

Подшипники качения. Параметры точности, методы контроля.

Автор: Юрий Владимирович Крыленко

e-mail: info@yktechinfo.com

Дата первой публикации: 2020/08/21

Дата последнего изменения: -

Число правок: 0

Аннотация:

Статья носит методический характер, ее следует рассматривать как справочный материал; здесь для удобства и ясности приводится общеизвестная информация из различных источников. Подшипник – одна из самых точных деталей. В данной статье дается описание параметров геометрической точности подшипника и параметров точности его вращения; методов контроля этих параметров.

Ключевые слова:

Подшипник качения, геометрическая точность, точность вращения, радиальный внутренний зазор подшипника, осевой внутренний зазор подшипника, классификация подшипников качения, угол контакта.

The rolling bearings. Parameters of precision and methods of measurements.

Annotation:

This paper is of a methodological nature, it should be considered as a reference material; here, for convenience and clarity, we provide well-known information from various sources. The bearing is one of the most precise parts. The paper provides an overview of bearing's geometric precision parameters and precision of bearing's rotation parameters. Also the methods for measurements the geometric parameters of rolling bearings.

Keywords:

Rolling bearing, radial internal clearance, axial internal clearance, bearings' defects detection, bearing's geometric precision, precision of bearing's rotation, bearing's contact angle.

Содержание

Терминология.	с.3
Тепловые зазоры подшипника.	с.7
Классификация подшипников.	с.11
Краткая информация по типам подшипников (преимущества, ограничения, области применения).	с.16
Классификация по степеням точности изготовления (согласно ГОСТ 520-2002).	с.19
Неточности изготовления подшипников.	с.20
Методы контроля геометрических параметров подшипников.	с.26
Измерение радиального зазора подшипников качения.	с.38
Измерение осевого зазора подшипников качения.	с.41
Приложение 01. Контроль параметров подшипников на заводах-изготовителях.	с.43
Литература.	с.44
Англоязычная терминология.	с.45

Терминология.

Для начала определимся с терминологией. Компания NTN-SNR Roulements предоставляет замечательные образовательные материалы с иллюстрациями [1], приводим выдержки без изменений:

Для лучшего понимания часто используемых терминов, связанных с подшипниками ниже даны их определения и комментарии с рисунками.

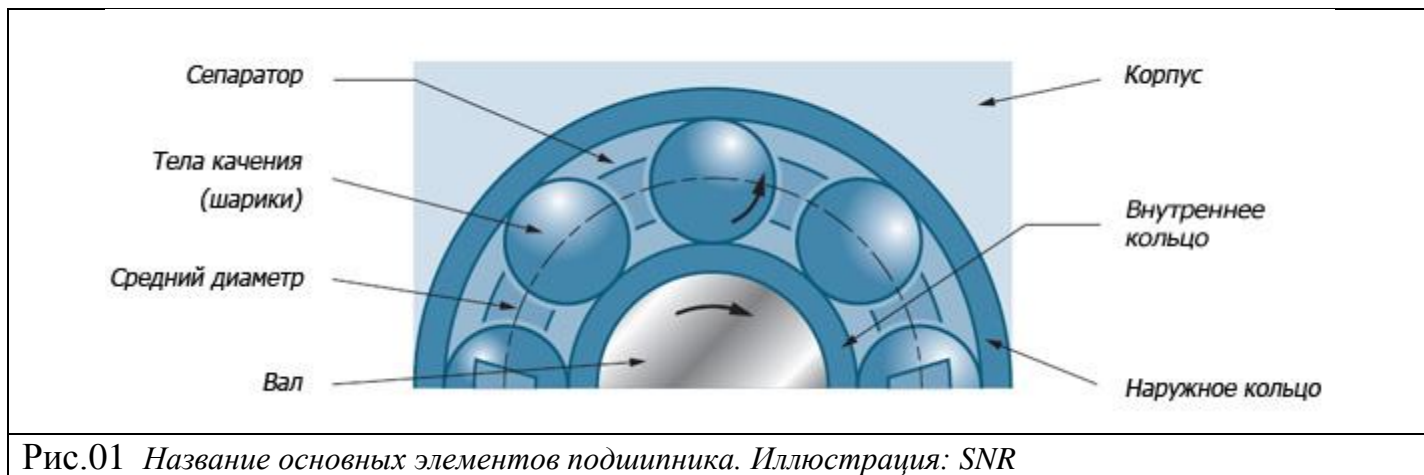


Рис.01 Название основных элементов подшипника. Иллюстрация: SNR

Подшипники качения чаще всего состоят из двух колец (внутреннего и наружного), тел качения и сепаратора, отделяющего тела качения друг от друга, удерживающего на равном расстоянии и направляющего их движение. Подшипник крепится на валу и в корпусе, тем самым создавая опору качения.

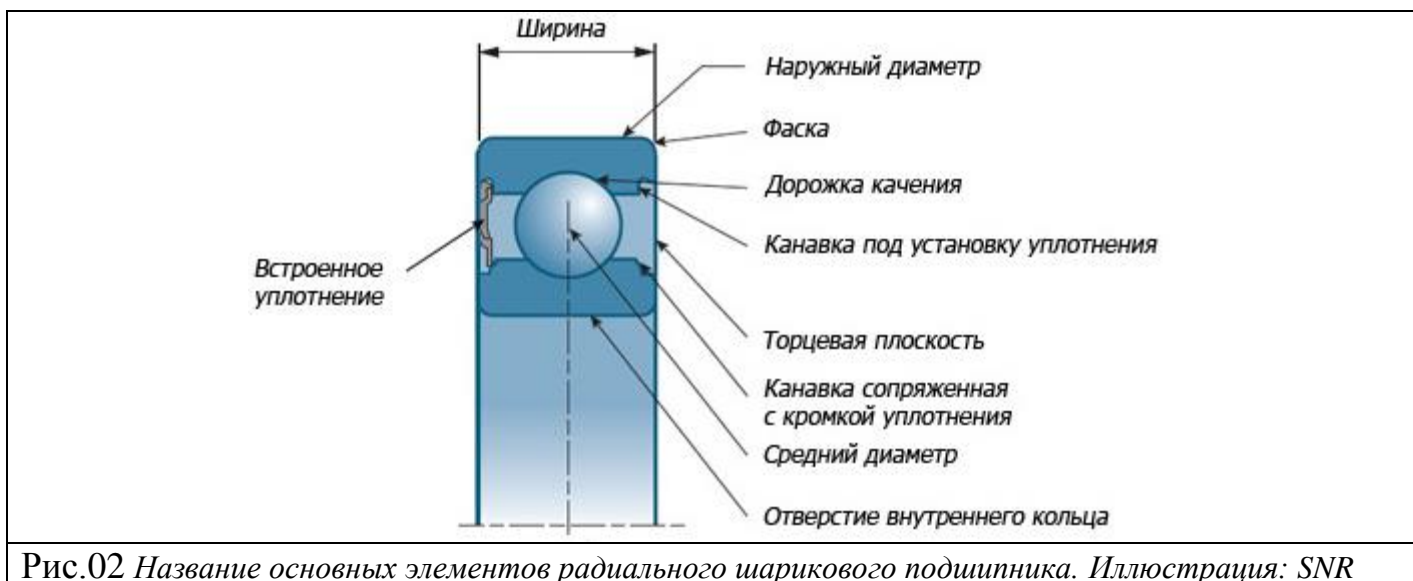


Рис.02 Название основных элементов радиального шарикового подшипника. Иллюстрация: SNR

По наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца (на торцевых поверхностях колец упорных подшипников) выполняют желоба – дорожки качения, по которым при работе подшипника катятся тела качения. Для предохранения внутренних элементов подшипников от грязи могут применяться встроенные уплотнения.

Во многих расчетах часто используется такой термин как **средний диаметр**, который является среднеарифметическим значением между **наружным диаметром** подшипника и диаметром **отверстия внутреннего кольца**.

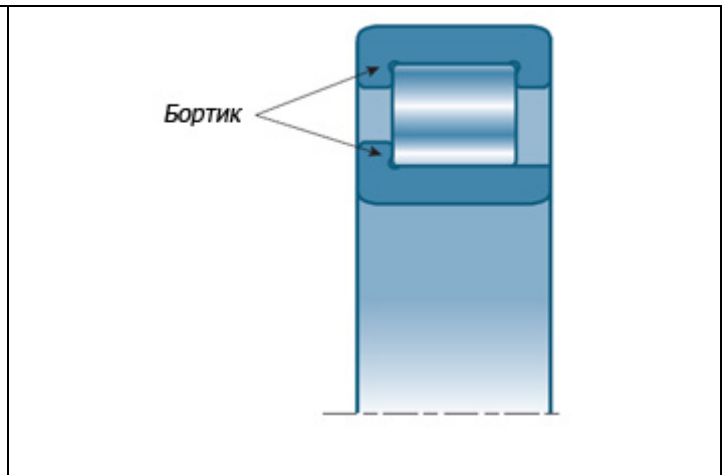
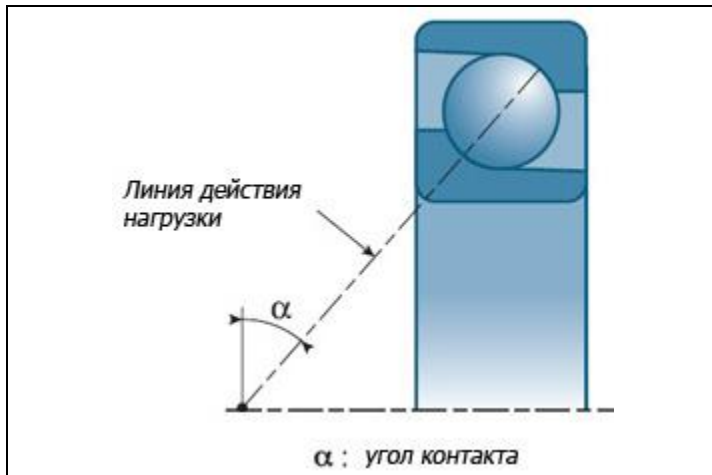


Рис.03 Название основных отличительных особенностей радиально-упорного шарикового подшипника. Иллюстрация: SNR.

Рис.04 Название основных отличительных особенностей цилиндрического роликового подшипника. Иллюстрация: SNR.

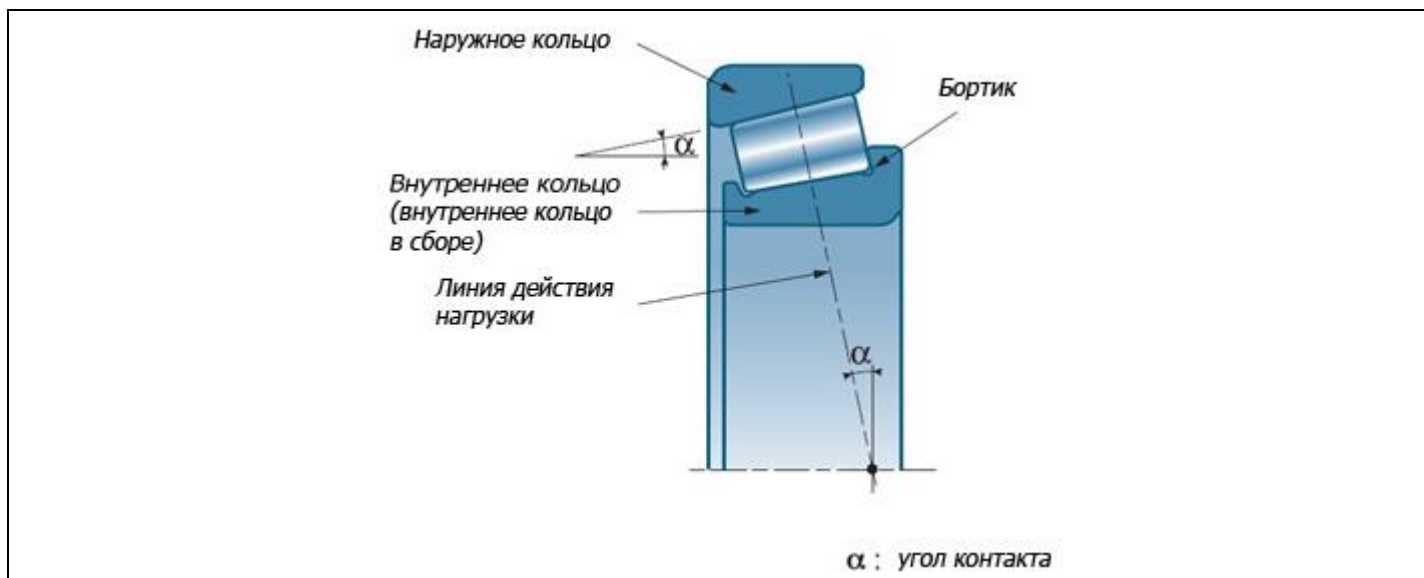


Рис.05 Название основных отличительных особенностей радиально-упорного конического роликового подшипника. Иллюстрация: SNR.

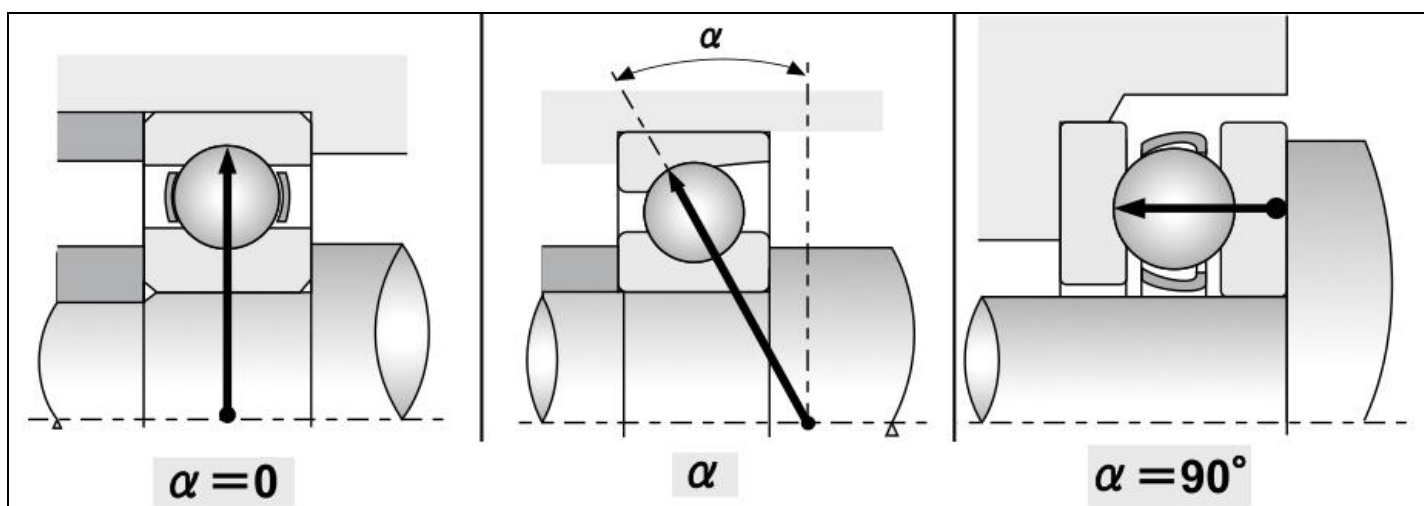


Рис.06 Угол контакта, пояснение понятия. Слева направо подшипники: радиальный, радиально-упорный, упорный.

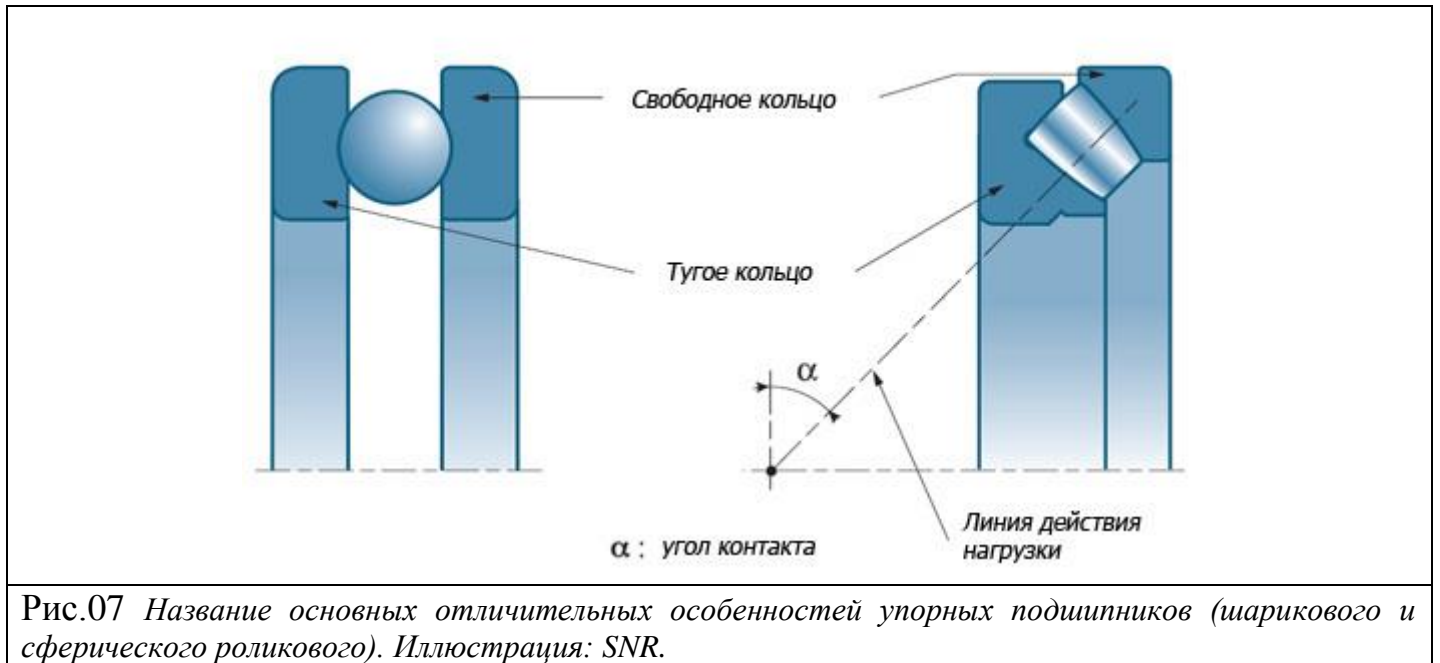
Отличительной особенностью радиально-упорных и упорных подшипников является наличие **угла контакта**, равного углу между **линией действия нагрузки**, соединяющей точки контакта тела качения и дорожек качения, по которым нагрузка передается от одной дорожки качения на другую, и линией, перпендикулярной оси подшипника.

