

5. Зазор

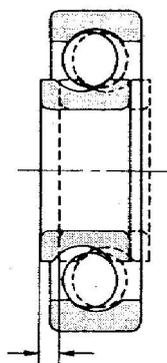
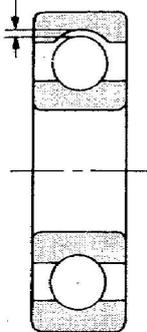
5.1. Внутренний зазор

Внутренний зазор подшипника, это сумма внутренних зазоров подшипника, до момента установки подшипника на вал или в корпус.

Под зазором в подшипнике понимают величину перемещения, которая образовывается при сдвиге одного кольца подшипника относительно другого при определенной малой измерительной нагрузке в радиальном направлении (радиальный зазор) и в осевом направлении (осевой зазор).

При измерении внутреннего зазора подшипника, прикладывается незначительная нагрузка на дорожку качения для более точного измерения внутреннего зазора. Между тем, незначительная упругая деформация подшипника, образующаяся под нагрузкой, влияет на величину измеренного зазора, который немного больше, чем он есть на самом деле. Такое несоответствие величин зазора необходимо компенсировать. Значения для компенсации представлены в таблице 5.1. Значения пластической деформации для роликовых подшипников можно игнорировать.

Внутренний радиальный зазор



Внутренний осевой зазор

Рис 5.1. Внутренний зазор

Таблица 5.1. Регулирование радиального внутреннего зазора при измерении под нагрузкой

Диаметр отверстия d (мм)	Измерительная нагрузка (Н)	Увеличение радиального зазора, мкм				
		C2	Норм.	C3	C4	C5
10 18	24.5	3~4	4	4	4	4
18 50	49	4~5	5	6	6	6
50 200	147	6~8	8	9	9	9

5.2. Выбор внутреннего зазора

Рабочий внутренний зазор подшипника под влиянием условий при эксплуатации подшипника обычно меньше, чем начальный зазор, то есть перед монтажом подшипника. Это происходит из-за нескольких факторов, таких как посадка подшипника, разница в температуре между внутренним и наружным кольцами ит.д. Поскольку рабочий зазор подшипника оказывает сильное влияние на работу подшипника (нагрев, вибрация, шум ит.д.), подбор наиболее подходящего рабочего зазора очень важная задача.

Эффективный внутренний зазор

Разницу внутреннего зазора между начальным зазором и рабочим зазором можно вычислить по следующей формуле:

$$\delta_{\text{eff}} = \delta_o - (\delta_r + \delta_t) \dots\dots\dots 5.1$$

Где

- δ_{eff} – рабочий внутренний зазор, мм;
- δ_o – внутренний зазор подшипника, мм;
- δ_r – уменьшенный размер зазора при натяге, мм;
- δ_t – уменьшенный размер зазора при разнице температур внутреннего и наружного колец, мм.

Уменьшенный зазор при натяге

Когда подшипники установлены с натягом на вал и в корпус, внутреннее кольцо расширяется, а наружное кольцо сжимается, тем самым уменьшая внутренний зазор подшипника. Размер расширения или сжатия меняется в зависимости от формы подшипника, формы вала или корпуса, от размера соответствующих частей и типа материала, который был использован при изготовлении. Разница может быть примерно от 70% до 90% от эффективного натяга.

$$\delta_r = (0.70 \sim 0.90) \cdot \Delta_{\text{def}} \dots\dots\dots 5.2$$

Где

- δ_r – уменьшенный размер зазора при натяге, мм;
- Δ_{def} – рабочий зазор, мм.

Уменьшенный внутренний зазор при разнице температур внешнего и внутреннего кольца:

Обычно при эксплуатации подшипников наружное кольцо на 5 - 10°C прохладней, чем внутреннее. Между тем, если охлаждение корпуса слишком большое, вал «прикипает» к источнику нагрева.

