 1$.

$d_{отв}$ – диаметр отверстия полого вала;

$D_{корп}$ – диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса;

k_3 – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки в двухрядных подшипниках качения. Для однорядных подшипников $k_3 = 1$.

Таблица 5

$\frac{d_{отв}}{d}$ или $\frac{D}{D_{корп}}$		Значения k_2			
		Для вала			Для корпуса
Св.	До	$\frac{D}{d} \leq 1.5$	$\frac{D}{d} \geq 1{,}5..2$	$\frac{D}{d} \geq 2....3$	Для всех подшипников
---	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,0
0,7	0,8	1,5	1,7	2,0	1,4
0,8	---	2,0	2,3	3,0	1,8

Задание

Определить посадки для колец подшипников качения с заданным нагружением (таблица 6).

Таблица 6

№ вар.	№ схемы (рис12)	Тип подшипника	P_r, кН	Перегрузка, %	$\frac{d_{отв}}{d}$ или $\frac{D}{D_{корп}}$	Прим.
0	3	2007109	14	300	0,70	
1	4	6-2007106	24	150	0,72	
2	3	2007113	15	300	-	
3	1	6-2007116	18	150	-	
4	2	6-7207	12	300	0,80	
5	4	6-7209	23	150	0,08	

6	1	7210	15	300	-	
7	3	6-7212	17	150	-	
8	2	7215	37	150	0,65	
9	3	6-7216	27	150	0,58	

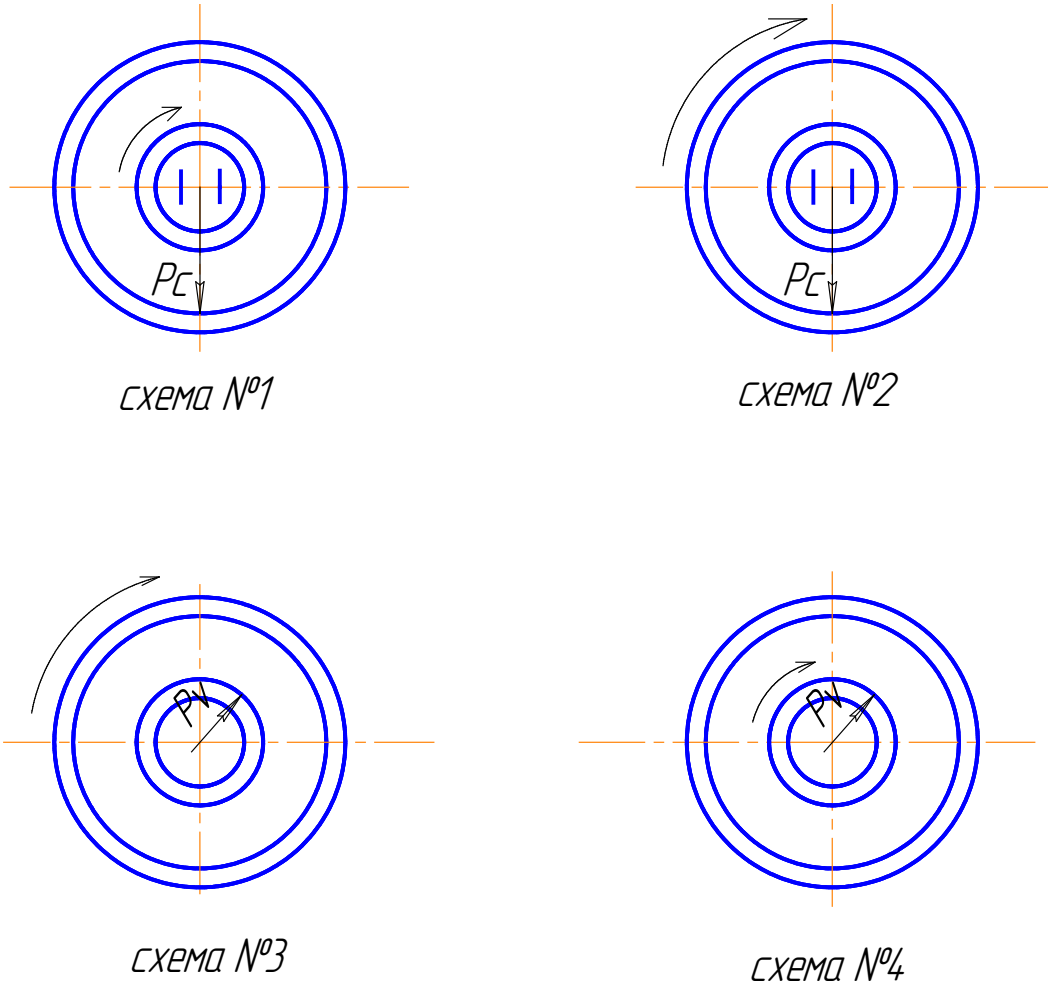


Рис.4

Список литературы.

1. Аристов А.И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие/кол. авторов. М.:ИНФРА-М, 2012. – 256с.
2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коротков В.С., Афонасов А.И. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 187 с. –
   Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34681 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров/ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 813 с. – Имеется электрон. аналог печ. изд. (Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34757 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю)
   Экземпляры всего: 5
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1979. 728 с.