-при угле контакта $\alpha = 0^\circ$ подшипник называется радиальным;

-при угле контакта $\alpha = 90^\circ$ подшипник называется упорным;

-при угле контакта $0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ подшипник называется радиально-упорным;

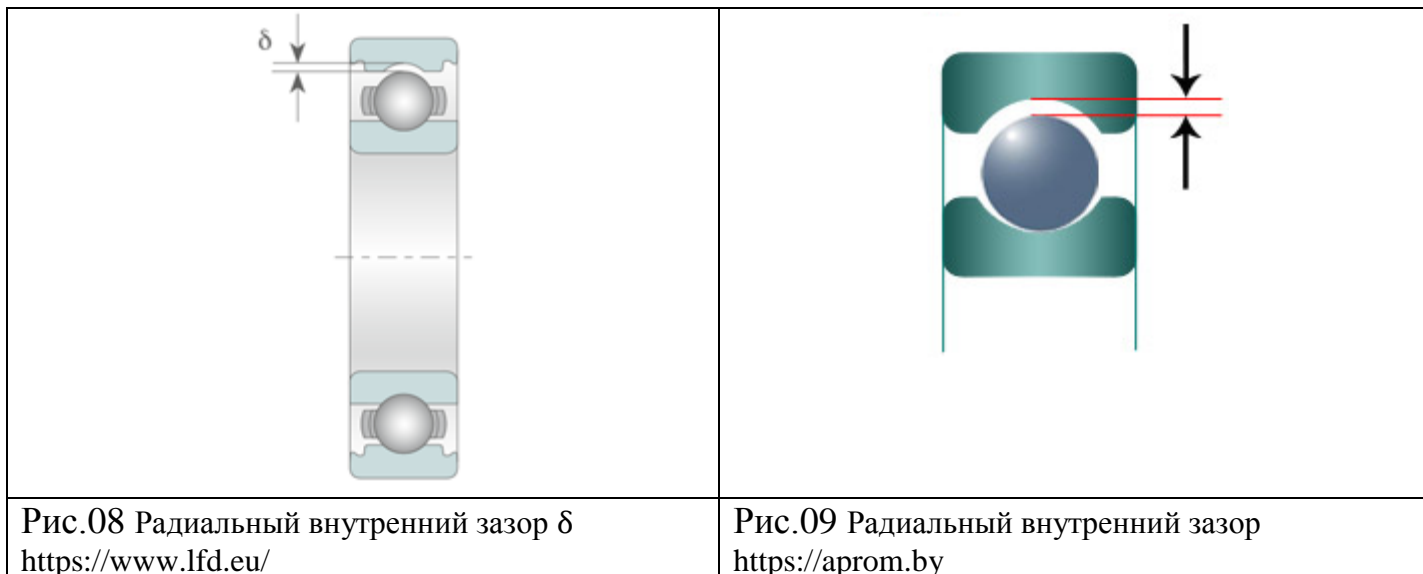
-при угле контакта $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ подшипник называется упорно-радиальным.



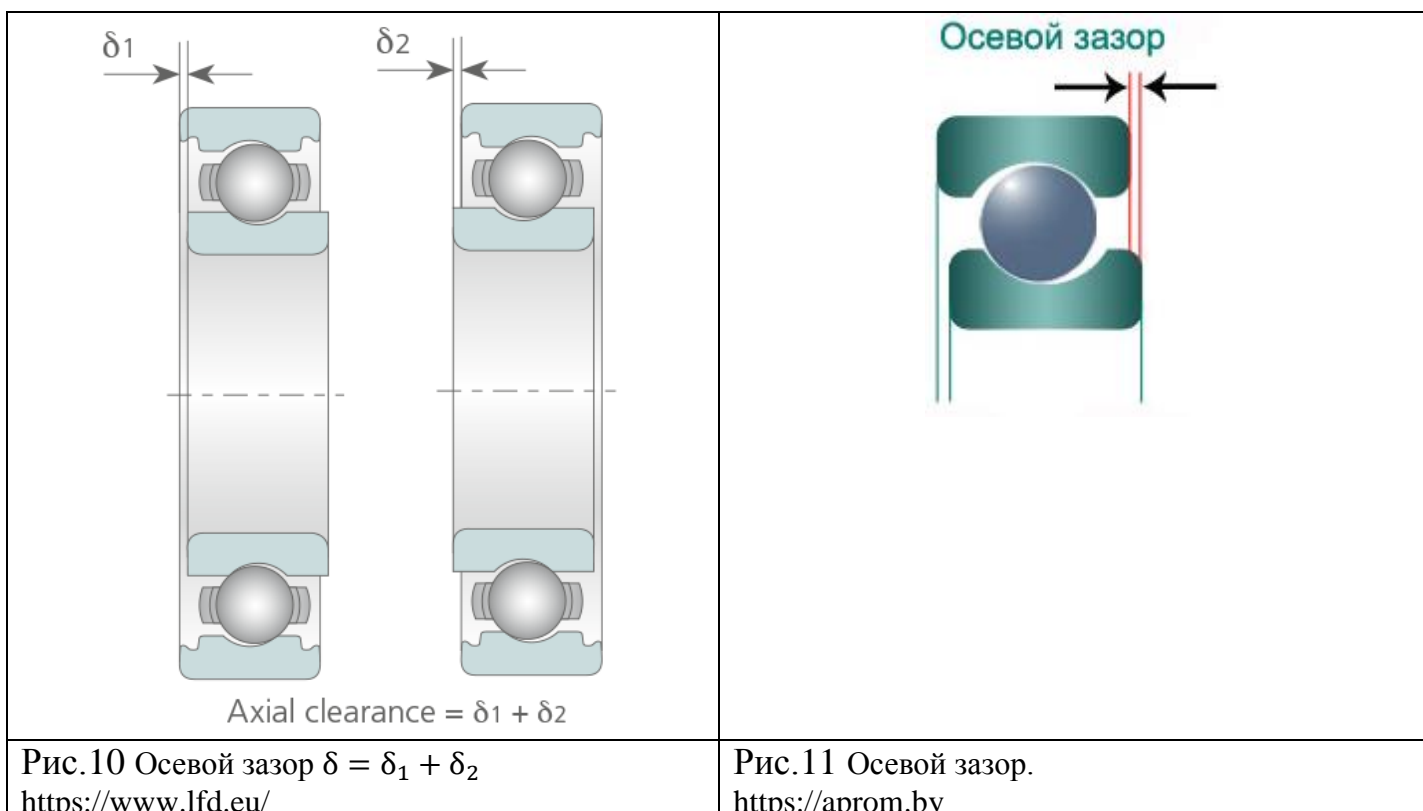
Одинарный упорный подшипник состоит из двух колец и комплекта тел качения в сепараторе. Одно кольцо этого подшипника - "**тугое**" - монтируют непосредственно на вал с соответствующей посадкой; второе кольцо, так называемое "**свободное**", устанавливают в корпус.

Тепловые зазоры подшипника.

Радиальный внутренний зазор подшипника - это величина расстояния, на которое кольцо подшипника может быть смещено без приложения усилия в радиальном направлении от одного предельного положения к другому, например, внутреннее кольцо к внешнему кольцу (см. Рис.08,09).



Осевой внутренний зазор подшипника - это смещение в осевом направлении, на расстояние, на которое можно сместить наружное кольцо подшипника относительно внутреннего кольца подшипника без приложения усилия.



Зазоры в подшипнике необходимы для компенсации температурного расширения деталей подшипника в процессе работы. Они предотвращают выход подшипника из строя (заклинивание) при высоких температурах. Уменьшение зазора приводит к повышению силы трения. Повышенный зазор приведет к избыточному шуму при работе, вибрациям, биениям, уменьшению срока службы подшипника. Существует оптимальное значение величины зазора, обеспечивающее максимальное время службы подшипника.

Сама величина зазора зависит от внешних факторов: температуры подшипника, корпуса, вала; приложенной нагрузки. По этой причине вводят их дальнейшую классификацию (начальный, посадочный, рабочий).

Также, в некоторых англоязычных источниках рассматривают **угловой зазор (moment clearance)** - это угол, на который смещается внутреннее кольцо подшипника относительно закрепленного внешнего кольца.

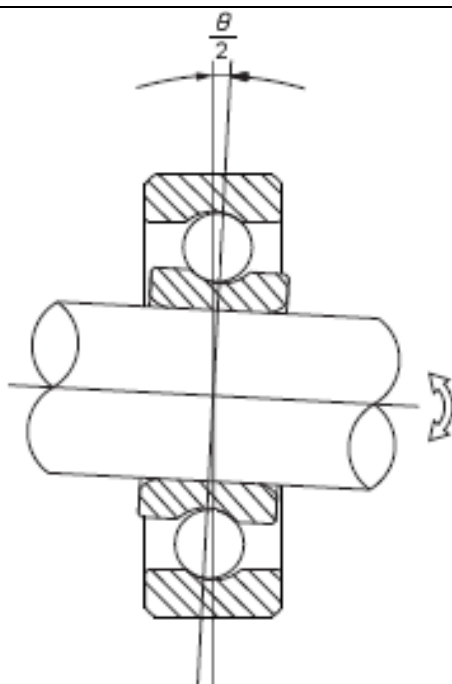


Рис.12 Угловой зазор.

Начальный радиальный зазор (теоретический) - это зазор в подшипнике до установки его на вал и в корпус. Измеряется прибором (к примеру, КИ-1223, 1-0942) по взаимному смещению колец. Числовая оценка для шарикового радиального однорядного подшипника:

$$G_r = D - d - 2 \cdot \delta$$

Где G_r – начальный (теоретический) зазор,
 D – средний диаметр дорожки качения наружного кольца,
 d – средний диаметр дорожки качения внутреннего кольца,
 δ – средний диаметр шарика.

Посадочный радиальный зазор - это зазор в подшипнике после установки его на рабочее место. Причинами его возникновения является упругая деформация колец, вызванная посадочными натягами и погрешностями формы посадочных мест. После установки уменьшается внутренний диаметр наружного кольца и увеличивается наружный диаметр внутреннего кольца в результате образования посадочного натяга. При этом в подшипнике либо сохраняется некоторый зазор, либо образуется натяг.

Рабочий радиальный зазор - это зазор, образующийся во время работы механизма под нагрузкой и при установившемся температурном режиме в подшипниковом узле. Из-за перепада температур он может уменьшаться или увеличиваться в зависимости от того, какое из колец более нагрето. Зазор возрастает пропорционально увеличению нагрузки на подшипник.

Посадочный зазор всегда меньше начального вследствие изменения диаметров колец подшипника при их установке с посадочным натягом.

Рабочий зазор уменьшается или увеличивается под влиянием перепада температур и увеличивается под действием приложенной нагрузки.

Чем меньше зазоры, тем выше точность вращения подшипника, больше его долговечность, одновременно работает большее количество тел качения. Однако, подшипники с зазорами, равными нулю, не выпускаются. Дело в том, что при тугих посадках в корпус и на вал из-за нагрева подшипникового узла может возникнуть защемление (заклинивание) тел качения и даже разрушение подшипника.

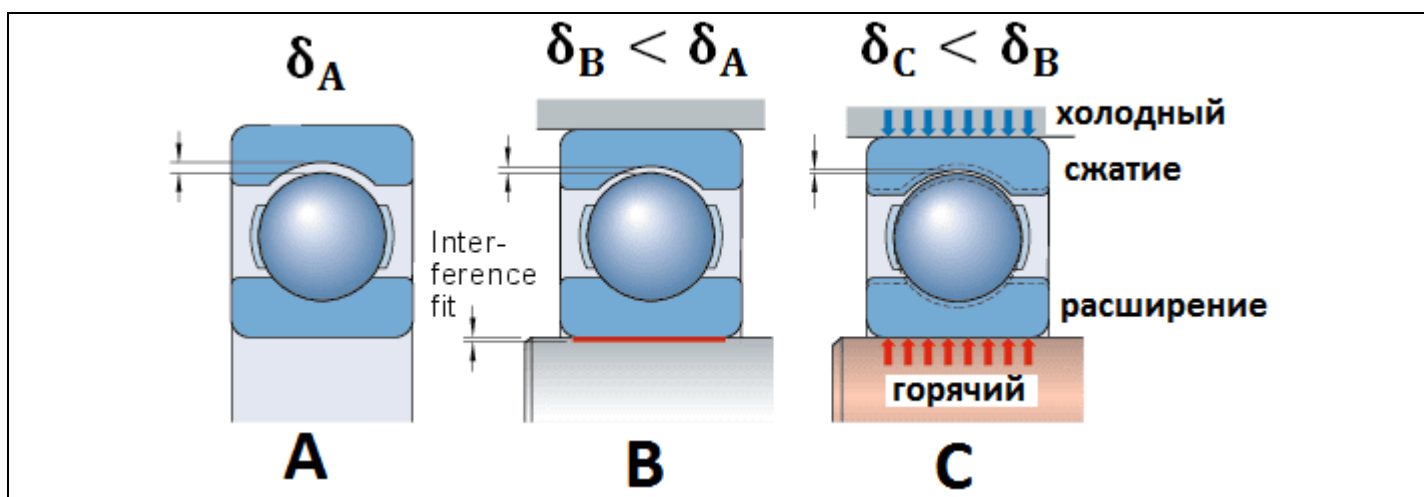


Рис.13

A – начальный зазор (теоретический).

B – посадочный зазор (меньше начального).

C – рабочий зазор (температура вала больше температуры корпуса, внутреннее кольцо расширяется, наружное - сжимается).

Иллюстрация SKF.

Значения величин внутренних зазоров поделены на группы: для каждого типа подшипника и его размеров. Для стран СНГ – согласно ГОСТ 24810-2013. Для западных стран (в направлении возрастания величины зазора): C2, Normal (0), C3, C4, C5.

Для ясности приведем числовые данные начальных радиальных внутренних зазоров:

Таблица 01. Радиальный зазор для зарубежных подшипников.

Номинальный диаметр, мм		Начальный радиальный внутренний зазор, мкм							
		C2		CN (Normal)		C3		C4	
от	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
1.5	6	0	7	2	13	8	23	-	-
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61

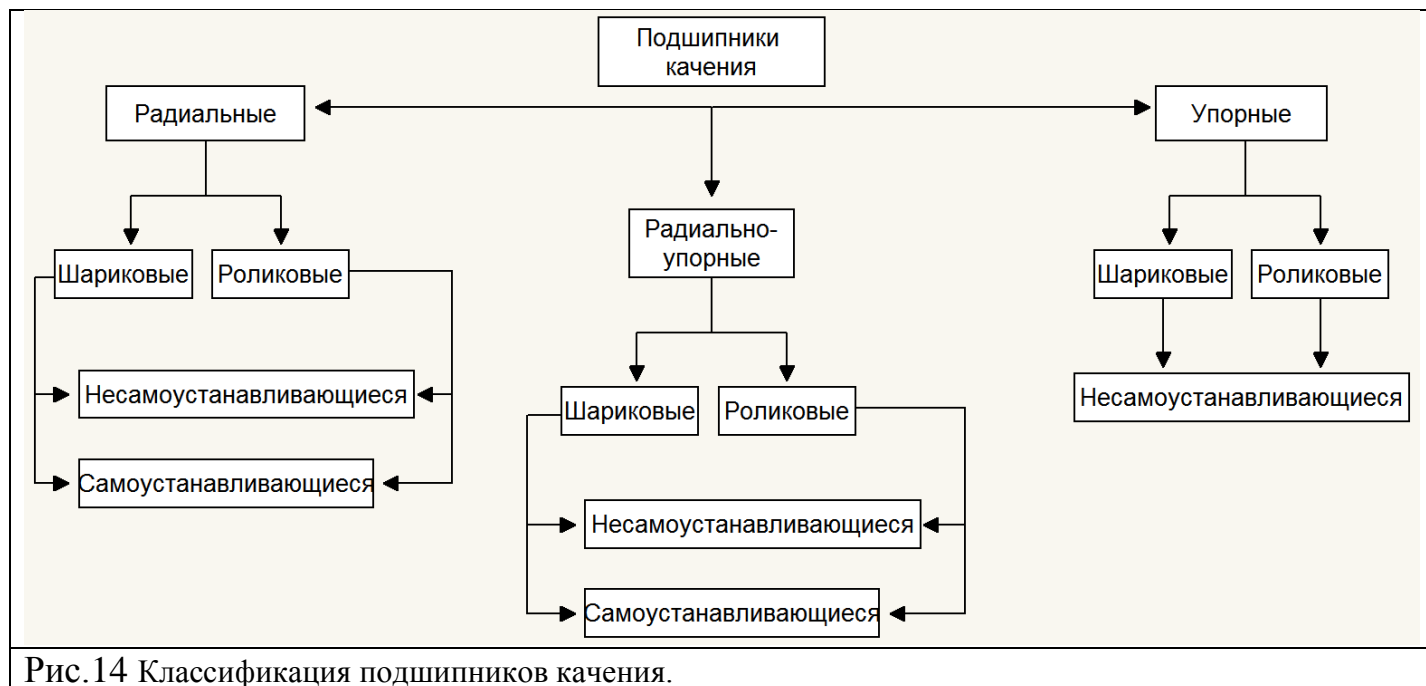
Таблица 02. Радиальный зазор для шариковых радиальных однорядных цилиндрических подшипников по ГОСТ 24810-2013.

Номинальный диаметр, мм		Начальный радиальный внутренний зазор, мкм									
		Группа внутреннего зазора									
		6		нормальная		7		8		9	
от	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
2.5	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105

Величины радиального и осевого зазоров подшипника взаимосвязаны. Это обусловлено геометрией элементов подшипника и углом контакта. Осевой зазор примерно в 10 раз превышает величину радиального. Для различных типов подшипников существуют расчетные формулы для радиального и осевого зазоров.

Классификация подшипников.

По конструктивным разновидностям подшипники классифицируются согласно ГОСТ 3395-89.