Разница температур между двумя кольцами может быть еще больше. Величина внутреннего зазора в дальнейшем уменьшается из-за разницы расширения двух колец.

$$\delta_t = \alpha \cdot \Delta_t \cdot D_o \dots\dots\dots 5.3$$

Где

δ_t – уменьшенный размер зазора при разнице температур, мм;

α – коэффициент линейного расширения металла $12.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$;

Δ_t – разница температур внутреннего и наружного кольца, $^\circ\text{C}$;

D_o – диаметр дорожки качения наружного кольца, мм.

Значения диаметра дорожки качения наружного кольца D_o , могут быть вычислены по формулам 8.4 или 8.5.

Для шариковых подшипников и самоустанавливающихся роликоподшипников,

$$D_o = 0.20 (d + 4.0D) \dots\dots\dots 5.4$$

Для роликовых подшипников (за исключением самоустанавливающихся)

$$D_o = 0.25 (d + 3.0D) \dots\dots\dots 5.5$$

Где

d – диаметр внутреннего отверстия, мм

D – диаметр наружного кольца, мм.

5.3. Стандарт по выбору внутреннего зазора подшипника

Теоретически, согласно теории долговечности подшипников, оптимальный рабочий внутренний зазор для любого подшипника должен быть немного отрицательным после того, как подшипник достигнет нормальных рабочих условий эксплуатации.

Под влиянием фактических рабочих условий, внутренний зазор подшипника изменяется. Но даже очень незначительное изменение может привести к нежелательным последствиям (например, к нагреву). Поэтому необходимо подбирать внутренний зазор подшипника, учитывая условия работы.

Под влиянием обычных рабочих условий (нагрузка, скорость, температура, посадка) стандартный внутренний зазор даст приемлемый рабочий зазор.

Таблица 5.2. Рекомендации по выбору нестандартного зазора подшипника

Рабочие условия	Применение	Выбранный зазор
При тяжелой или ударной нагрузке, зазор очень большой	Оси ж/д транспорта	C3
	Вибрационные механизмы	C3, C4
При неопределенном направлении нагрузки, оба кольца имеют тугую посадку	Тяговые двигатели ж/д транспорта	C4
	Тракторы и регуляторы скоростей	C4
Вал или внутреннее кольцо нагреты	Бумагоделательные машины и сушилки	C3, C4
	Ролики прокатных станов	C3
Посадка с гарантированным зазором	Ролики валков прокатных станов	C2
Уменьшение шума и вибрации при вращении	Микродвигатели	C2

Таблица 5.3 Радиальный внутренний зазор для электромоторных подшипников

Номинальный диаметр отверстия d (мм)		Радиальный внутренний зазор (E ¹), мкм			
		Шариковые радиальные подшипники		Цилиндрические ² роликовые подшипники	
свыше	включ.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.
10	18	4	11	-	-
18	24	5	12	-	-
24	30	5	12	15	30
30	40	9	17	15	30
40	50	9	17	20	35
50	65	12	22	25	40
65	80	12	22	30	45
80	100	18	30	35	55
100	120	18	30	35	60
120	140	24	38	40	65
140	160	24	38	50	80
160	180	-	-	60	90
180	200	-	-	65	100

1) Суффикс E добавляется к основному обозначению подшипника.

2) Неизменный зазор.

Таблица 5.4. Радиальный зазор шариковых радиальных подшипников Единица измерения: мкм

Номинальный диаметр отверстия d (мм)		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
свыше	включ.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.
-	2.5	0	6	4	11	10	20	-	-	-	-
2.5	6	0	7	2	13	8	23	-	-	-	-
6	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
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	4	32	32	82	82	132	132	187	197	255
225	250	4	36	36	92	92	152	152	217	217	290
250	280	4	39	39	97	97	162	162	237	237	320
280	315	8	50	50	110	110	180	180	260	260	350
315	355	8	50	50	120	120	200	200	290	290	380
355	400	8	60	60	140	140	230	230	330	330	430
400	450	10	70	70	160	160	260	260	370	-	-
450	500	10	80	80	180	180	290	290	410	-	-
500	560	20	90	90	200	200	320	320	460	-	-
560	630	20	100	100	220	220	350	350	510	-	-