По направлению действия воспринимаемой нагрузки:

- радиальные (угол контакта: $\alpha = 0^\circ$);
- упорные (угол контакта: $\alpha = 90^\circ$);
- радиально-упорные (угол контакта: $0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$);
- упорно-радиальные (угол контакта: $45^\circ < \alpha < 90^\circ$);

По форме тел качения:

- шариковые;
- роликовые (ролики бывают: цилиндрические, конические, игольчатые, бочкообразные, витые).

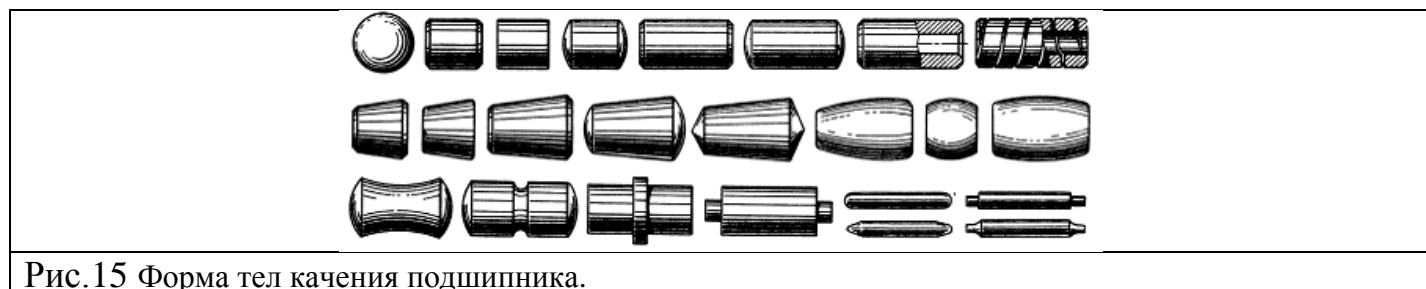


Рис.15 Форма тел качения подшипника.

По числу рядов тел качения:

- однорядные;
- двухрядные;
- четырёхрядные;
- многорядные;

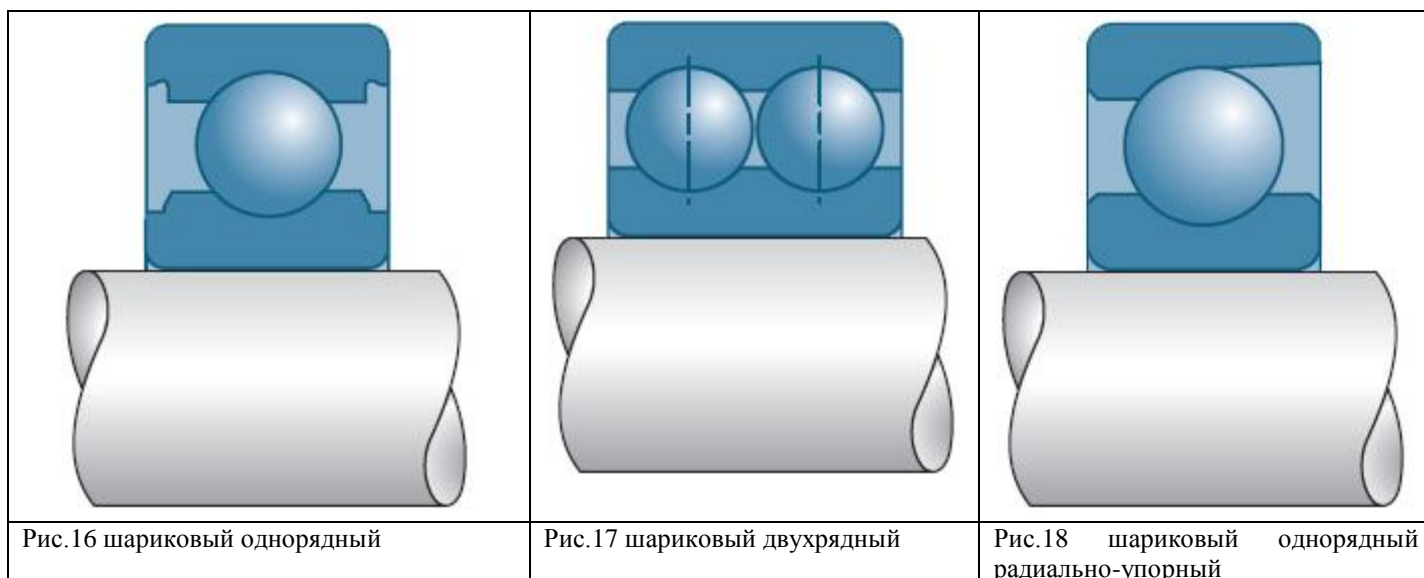
По конструктивным признакам:

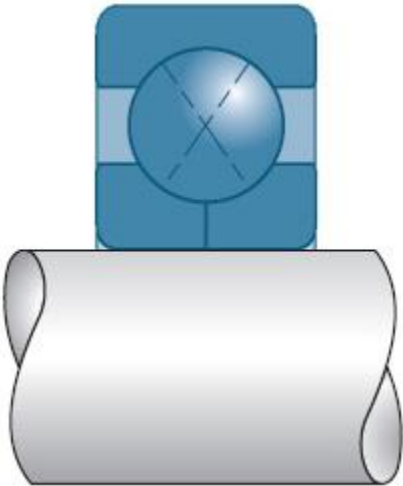
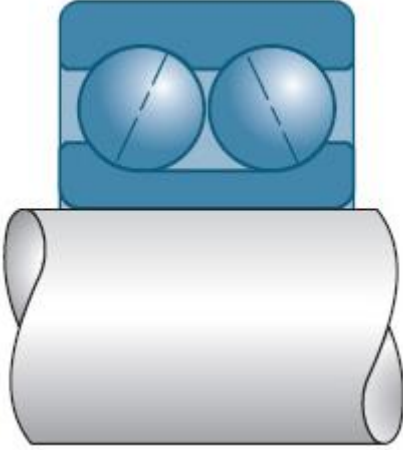
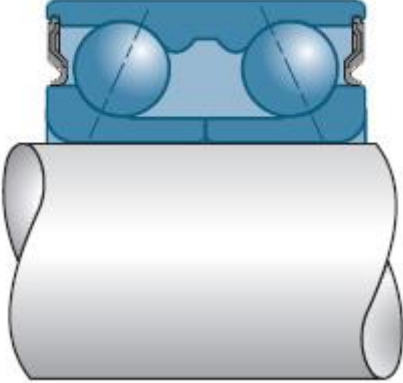
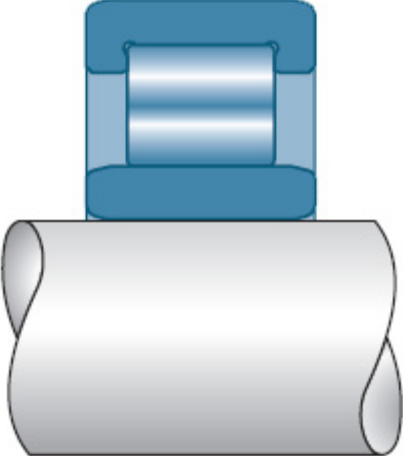
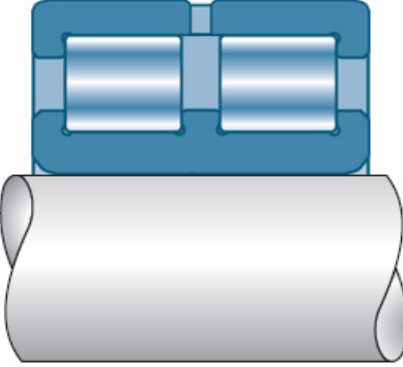
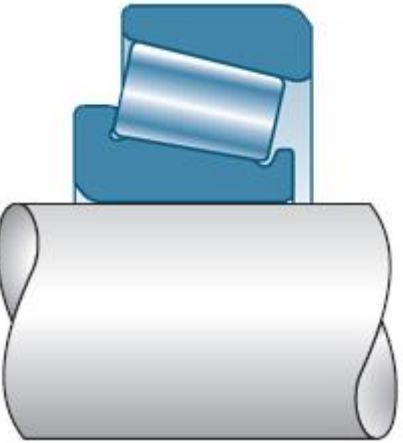
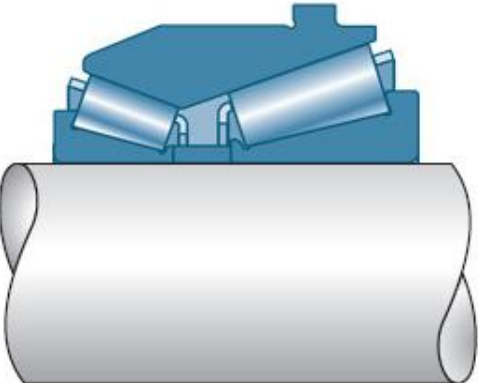
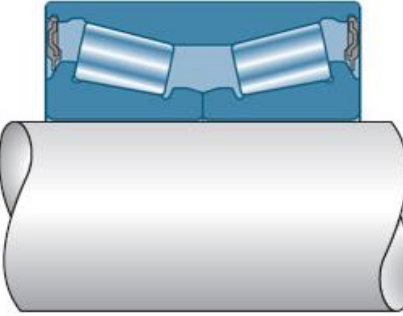
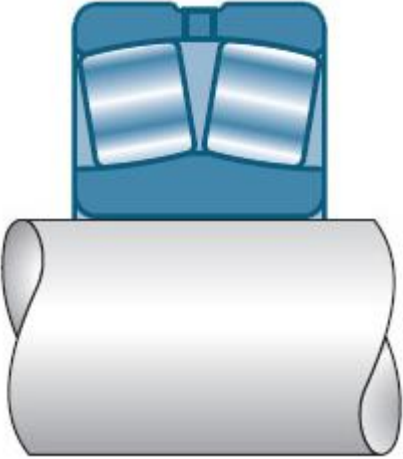
- самоустанавливающиеся;
- несамоустанавливающиеся.

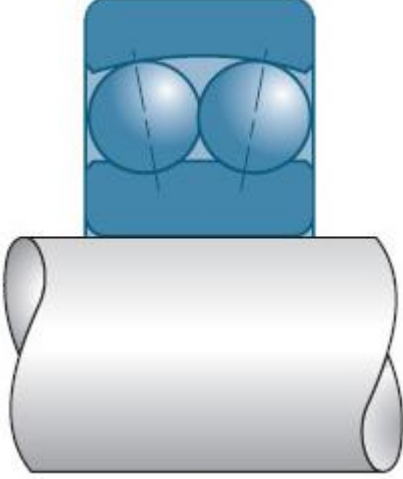

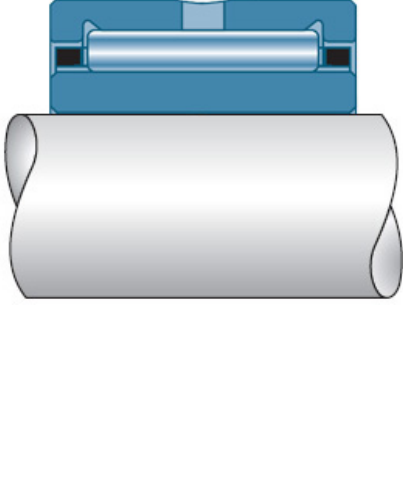
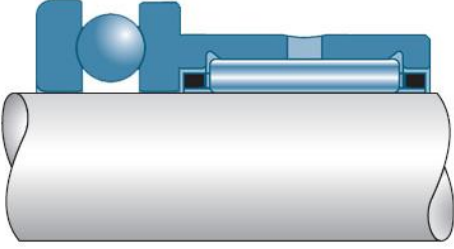

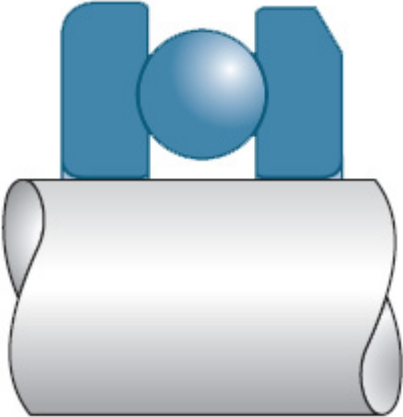
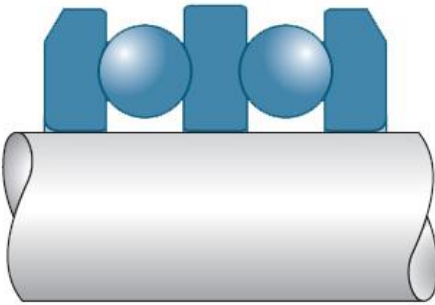
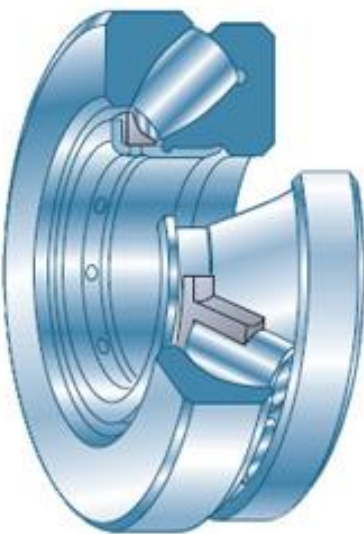
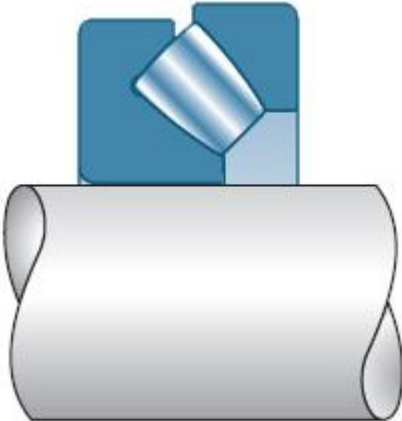
По форме отверстия внутреннего кольца:

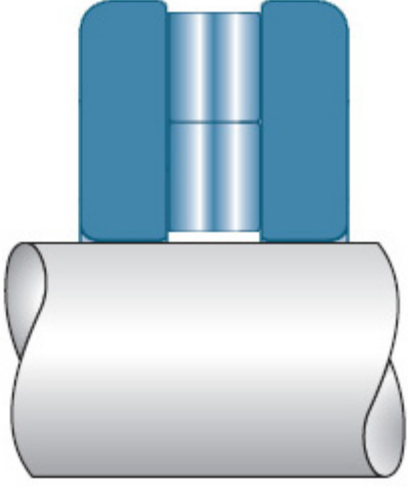
- цилиндрические;
- конические.

Ниже, для ясности, приводятся иллюстрации компании NTN-SNR Roulements.



		
<p>Рис.19 однорядный подшипник с четырёхточечным контактом</p>	<p>Рис.20 двухрядный радиально-упорный подшипник</p>	<p>Рис.21 двухрядный радиально-упорный подшипник типа HUB</p>
		
<p>Рис.22 однорядный роликовый цилиндрический подшипник</p>	<p>Рис.23 двухрядный роликовый цилиндрический подшипник</p>	<p>Рис.24 однорядный роликовый конический подшипник</p>
		
<p>Рис.25 двухрядный роликовый конический подшипник</p>	<p>Рис.26 двухрядный роликовый конический подшипник типа HUB</p>	<p>Рис.27 двухрядный самоустанавливающийся роликовый подшипник</p>

		
<p>Рис.28 двухрядный самоустанавливающийся шариковый подшипник</p>	<p>Рис.29 Игольчатый подшипник</p>	<p>Рис.30 однорядный игольчатый подшипник</p>
		
<p>Рис.31 комбинированный игольчатый подшипник</p>	<p>Рис.32 однорядный шариковый упорный подшипник</p>	<p>Рис.33 однорядный шариковый упорный подшипник</p>
		
<p>Рис.34 двухрядный шариковый упорный подшипник</p>	<p>Рис.35 Упорный роликовый подшипник</p>	<p>Рис.36 упорный сферический роликовый подшипник</p>

		
<p>Рис.37 упорный цилиндрический роликовый подшипник</p>		

Краткая информация по типам подшипников (преимущества, ограничения, области применения).

01. Радиальные шариковые подшипники.

Могут развивать большие скорости вращения. Малый момент трения.

Применение: электродвигатели, электробытовая техника, высокоскоростные редукторы, деревообрабатывающие станки, медицинское оборудование.

02. Радиально-упорные шариковые подшипники.

Выдерживают высокие радиальные, а так же осевые нагрузки – тем больше, чем больше угол α .

Применение: станочные шпиндели, электродвигатели, насосы.

03. Шариковые подшипники с четырехточечным контактом.

Воспринимают осевые нагрузки в обоих направлениях или комбинированную радиальную нагрузку при одновременном действии осевой.

Применение: редукторы, шпиндели станков.

04. Роликовые радиальные подшипники.

Выдерживают высокие радиальные нагрузки, совершенно не воспринимают осевых нагрузок, чувствительны к перекосам. Несущая способность в 1.5-2 раза выше, чем у шариковых подшипников при одинаковых размерах. Если возникнет осевая сила, то она приведет к большому сопротивлению вращения и изнашиванию.

Применение: большие электродвигатели, мощные редукторы, насосы, шпиндели металлорежущих станков.

05. Роликовые конические подшипники (радиально-упорный).

Грузоподъемнее шарикового (также в зависимости от угла α), чувствителен к перекосам, имеет невысокую быстроходность, требует регулировки осевого зазора, а в ответственных случаях – предварительного натяга. Способны воспринимать одновременно радиальные и осевые нагрузки.

Применение: ступицы автомобилей, косозубые механические передачи.

06. Двухрядные самоустанавливающиеся подшипники.

Внутренняя поверхность наружного кольца имеет сферическую поверхность, что позволяет им работать при некотором перекосе внутреннего кольца (до 3°) относительно наружного (из-за несоосности посадочных мест или прогиба вала от

нагрузки). Шариковые самоустанавливающиеся подшипники выдерживают небольшую для своих размеров грузоподъемность, а роликовые с бочкообразными роликами – весьма высокую радиальную грузоподъемность. Двойной ряд тел качения обеспечивает повышенную грузоподъемность. Самоустанавливающиеся подшипники нельзя ставить по два (как и в паре с другим подшипником) на одной стороне вала, т.к. свойство самоустановки при этом пропадает.

Применение: металлургические прокатные станы, опоры ветряных электрогенераторов.

07. Игольчатые подшипники.

Если длина ролика ≥ 2.5 диаметра ролика, то подшипник называется игольчатым. Выпускаются радиальные и упорные. Имеет высокую радиальную грузоподъемность при малом размере в радиальном направлении. Используются в механическом оборудовании, когда нужно сочетание компактности и грузоподъемности. Имеют ограничения по скорости вращения. Невысокая быстроходность, часто используется в режимах качательного движения.

Применение:

Конвейерные ролики, планетарные редукторы, зубчатые передачи постоянного зацепления, шестеренчатые насосы, шкивы, опорные ролики, крестовины карданных валов, рабочий электроинструмент.

08. Упорные шариковые подшипники.

Воспринимают только осевые нагрузки, радиальные и комбинированные воспринимать не могут (кроме упорных конических и сферических). Ограничена быстроходность. Устойчивы к ударным нагрузкам.

Применение: вертикальные валы, домкраты.

09. Упорные роликовые подшипники.

Используются в случаях, когда действуют крайне большие осевые нагрузки. Ограничена быстроходность. Выпускаются в трех видах:

-с цилиндрическими роликами: для работы при больших нагрузках и небольших скоростях;

-с коническими роликами: для работы при чрезвычайно высоких осевых нагрузках, ударах и повышенных скоростях вращения;

-с сфероконическими роликами: обладают свойством самоустанавливаемости и могут нести большие радиальные и осевые нагрузки.

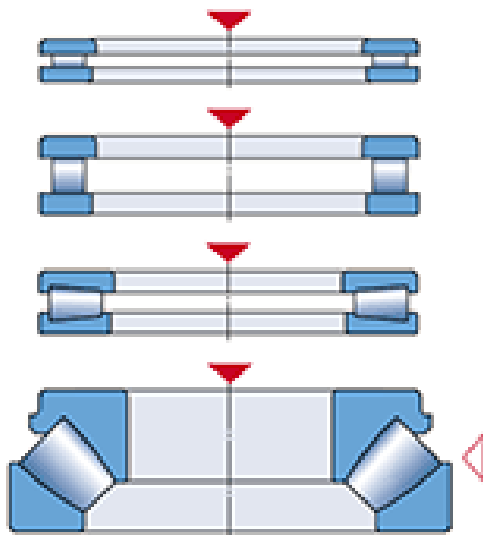


Рис.38 Упорные подшипники. Красной стрелкой показано направление воспринимаемой нагрузки.

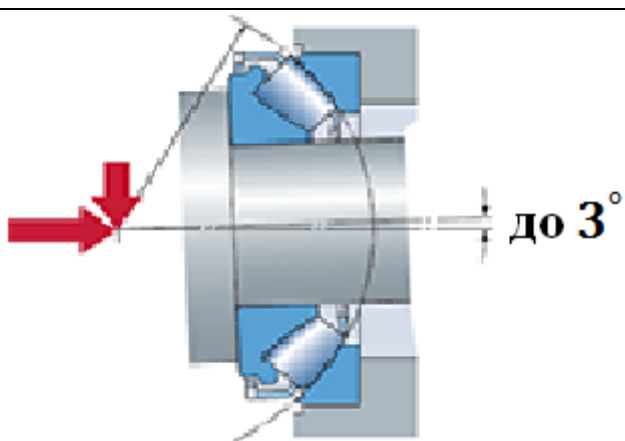


Рис.39 Упорный сферический роликовый подшипник. Источник: <http://www.bergab.ru>



Рис.40 Упорный сферический роликовый подшипник. Источник: <http://www.bergab.ru>

Одинарный упорный роликовый подшипник выдерживает осевую нагрузку только в одном направлении. Двойной упорный роликовый подшипник может воспринимать осевую нагрузку в обоих направлениях.

Применение: поворотные узлы металлургического оборудования, экструдеры, генераторы переменного тока, тяжело нагруженные вертикальные валы, судостроение, редукторы, подъемно-транспортное оборудование, гидравлические машины, строительная техника.

Для радиально-упорных и особенно упорных подшипников существует минимальное значение осевой силы, которая должна "поджимать" подшипник.

Классификация по степеням точности изготовления (согласно ГОСТ 520-2002).

Для шариковых и роликовых радиальных; шариковых радиально-упорных подшипников, в порядке повышения точности:

8, 7, нормальный, 6, 5, 4, Т, 2.

Для роликовых конических подшипников, в порядке повышения точности:

8, 7, 0, нормальный, 6X, 6, 5, 4, 2.

Соответствие классов точности подшипников по ГОСТ 520-2002 классам точности по международным стандартам и национальным стандартам некоторых стран.

Таблица 03. Шариковые и роликовые радиальные и радиально-упорные шариковые подшипники.

стандарт		класс точности							
Россия, СНГ	ГОСТ 520-2002	8	7	нормальный	6	5	4	Т	2
Международный	ISO 492	-	-	нормальный	6	5	4	-	2
Германия	DIN 620	-	-	P0	P6	P5	P4	-	P2
США	ABMA 20	-	-	ABEC-1 RBEC-1	ABEC-3 RBEC-3	ABEC-5 RBEC-5	ABEC-7	-	ABEC-9
Япония	JISB B	-	-	0	6	5	4	-	2

Таблица 04. Роликовые конические подшипники.

стандарт		класс точности								
Россия, СНГ	ГОСТ 520-2002	8	7	0	нормальный	6X	6	5	4	2
Международный	ISO 492	-	-	-	нормальный	6X	-	5	4	-
Германия	DIN 620	-	-	-	P0	P6X	-	P5	P4	-
США	ABMA 20	-	-	-	K	N	-	C	B	A
Япония	JISB B	-	-	-	0	6X	6	5	4	-

Таблица 05. Упорные и упорно-радиальные подшипники.

стандарт		класс точности						
Россия, СНГ	ГОСТ 520-2002	8	7	нормальный	6	5	4	2
Международный	ISO 492	-	-	нормальный	6	5	4	-
Германия	DIN 620	-	-	P0	P6	P5	P4	-

Неточности изготовления подшипников.

(критерии АВЕС для колец)

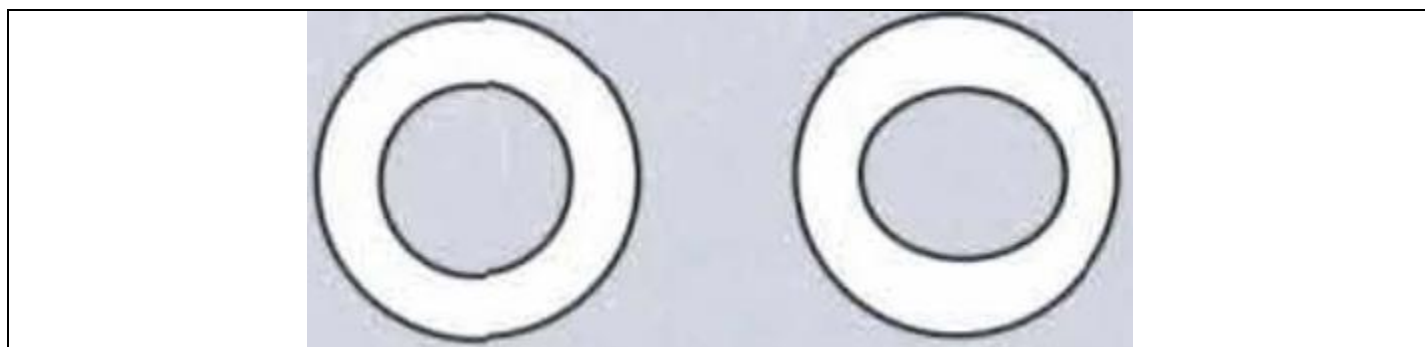


Рис.41 Некруглость отверстия кольца подшипника. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

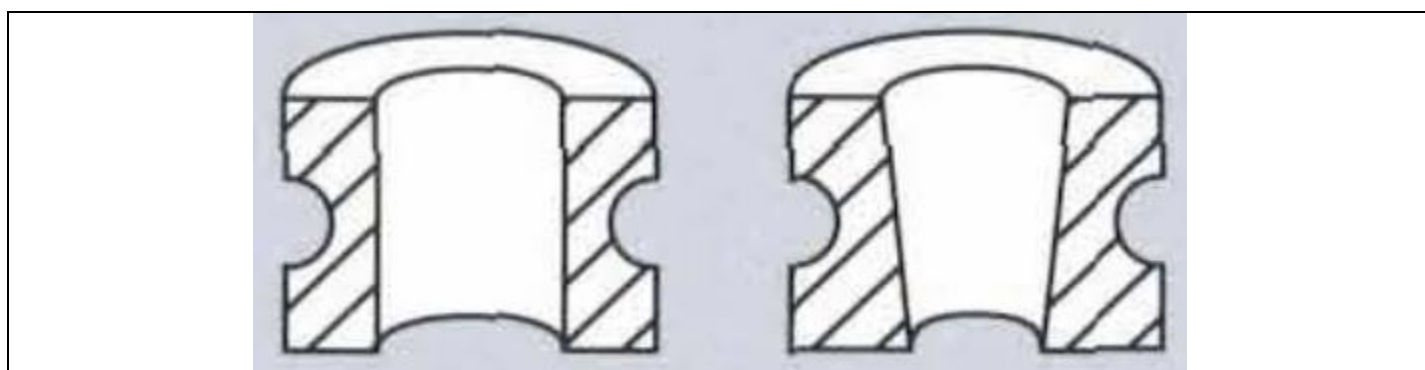
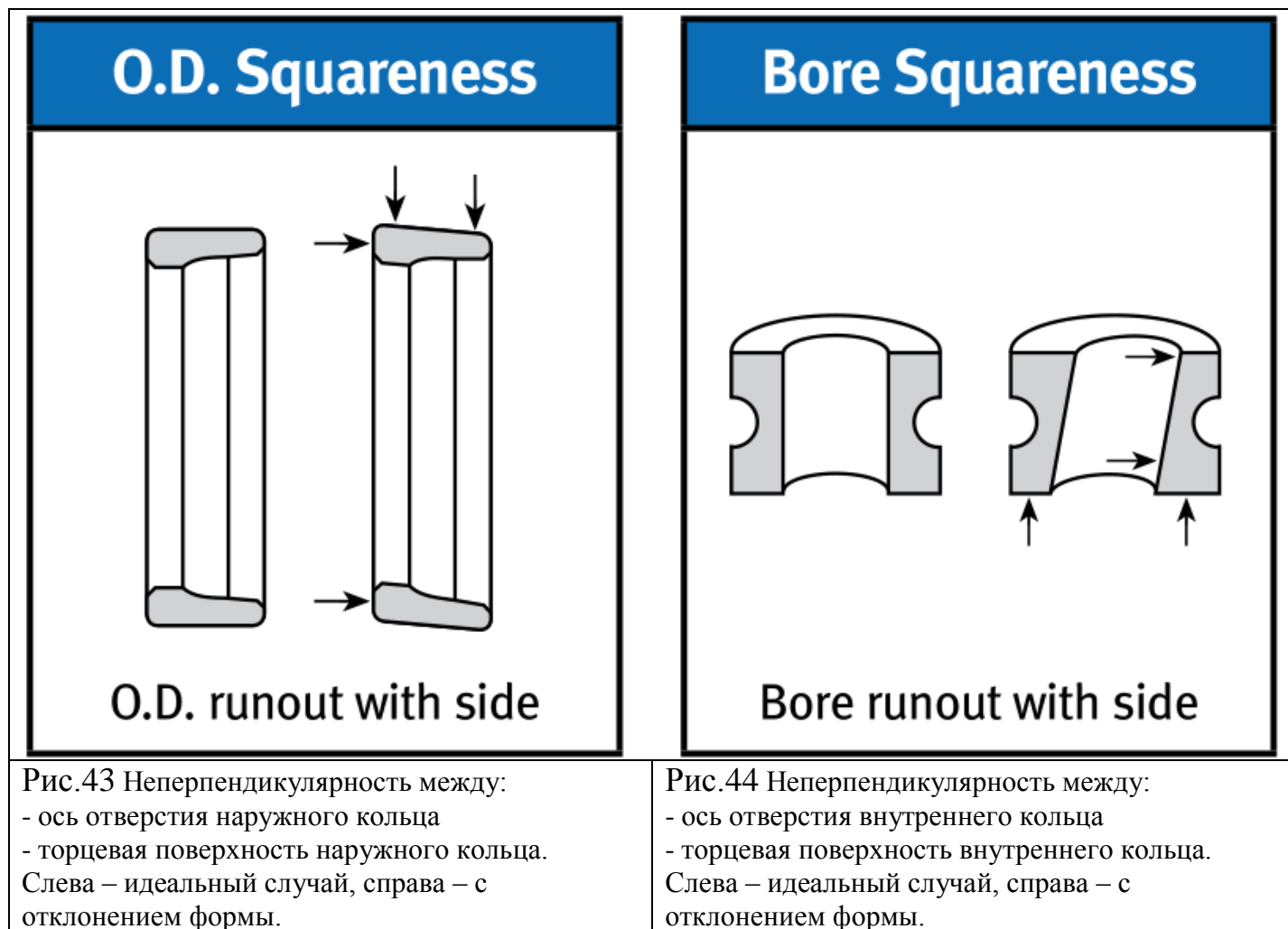
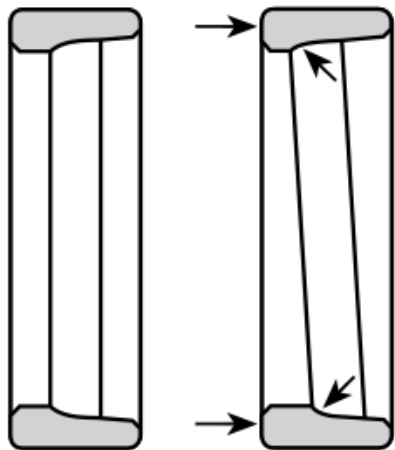


Рис.42 Конусность отверстия кольца подшипника. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

Ниже приводится общая информация по неточностям изготовления для наружного и внутреннего колец. Источник: The Barden Corporation.

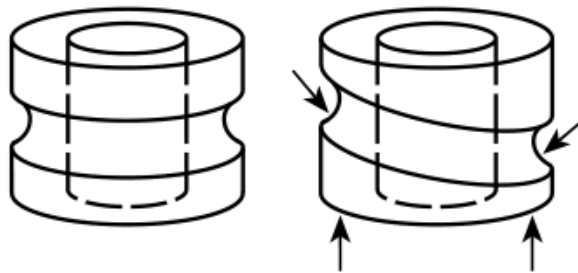


Groove Wobble



Race runout with side

Groove Wobble

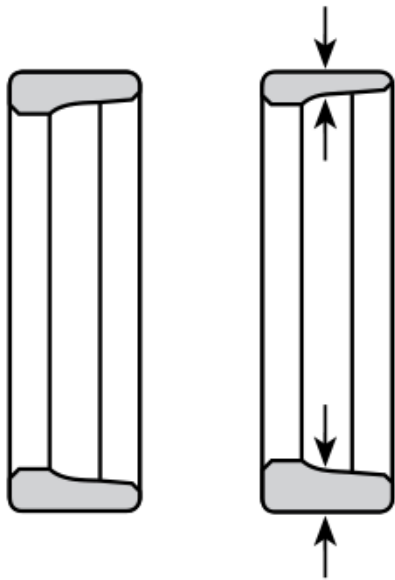


Race runout with side

Рис.45 Биение дорожки качения относительно торцевой поверхности наружного кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

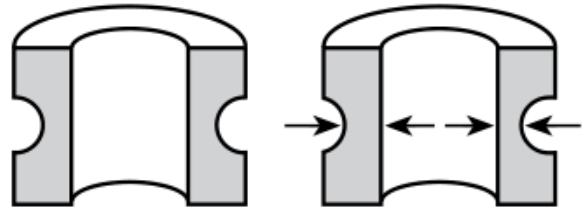
Рис.46 Биение дорожки качения относительно торцевой поверхности внутреннего кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

Radial Runout



Race runout with O.D.

Radial Runout



Race runout with bore

Рис.47 Радиальное биение дорожки качения наружного кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы. Справа показана неравномерность толщины стенки кольца на впадине дорожки качения. В общем случае величина толщины стенки имеет распределение по углу вокруг оси отверстия.

Рис.48 Радиальное биение дорожки качения внутреннего кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы. Справа показана неравномерность толщины стенки кольца на впадине дорожки качения. В общем случае величина толщины стенки имеет распределение по углу вокруг оси отверстия.