Таблица 5.5.1. Радиальный зазор самоустанавливающихся шариковых подшипников, с цилиндрическим отверстием

Единица измерения: мкм

Номинальный диаметр отверстия d (мм)		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
свыше	включ.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.
2.5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

Таблица 5.5.2. Радиальный зазор самоустанавливающихся шариковых подшипников, с коническим отверстием

Единица измерения: мкм

C2		Нормальный		C3		C4		C5		Номинальный диаметр отверстия d (мм)	
нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	свыше	включ.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	14
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	18
7	17	13	26	20	33	28	42	37	55	18	24
9	20	15	28	23	39	33	50	44	62	24	30
12	24	19	35	29	46	40	59	52	72	30	40
14	27	22	39	33	52	45	65	58	79	40	50
18	32	27	47	41	61	56	80	73	99	50	65
23	39	35	57	50	75	69	98	91	123	65	80
29	47	42	68	62	90	84	116	109	144	80	100
35	56	50	81	75	108	100	139	130	170	100	120
40	68	60	98	90	130	120	165	155	205	120	140
45	74	65	110	100	150	140	191	180	240	140	160

Таблица 5.6.1. Радиальный зазор роликовых сферических подшипников, с цилиндрическим отверстием

Единица измерения: мкм

Номинальный диаметр отверстия d (мм)		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
свыше	включ.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570
1000	1120	290	530	530	780	780	1020	1020	1330	1330	1720
1120	1250	320	580	580	860	860	1120	1120	1460	1460	1870
1250	1400	350	640	640	950	950	1240	1240	1620	1620	2080

Таблица 5.6.2. Радиальный зазор роликовых сферических подшипников, с коническим отверстием

Единица измерения: мкм

C2		Нормальный		C3		C4		C5		Номинальный диаметр отверстия d (мм)	
нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	свыше	включ.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	18
15	25	25	35	35	45	45	60	60	75	18	24
20	30	30	40	40	55	55	75	75	95	24	30
25	35	35	50	50	65	65	85	85	105	30	40
30	45	45	60	60	80	80	100	100	130	40	50
40	55	55	75	75	95	95	120	120	160	50	65
50	70	70	95	95	120	120	150	150	200	65	80
55	80	80	110	110	140	140	180	180	230	80	100
65	100	100	135	135	170	170	220	220	280	100	120
80	120	120	160	160	200	200	260	260	330	120	140
90	130	130	180	180	230	230	300	300	380	140	160
100	140	140	200	200	260	260	340	340	430	160	180
110	160	160	220	220	290	290	370	370	470	180	200
120	180	180	250	250	320	320	410	410	520	200	225
140	200	200	270	270	350	350	450	450	570	225	250
150	220	220	300	300	390	390	490	490	620	250	280
170	240	240	330	330	430	430	540	540	680	280	315
190	270	270	360	360	470	470	590	590	740	315	355
210	300	300	400	400	520	520	650	650	820	355	400
230	330	330	440	440	570	570	720	720	910	400	450
260	370	370	490	490	630	630	790	790	1000	450	500
290	410	410	540	540	680	680	870	870	1100	500	560
320	460	460	600	600	760	760	980	980	1230	560	630
350	510	510	670	670	850	850	1090	1090	1360	630	710
390	570	570	750	750	960	960	1220	1220	1500	710	800
440	640	640	840	840	1070	1070	1370	1370	1690	800	900
490	710	710	930	930	1190	1190	1520	1520	1860	900	1000
530	770	770	1030	1030	1300	1300	1670	1670	2050	1000	1120
570	830	830	1120	1120	1420	1420	1830	1830	2250	1120	1250
620	910	910	1230	1230	1560	1560	2000	2000	2470	1250	1400

*В некоторых случаях применения необходимо использовать подшипники со специальным зазором.