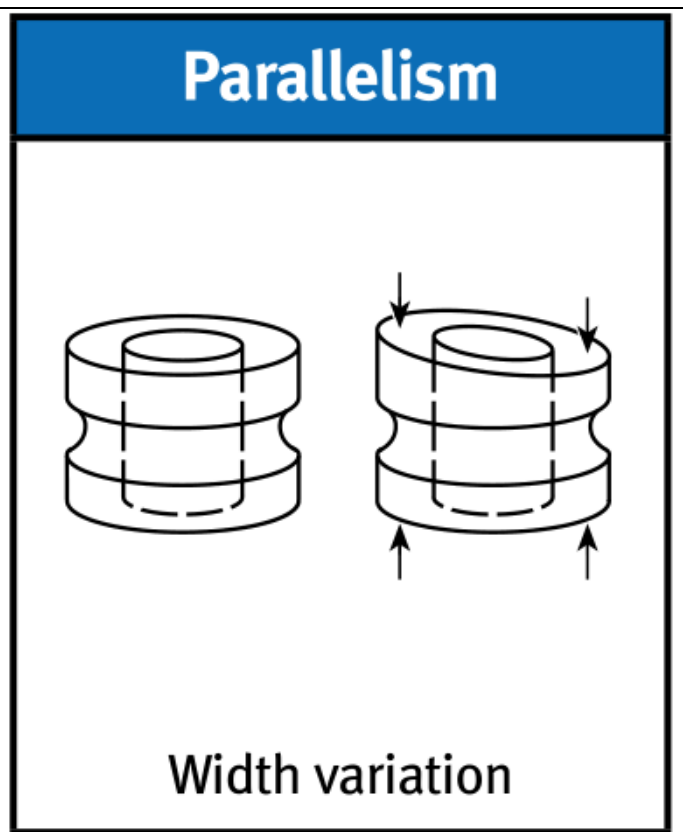
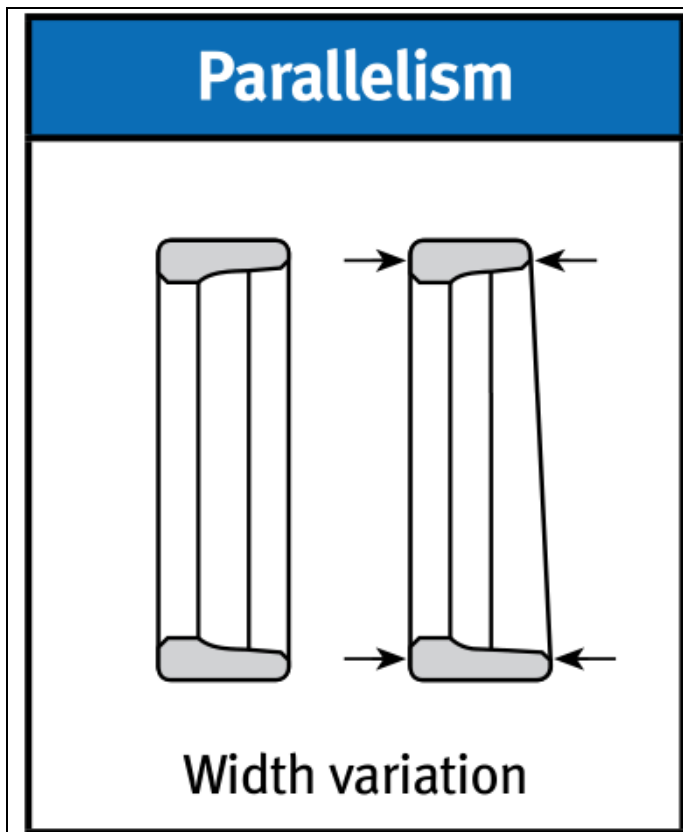


Рис.49 Неравномерность ширины наружного кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

Рис.50 Неравномерность ширины внутреннего кольца. Слева – идеальный случай, справа – с отклонением формы.

Кроме того, специалисты компании The Barden Corporation отмечают, что существуют несколько параметров подшипников, не регулируемых стандартами АБЕС: круглость дорожки качения, радиус дорожки качения. В компании введены собственные критерии оценки этих параметров.

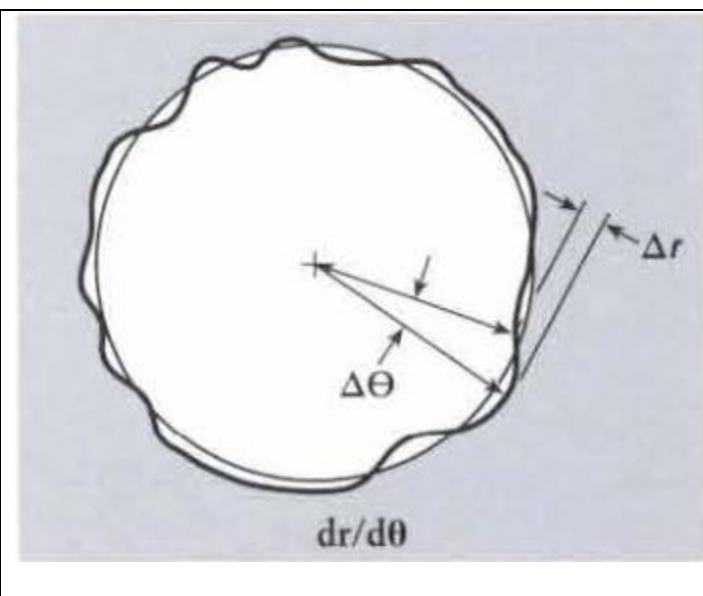
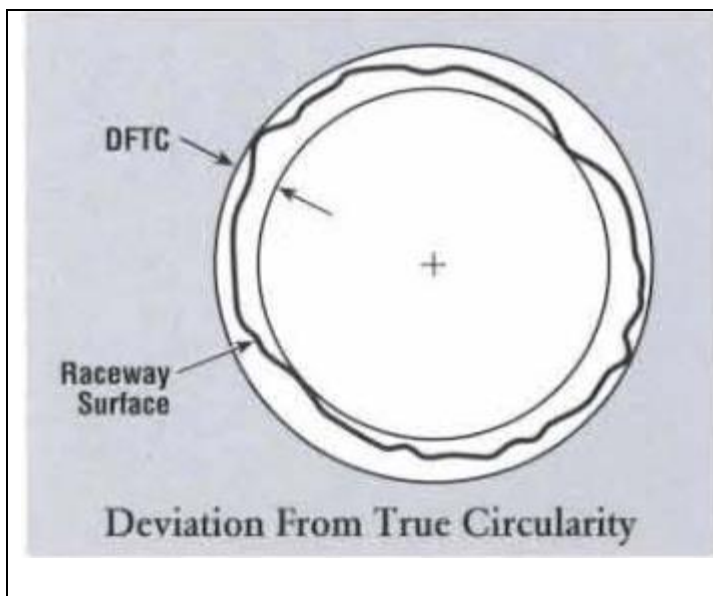


Рис.51 Отклонение от круглости дорожки качения. Raceway Surface – поверхность дорожки качения.

Рис.52 Распределение значения радиуса дорожки качения по углу вокруг оси отверстия. Волнистость приводит к шуму и вибрациям в работе подшипника.

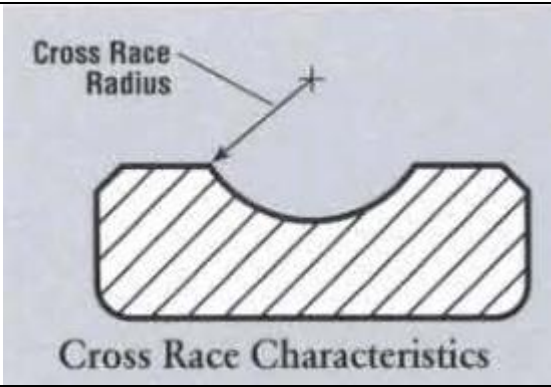


Рис.53 Радиус дорожки качения.

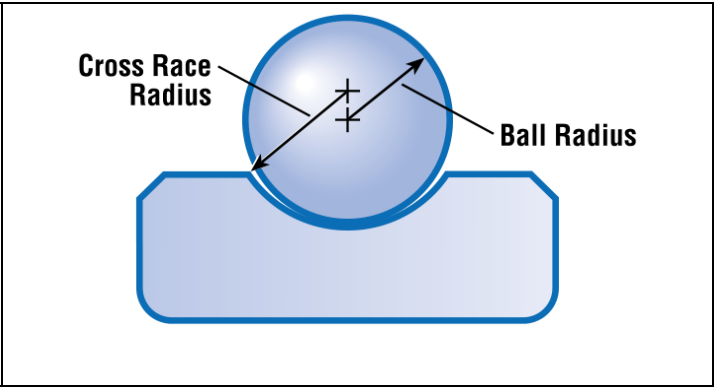


Рис.54 Cross Race Radius – радиус дорожки качения; Ball Radius – радиус шарика.

Методы контроля геометрических параметров подшипников.

В этом разделе приводятся схемы из стандартов, поясняющие процесс измерения величин. В ГОСТ описания носят весьма формальный характер и понятны, видимо, только составителям стандартов и производителям подшипников. Наиболее подробные пояснения удалось найти только в ГОСТ 520-55 и японском стандарте JIS B В. В приложении 01 показаны примеры реальных схем измерений на заводе-изготовителе.

а) Контроль внутреннего диаметра подшипника Рис.55,56,57,58,59. Цель – определить отклонение от круглости и наличие конусности. Измерение производится приборами или предельными калибрами. Измерение производится не менее чем в двух сечениях, несколько отступя от фасок. При измерениях на приборе кольцо подшипника проворачивается до полного оборота.

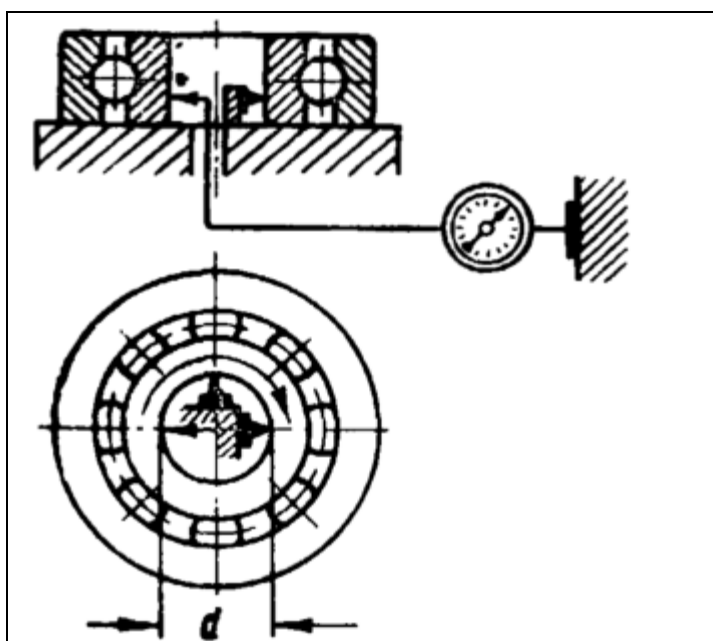


Рис.55 Контроль внутреннего диаметра подшипника. Иллюстрация – ГОСТ 520-55.

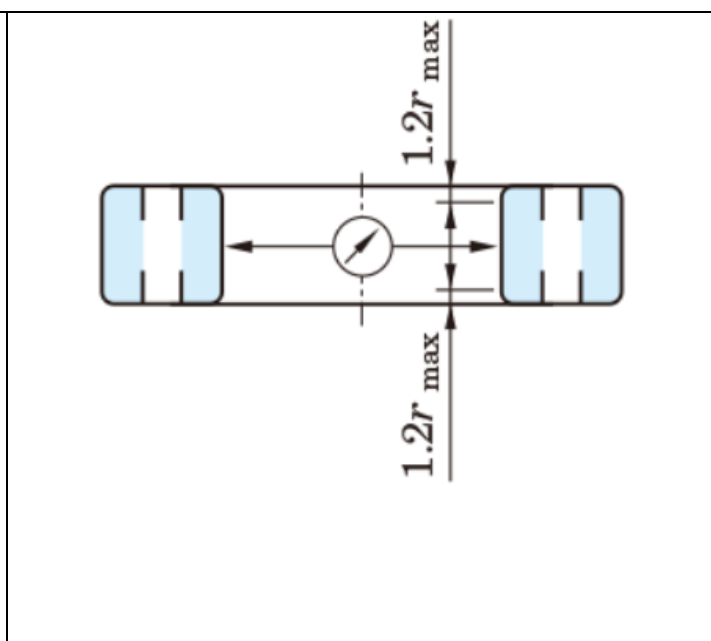


Рис.56 Контроль внутреннего диаметра подшипника. Иллюстрация компании "Коуо".

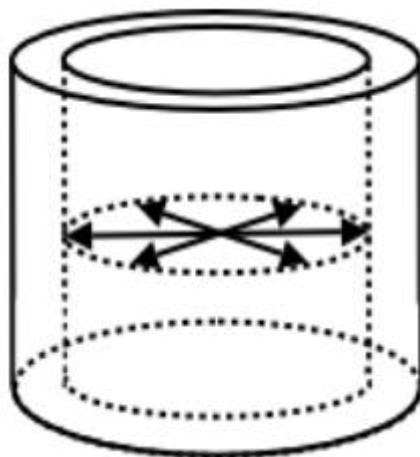


Рис.57 В фиксированной плоскости измерения внутреннего диаметра проводятся в нескольких точках.

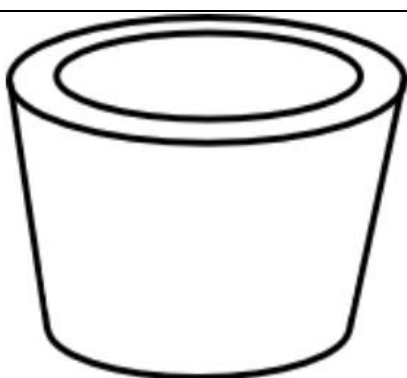


Рис.58 Определение дефекта – конусности отверстия внутреннего кольца подшипника.

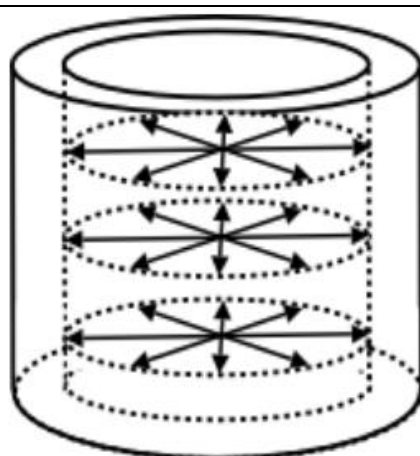


Рис.59 Определение дефекта – конусности отверстия внутреннего кольца подшипника. Измерения производятся в нескольких плоскостях вдоль оси отверстия, в нескольких точках в каждой плоскости.

б) Контроль наружного диаметра подшипника. Цель – определить отклонение от круглости и наличие конусности. Контроль наружного диаметра свыше 300 мм допускается производить универсальным измерительным инструментом. Измерение производится не менее чем в двух сечениях по высоте, несколько отступя от фасок, с вращением измеряемого кольца подшипника на полный оборот.

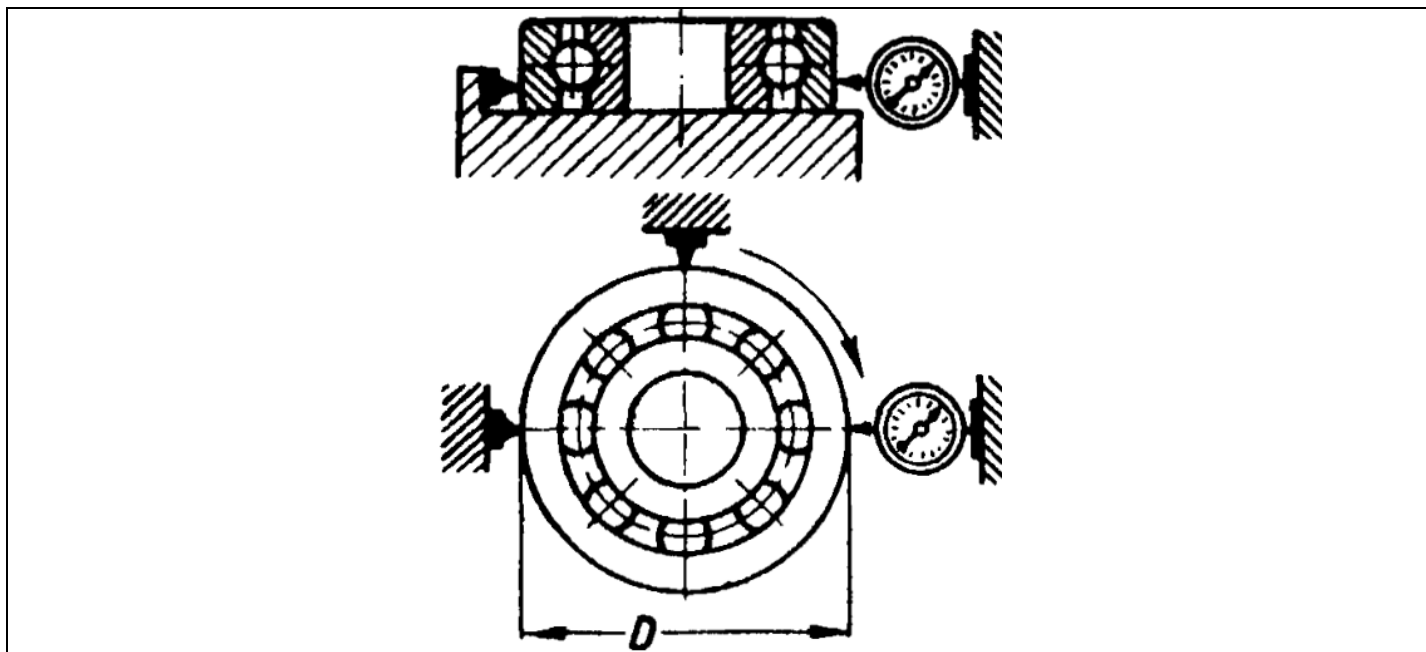


Рис.60 Контроль наружного диаметра подшипника. Иллюстрация – ГОСТ 520-55.

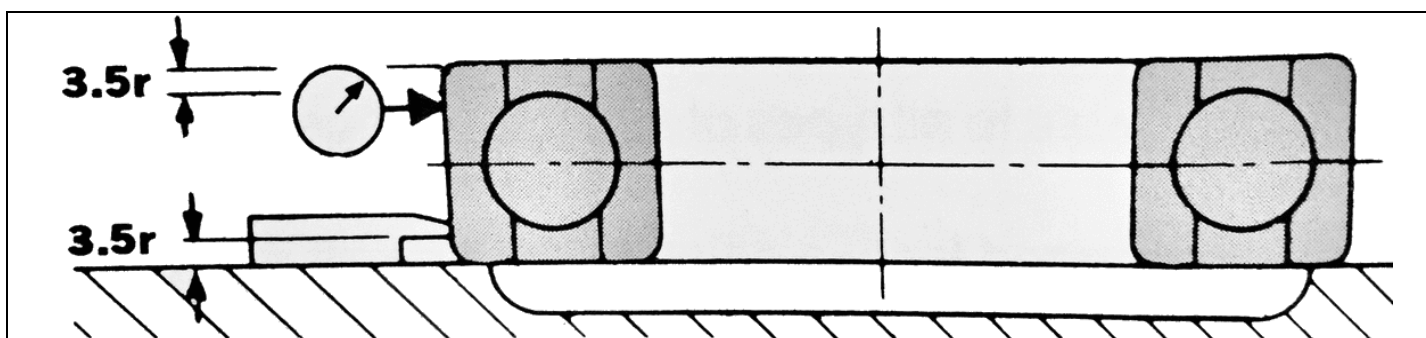


Рис.61 Контроль наружного диаметра подшипника.

в) Контроль неравномерности ширины колец (параллельности торцев) в радиальных и радиально-упорных подшипниках. Цель – определить для каждого кольца наличие дефекта, показанного на Рис.50. При измерении кольцо подшипника проворачивается на приборе на полный оборот. Кольца подшипников с наружным диаметром свыше 300 мм разрешается контролировать по ширине универсальным измерительным инструментом, производя измерения не менее чем в трех точках по окружности.

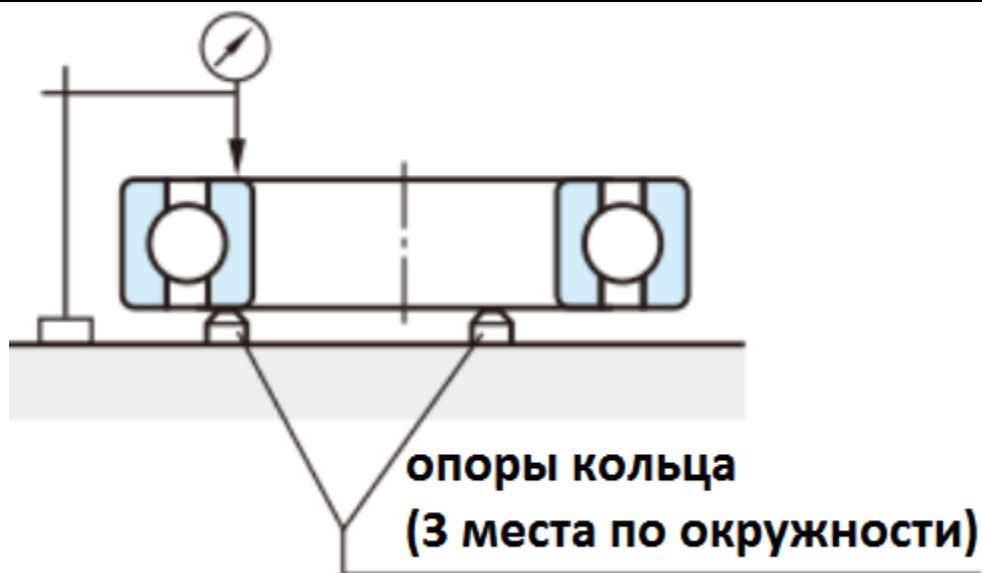


Рис.62 Определение неравномерности ширины внутреннего кольца. Одна сторона внутреннего кольца поддерживается в трех местах, а наружное кольцо свободно. Внутреннее кольцо проворачивается на полный оборот. Иллюстрация "Коуо".

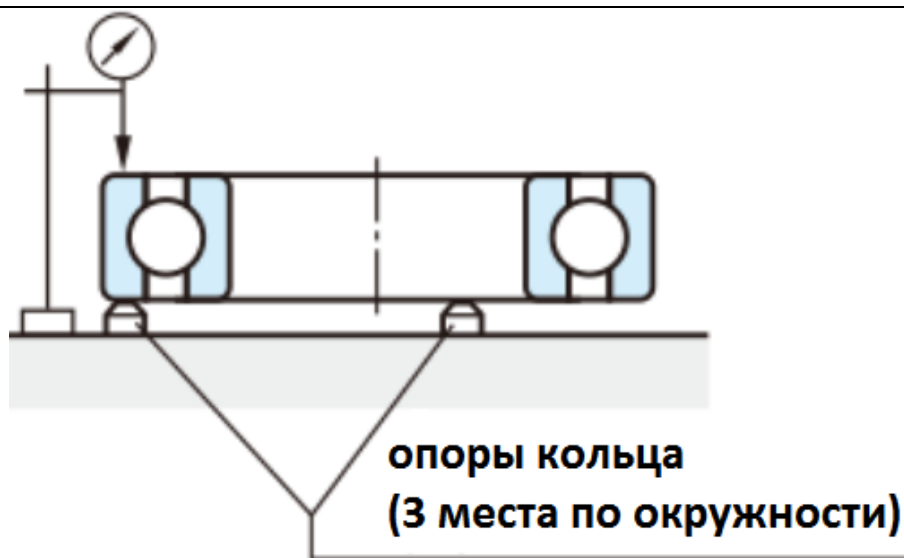


Рис.63 Определение неравномерности ширины наружного кольца. Одна сторона наружного кольца поддерживается в трех местах, а внутреннее кольцо свободно. Наружное кольцо проворачивается на полный оборот. Иллюстрация "Коуо".

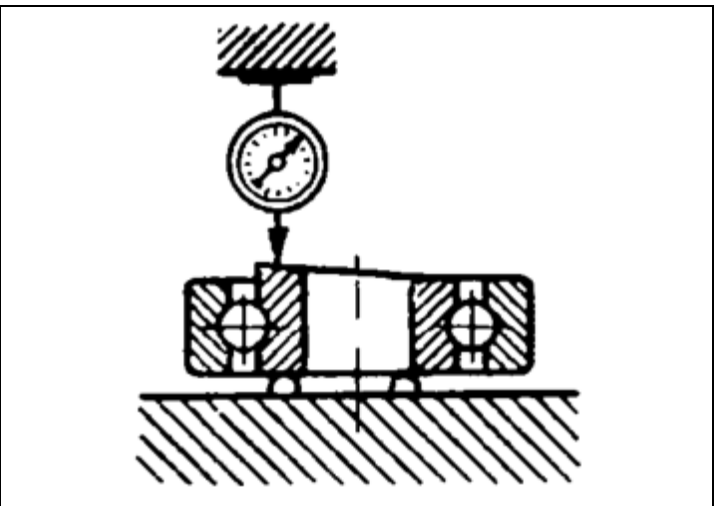
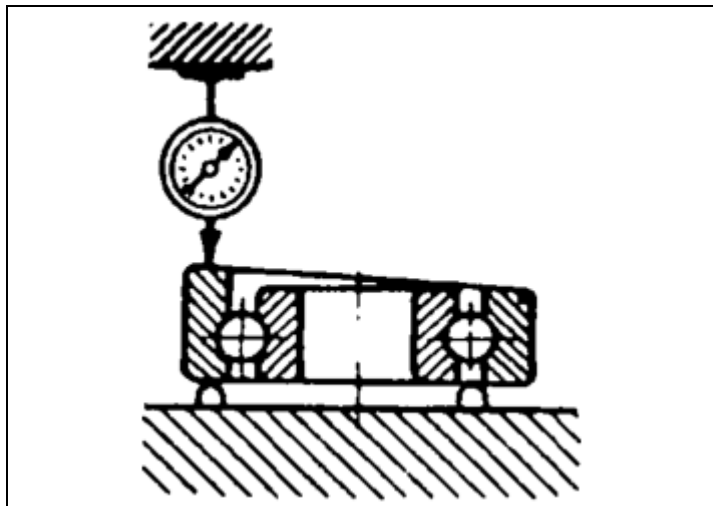


Рис.64 Определение неравномерности ширины наружного кольца ГОСТ 520-55.

Рис.65 Определение неравномерности ширины внутреннего кольца ГОСТ 520-55.

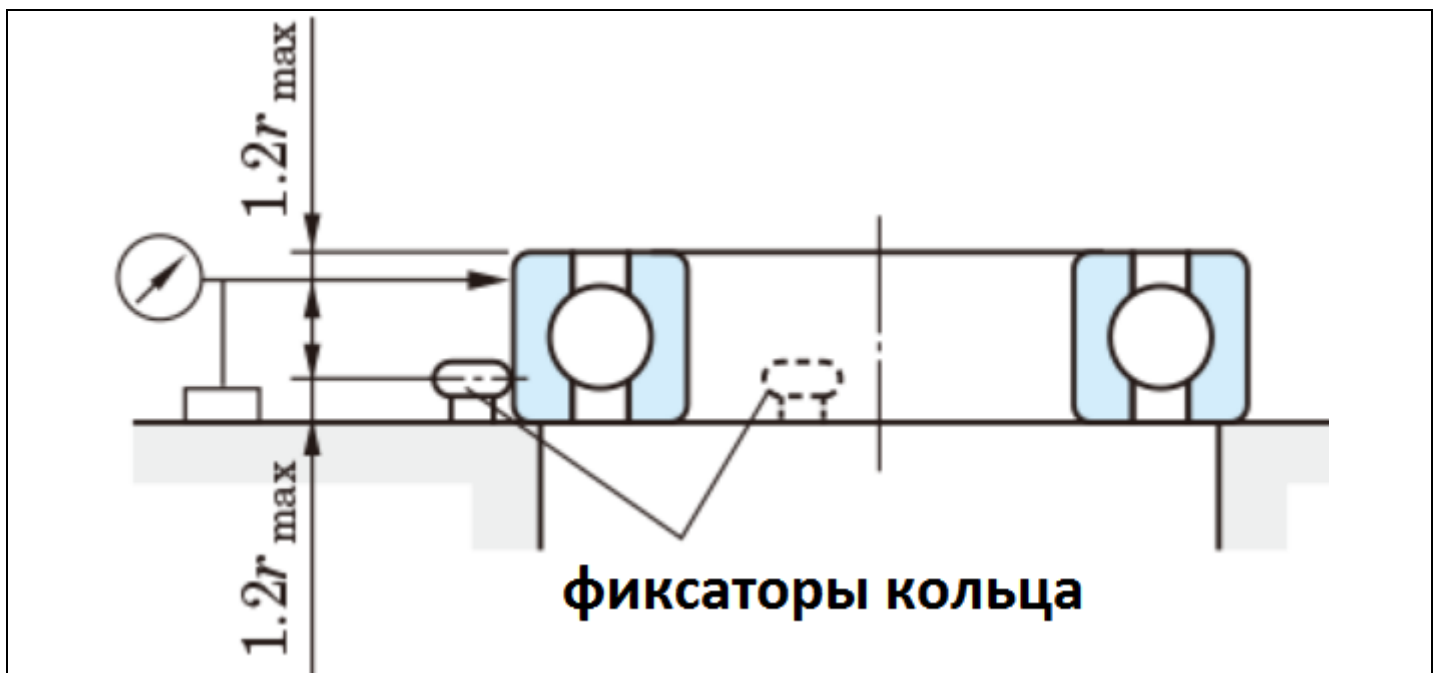


Рис.66 Измерение перпендикулярности поверхностей:

- а) боковая поверхность наружного кольца
- б) торцевая поверхность наружного кольца

Измерение проводят путем полного поворота наружного кольца.

г) Измерение радиальных биений колец подшипника

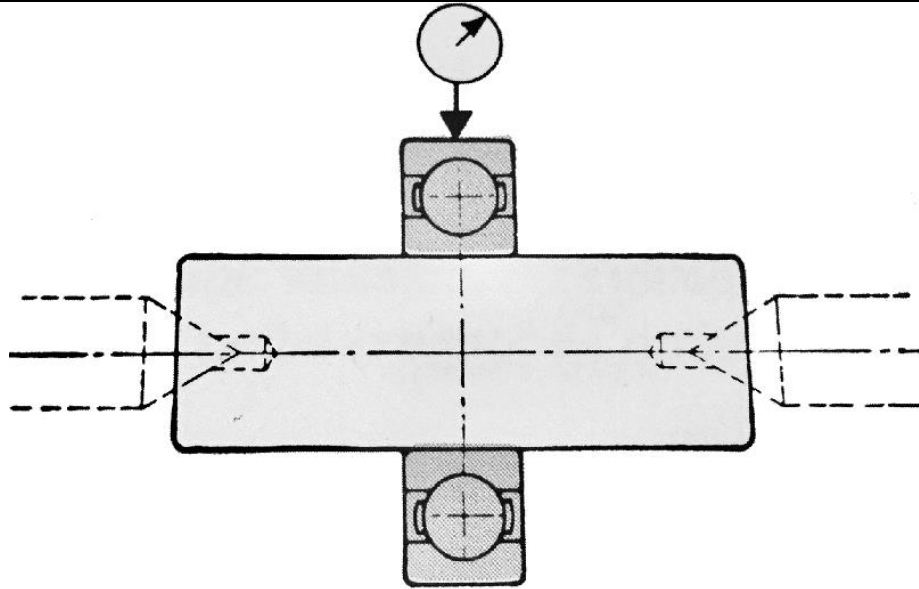


Рис.67 Измерение радиального биения внутреннего кольца радиальных шариковых и роликовых подшипников (кроме радиально-упорных подшипников). Измеряется путем установки подшипника на оправку. Наружное кольцо удерживается неподвижным, в то время как внутреннее кольцо (оправка) вращается на один полный оборот. Оправка имеет допуск на конусность!

Проверяется на горизонтальных центрах с помощью контрольных оправок.

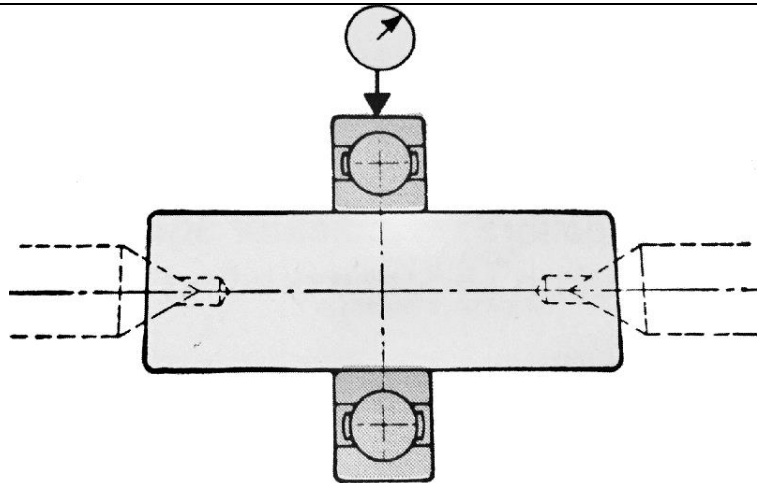


Рис.68 Измерение радиального биения наружного кольца. Внутреннее кольцо неподвижно, наружное проворачивается на полный оборот. Оправка имеет допуск на конусность!

Проверяется на горизонтальных центрах с помощью контрольных оправок.



Рис.69 Измерение радиального биения внутреннего кольца подшипника в сборе. Внутреннее кольцо проворачивается на полный оборот. Иллюстрация "Коуро".

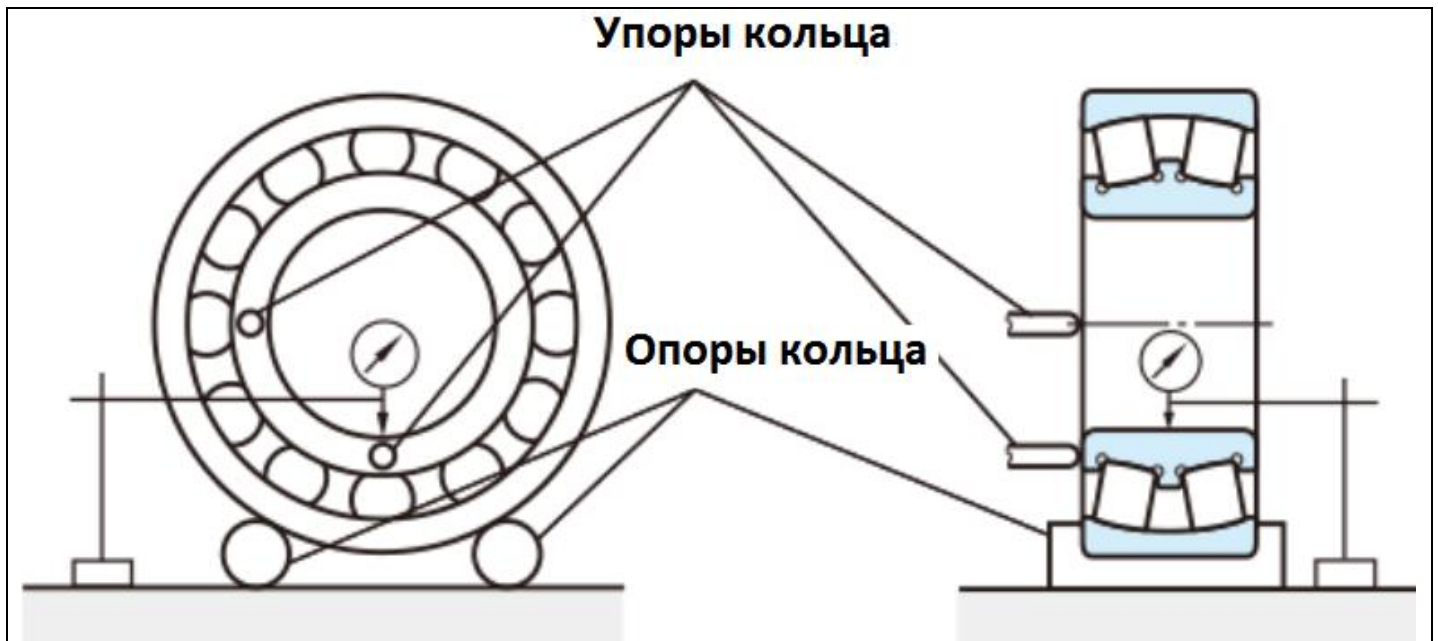


Рис.70 Измерение радиального биения внутреннего кольца самоустанавливающего подшипника. Внутреннее кольцо проворачивается на полный оборот. Иллюстрация "Коуро".

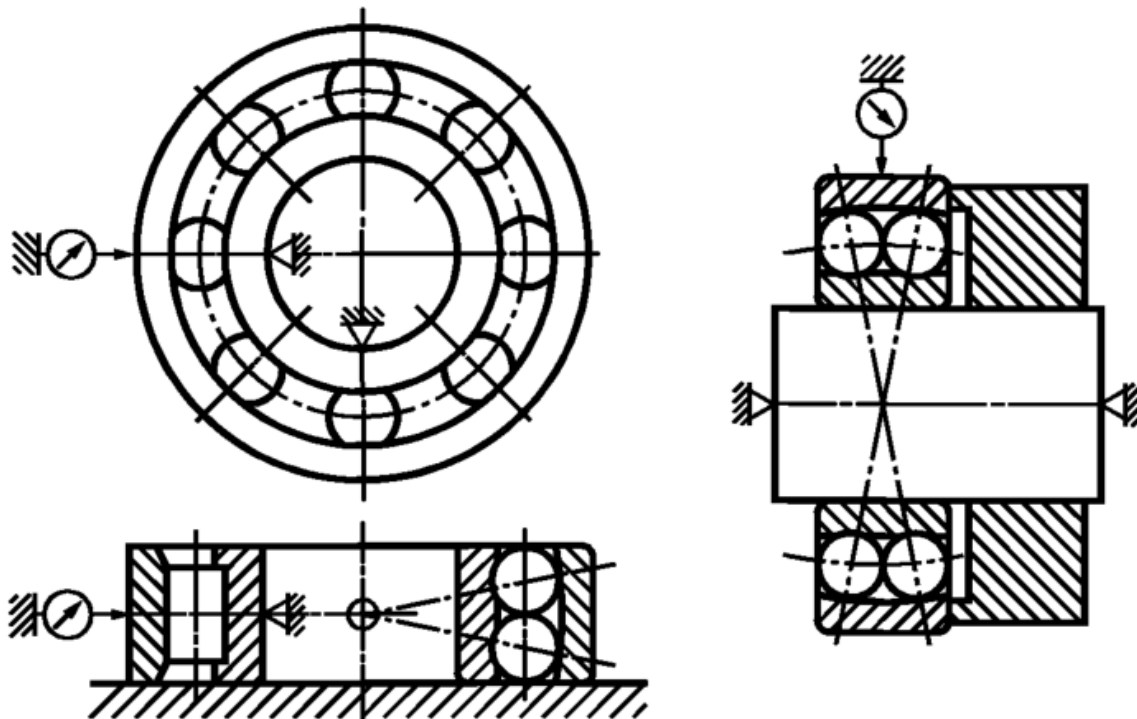


Рис.71 Измерение радиального биения внутреннего кольца шариковых и роликовых сферических подшипников. Наружное кольцо неподвижно, внутреннее проворачивается на полный оборот. Иллюстрация – ГОСТ 520-2002.

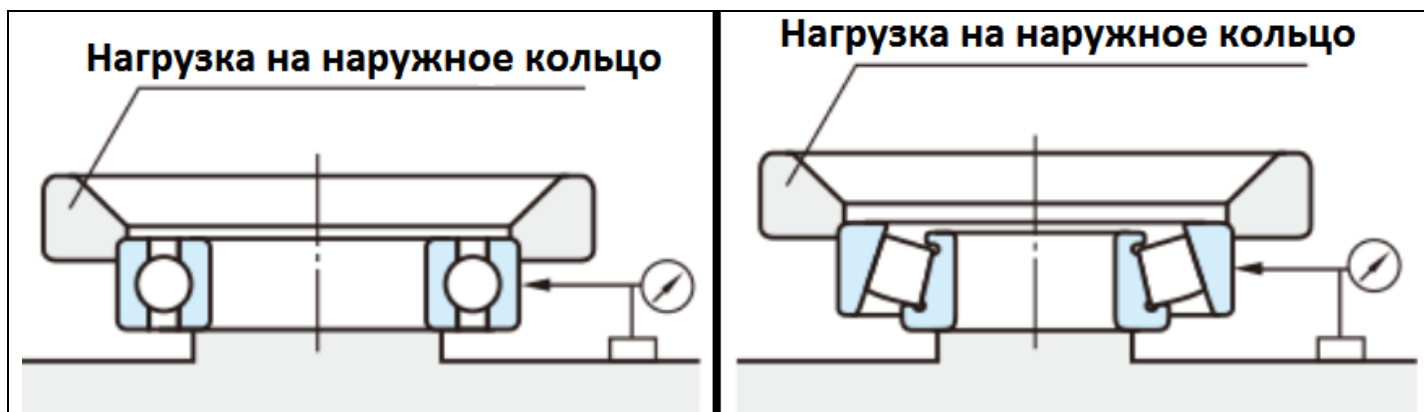


Рис.72 Измерение радиального биения наружного кольца подшипника в сборе. Иллюстрация "Коуро".

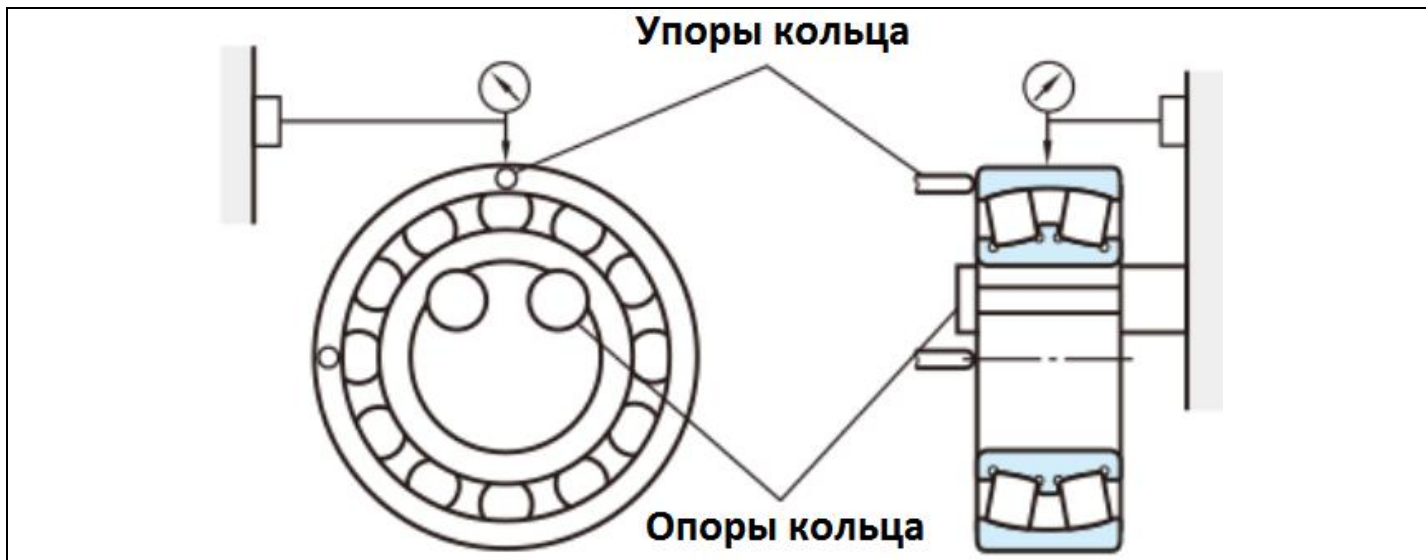


Рис.73 Измерение радиального биения наружного кольца для подшипников:

- с цилиндрическими роликами,
- игольчатых,
- самоустанавливающихся шариковых,
- сферических роликовых

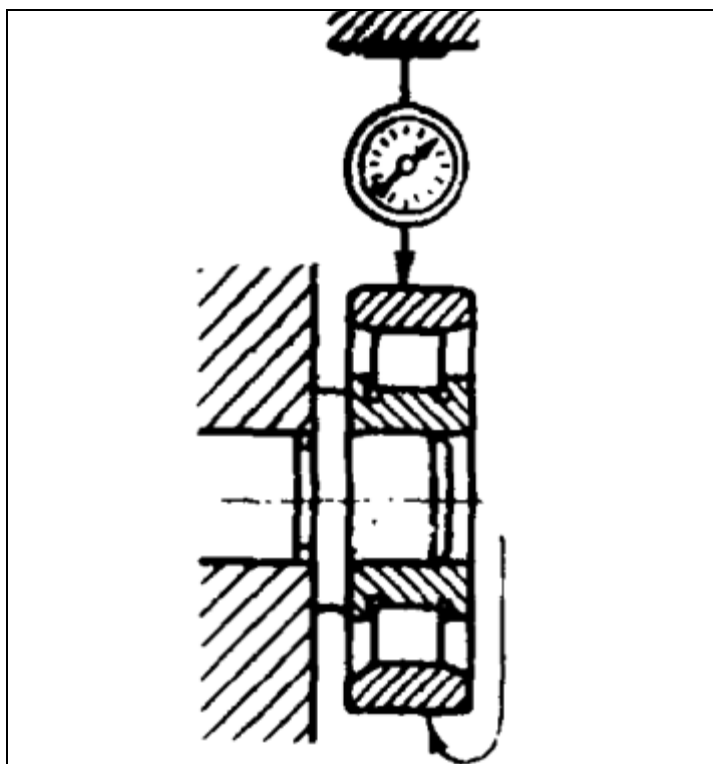


Рис.74 Проверка радиальных биений крупных подшипников с цилиндрическими роликами. Иллюстрация – ГОСТ 520-55.

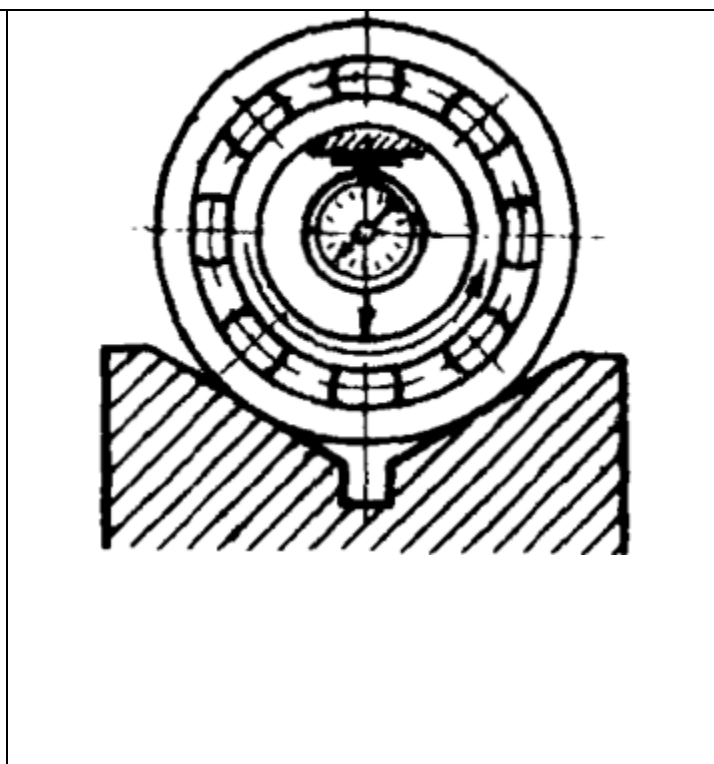


Рис.75 Проверка радиальных биений крупных подшипников с цилиндрическими роликами. Иллюстрация – ГОСТ 520-55.

д) Измерение торцевых биений колец подшипника

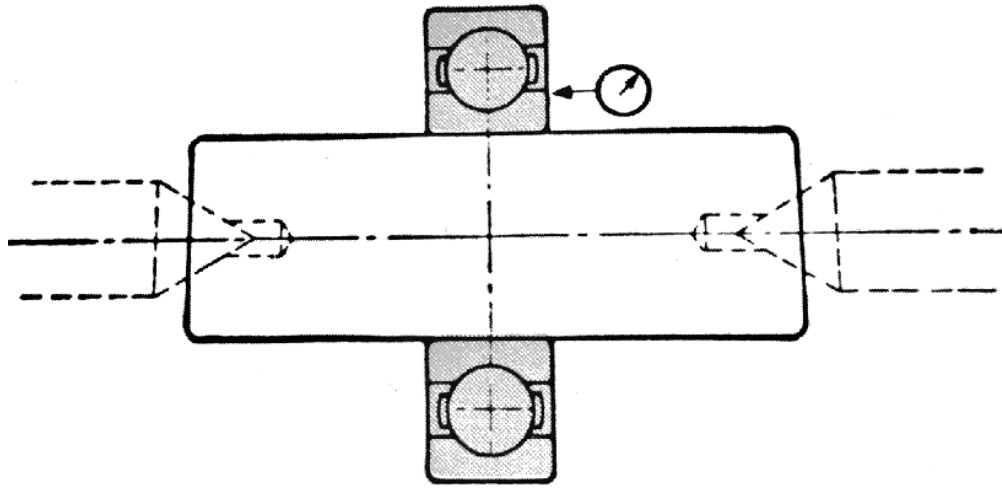


Рис.76 Измерение торцевого биения внутреннего кольца, т.е. перпендикулярности между:

- торцевая поверхность внутреннего кольца,
- ось отверстия внутреннего кольца.

Проверяется на горизонтальных центрах с помощью контрольных оправок. Оправка имеет допуск на конусность!

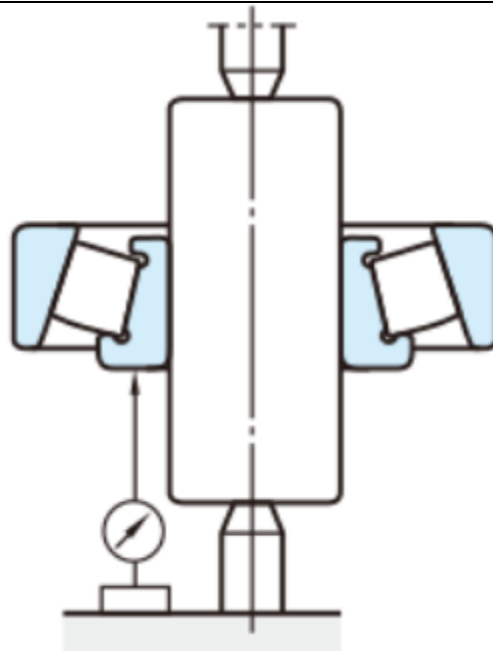


Рис.77 Измерение торцевого биения внутреннего кольца, т.е. перпендикулярности между:

- торцевая поверхность внутреннего кольца,
- ось отверстия внутреннего кольца.

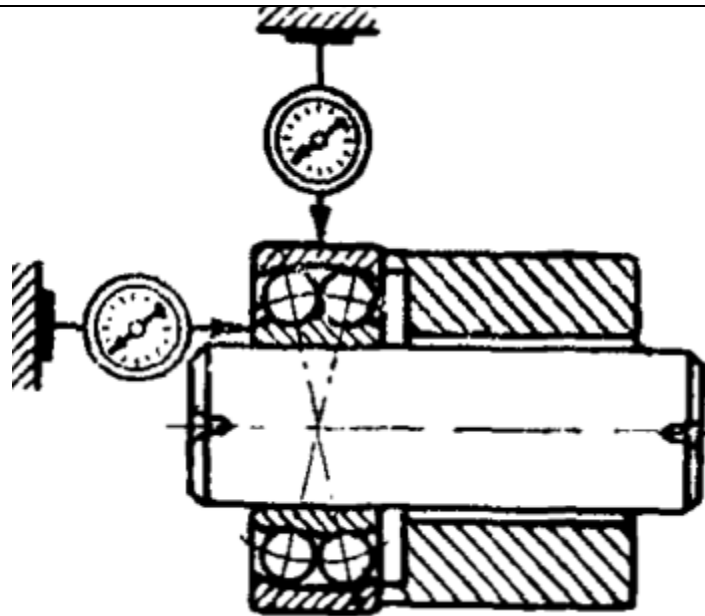


Рис.78 Проверка биений сферических подшипников на оправке с опорной втулкой.

Нагрузка на внутреннее кольцо

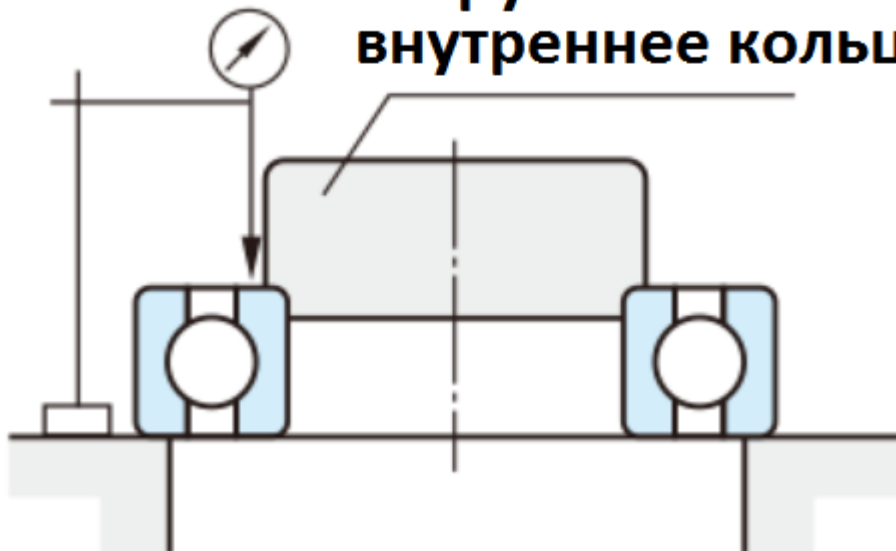


Рис.79 Торцевое биение внутреннего кольца подшипника в сборе. Внутренне кольцо проворачивается на полный оборот. Иллюстрация "Коуро"

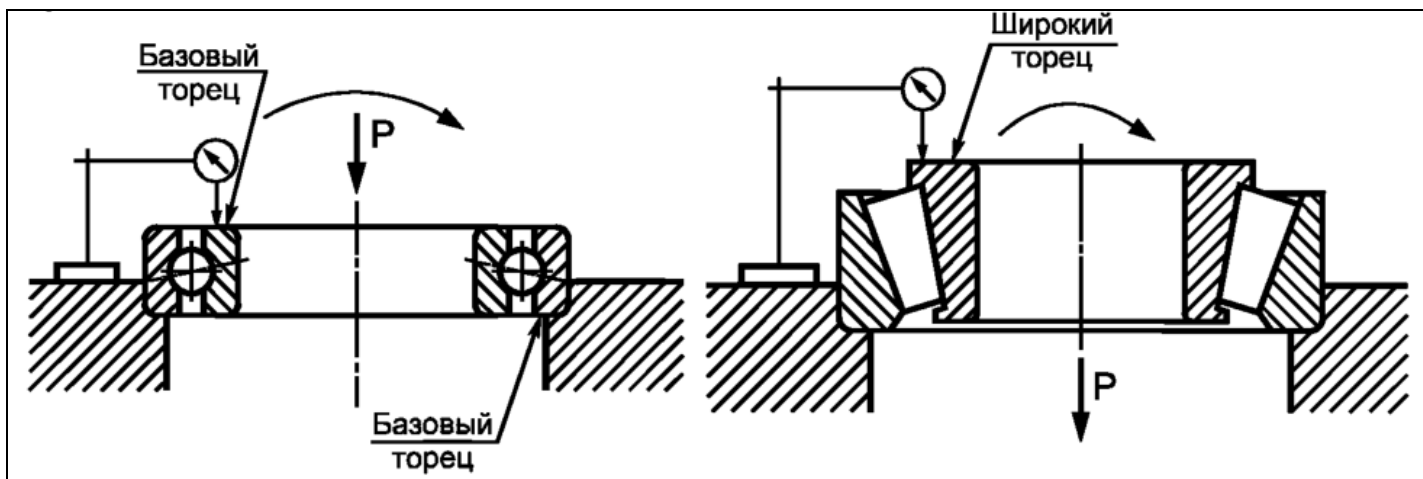


Рис.80 Измерение торцевых биений внутреннего кольца для подшипников: шариковых радиальных однорядных, радиально-упорных, шариковых четырехточечных, конических роликовых. Иллюстрация – ГОСТ 520-2002.

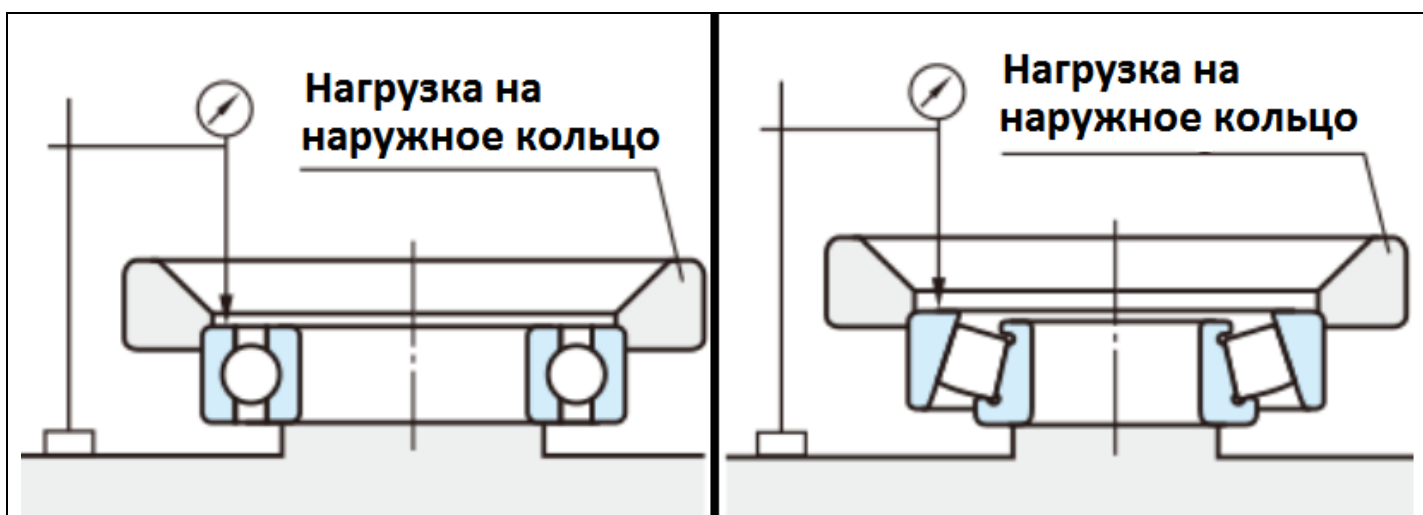


Рис.81 Торцевое биение наружного кольца подшипника в сборе. Наружное кольцо проворачивается на полный оборот.

Также отметим, что в стандартах приводятся схемы для измерения и других параметров подшипников: разностенности дорожек качения колец подшипника, непараллельности дорожек качения колец относительно торца кольца и др.

Измерение радиального зазора подшипников качения.

Внутренний радиальный зазор можно измерить, например, такими приборами:

Прибор КИ-1223, изготовитель: Татарский механический завод.

Прибор 1-0942, изготовитель: Электрогорский опытно-экспериментальный завод.

Замеры проводят при температуре воздуха 18-20 °С.

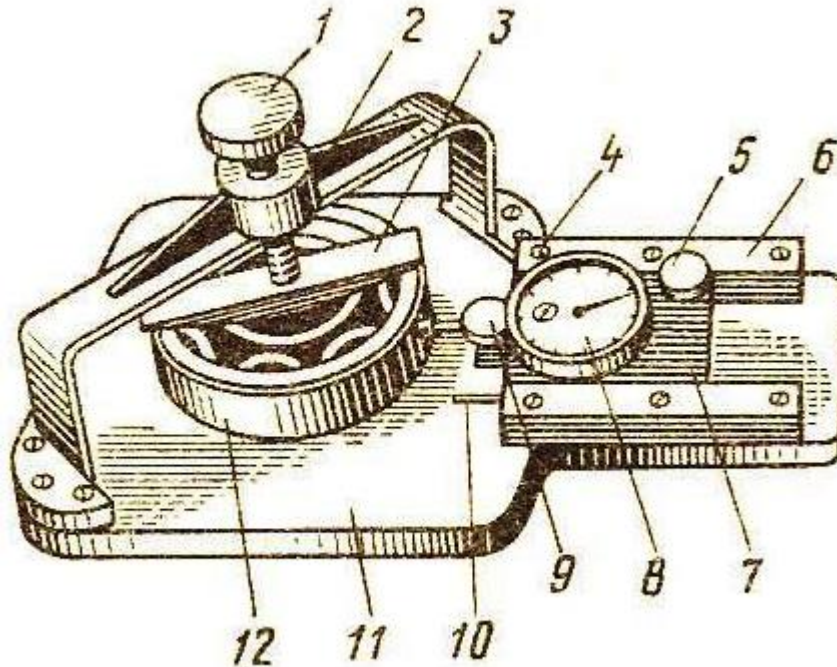


Рис.82 Прибор КИ-1223 для проверки радиальных зазоров в подшипниках качения.

- 1 - винт
- 2 - мост
- 3 - конус
- 4 - винт
- 5 - винтовой зажим
- 6 - направляющие
- 7 - каретка
- 8 - индикатор часового типа
- 9 - винт
- 10 - паз
- 11 - плитка
- 12 - подшипник

Технология измерения радиального зазора прибором КИ-1223:

01. установить и закрепить подшипник;

02. каретку 7 с индикатором 8 переместить до упора стержня индикатора в наружное кольцо подшипника (стрелка индикатора должна повернуться на один-два оборота);

03. закрепить каретку винтом 5;

04. наружное кольцо подшипника переместить с усилием 50-100 Н вдоль оси стержня индикатора сначала в одну, а затем в противоположную сторону;
05. по отклонению стрелки индикатора определить величину зазора;
06. повернуть подшипник на 90° и повторить измерение.

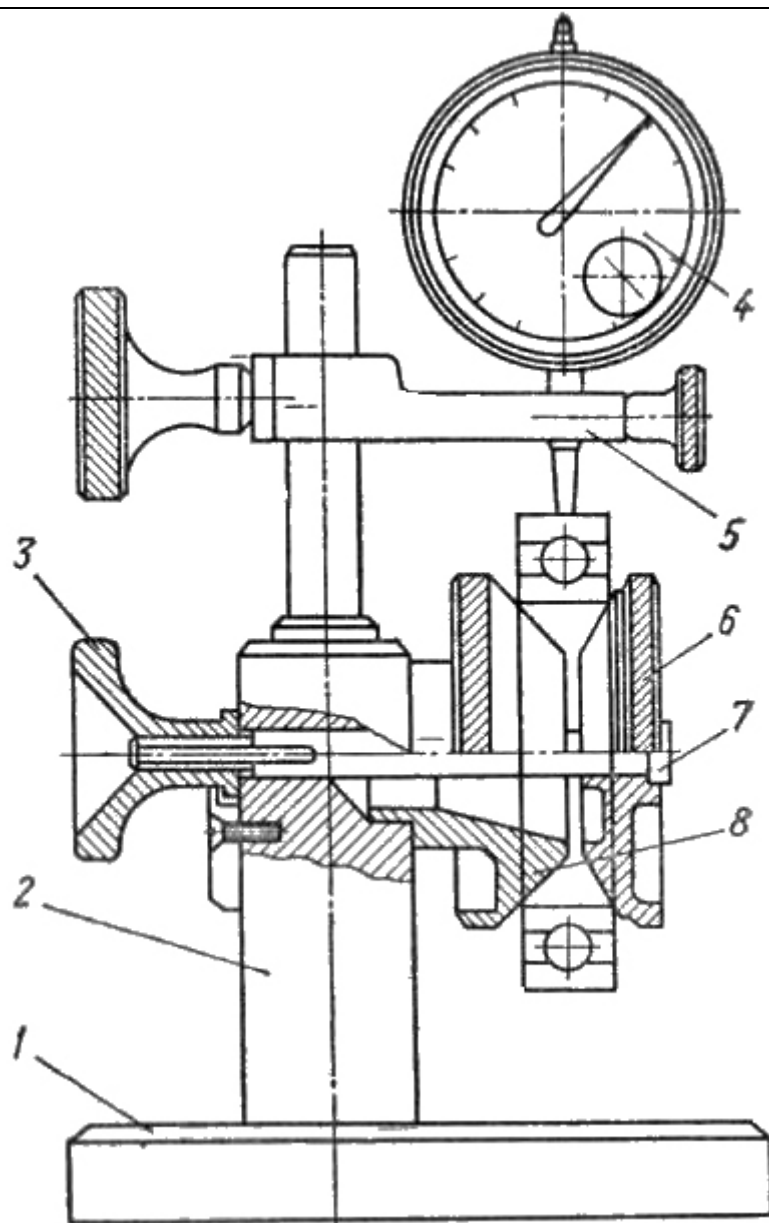


Рис.83 Прибор 1-0942 для измерения радиального зазора подшипников качения.

- 1 - основание
- 2 - стойка со стержнем
- 3 - фасонная гайка
- 4 - индикатор часового типа
- 5 - подвижный горизонтальный кронштейн
- 6 - коническая шайба
- 7 - стержень
- 8 - сменный конус

Прибор 1-0942 состоит из основания 1, стойки 2 со стержнем, на котором закреплен подвижный горизонтальный кронштейн 5 и индикатора часового типа 4. Прибор комплектуется сменными конусами 8 и коническими шайбами 6. Для удобства установки и съема подшипников в конических шайбах прорезан радиальный паз. Перед измерением радиального зазора внутренние обоймы контролируемых подшипников закрепляют фасонной гайкой 3, которая стержнем 7 притягивает коническую шайбу 6.

Радиальный зазор в подшипниках измеряют следующим образом. Вначале выбирают в зависимости от размеров подшипника соответствующую пару-конус и коническую шайбу. Конус устанавливают в посадочном отверстии в корпусе прибора, затем устанавливают подшипник, коническую шайбу и затягивают гайку. Кронштейн закрепляют на вертикальном стержне стойки так, чтобы ножка индикатора опиралась на поверхность внешнего кольца подшипника, как это показано на Рис.83, а маленькая стрелка индикатора, показывающая отклонения в миллиметрах, находилась примерно на середине шкалы. Подвижную шкалу индикатора поворачивают так, чтобы ее нулевое значение расположилось против большой стрелки. Затем, нажимая на внешнюю обойму подшипника вниз и вверх, по разности показаний индикатора определяют зазор в подшипнике. Измерение проводят не менее трех раз, поворачивая внешнее кольцо подшипника после каждого измерения на угол 120° .

Отметим, что процедура измерения радиального внутреннего зазора также описана в ГОСТ. К примеру – ГОСТ 520-2002, п.10.39.

Измерение осевого зазора подшипников качения.

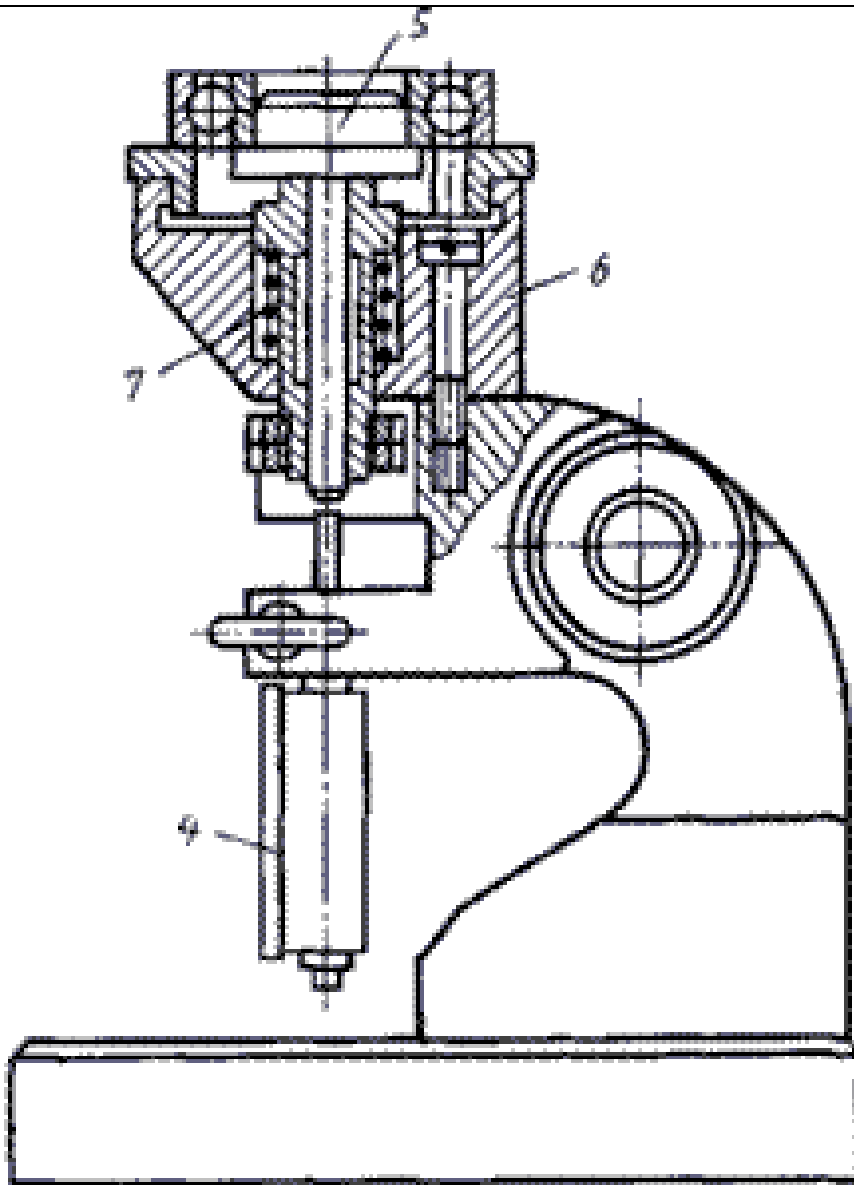


Рис.84

4 - индикатор

5 - оправка

6 - направляющая

7 - пружина

Источник: www.stroy-technics.ru

Приводим описание процедуры измерения осевого зазора, по материалам сайта

www.stroy-technics.ru

Осевой зазор измеряют на приспособлении, показанном на Рис.84. При этом подшипник наружным кольцом устанавливают на опорную плоскость приспособления, внутреннее кольцо надевают на оправку, расположенную в направляющей.

Нижний торец оправки упирается в наконечник индикатора. При нажатии рукой внутреннее кольцо перемещается вниз на величину осевого зазора, фиксируемую индикатором. Под действием пружины кольцо подшипника передвигается вверх.

Приложение 01. Контроль параметров подшипников на заводах-изготовителях.



Рис.П01-01. Контроль дорожки качения внутреннего кольца.



Рис.П01-02

Литература.

01. "Терминология подшипников". Компания NTN-SNR Roulements.

<http://www.snr.com.ru/e/ob1.htm>

02. Документ из сети Internet: "Лабораторная работа. Дефектация подшипников качения". Автор не известен.

03. Материалы сайтов:

<https://aprom.by/>

<https://www.skf.com/>

<http://www.snr.com.ru>

<https://www.eminebea.com>

<http://www.bergab.ru>

<http://www.nsk-literature.com>

www.stroy-technics.ru

https://bookz.ru/authors/a-sotnikov/ekspluat_891/1-ekspluat_891.html

04. Tom Bishop "Fundamentals of rolling bearing enclosures, clearances and fits". EASA currents, December 2004.

05. Н.В.Гулия, В.Г.Клоков, С.А.Юрков "Детали машин", 2-е издание, 2010, СПб.: издательство "Лань", 416 с.

06. Booklet, Barden precision bearings "Bearing in mind: precision ball bearing basics". By The Barden Corporation.

07. ГОСТ 24810-2013 "Подшипники качения. Внутренние зазоры".

08. ГОСТ 520-2002 "Подшипники качения. Общие технические условия".

09. ГОСТ 520-55. "Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования".

10. ГОСТ 3395-89 "Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения".

11. Сидоров В.А., Сотников А.Л. "Эксплуатация подшипников качения". Донецк: ООО "Технопарк ДонГТУ УНИТЕХ", 2014 г., 175 с.

12. В.М.Кошель "Подшипники качения". Минск: Навука і тэхніка, 1993. 255 с. ISBN 5-343-00926-3.

Англоязычная терминология.

Rolling bearing – подшипник качения.

Radial ball bearing – радиальный шариковый подшипник.

Cylindrical roller bearing – роликовый цилиндрический подшипник.

Four point contact ball bearing – шариковый четырехконтактный подшипник.

Radial cylindrical roller bearing – роликовый радиальный цилиндрический подшипник.

Radial internal clearance – радиальный внутренний зазор.

Axial internal clearance – осевой внутренний зазор.

Initial clearance - начальный зазор.

Mounted clearance - посадочный зазор.

Operating clearance - рабочий зазор.

Preload - преднатяг.

Bearing fit – посадка подшипника.

Interference fit – посадка с натягом.

Raceway – дорожка качения.

ABMA (American Bearing Manufacturers Association) - Американская ассоциация производителей подшипников.

ABEC (American Bearing Engineering Committee) – Американский комитет по разработке подшипников, является частью ABMA. Аббревиатура ABEC используется для указания точности изготовления прецизионных подшипников.