

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Данная статья посвящена одному из самых важных разделов предмета «Метрология и стандартизация». Государственный образовательный стандарт не делает акцента на данную тему, но для выпускников, заканчивающих машиностроительные специальности, знание данной темы является обязательным.

Современное машиностроение не может существовать без применения подшипников качения. Любая современная машина имеет в своем составе десятки, а то и сотни подшипников, которые исправно служат человеку, выполняя свою предназначенную роль. Долговечность работы, точность выполняемых операций, простота конструкций узлов агрегатов, взаимозаменяемость – всё это доступно, если в конструкции имеются подшипники качения.

Любой из нас хотя бы раз держал в руке подшипник. Но мало кто думал и знает, какой непростой продукт у него в руке. Только мощное и развитое государство может себе позволить изготовление технологически сложного продукта, каким является подшипник качения.

В начале 20го века, молодое советское государство, не имея подшипниковых заводов, заказывало их за границей. Для современного Кыргызстана этот вопрос актуальный, так как мы не производим этот продукт и используем импортные изделия.

Теоретические знания, которые получает студент, изучающий эту тему, в конечном итоге имеют прикладной характер. Хорошее знание стандарта ЕСДП СЭВ поможет ему правильно и грамотно обслуживать механизмы и машины, поддерживать их работоспособность на протяжении всего срока эксплуатации.

Данная статья содержит в себе материалы, собранные из разных источников и стандартов ЕСДП СЭВ, которые необходимы при изучении этой темы.

Соединения подшипников качения с деталями машин и приборов являются частным случаем гладких цилиндрических соединений, весьма распространённым, но имеющим свои специфические особенности. Эти особенности определяются централизованным изготовлением подшипников, требующим унификации и стандартизации их присоединительных размеров, и особым влиянием посадки подшипников на условия их монтажа и работы.

Основные присоединительные размеры подшипников качения, по которым они монтируются на валах (осях) и в корпусах (корпусных деталях) машин и приборов, установлены СТ СЭВ 774-77.

Допуски присоединительных размеров подшипников

Допуски присоединительных размеров подшипников качения отличаются от стандартных допусков обычных деталей цилиндрической формы (валы и отверстия) и устанавливаются специальными стандартами (техническими требованиями) - ГОСТ 520–71 (СТ СЭВ 774-77). По этим стандартам в зависимости от точности присоединительных размеров, точности сборки (разноразмерность тел качения в одном подшипнике), отклонений от параллельности торцевых плоскостей колец, от радиальных и торцевых биений колец по беговым дорожкам и точности вращения СТ СЭВ 774–77 установлены пять классов точности, обозначаемых в порядке её возрастания: Р0, Р6, Р5, Р4 и Р2.

Допускается обозначение классов точности подшипников без буквы Р, то есть 0; 6; 5; 4; и 2 (ГОСТ 520–71). Следует учитывать, что класс точности подшипника определяет не только допуск диаметра и других присоединительных размеров подшипника, но и точность его вращения.

Поле допуска диаметра отверстия подшипника расположено не вверх, а вниз от нулевой линии, что в большей степени соответствует основному валу в системе допусков

и посадок (отклонение h).

Предельные отклонения размеров и точности вращения подшипников приведены в ГОСТ 520-71 (СТ СЭВ 774-77) для соответствующих классов точности.

В большинстве узлов машин применяют подшипники качения класса точности P0 (0).

При повышенных требованиях к точности вращения следует выбирать подшипники более высокого класса точности, например P6 (6).

Для замены шариковых и роликовых подшипников во время ремонта автомобилей, тракторов, строительно-дорожных машин допускается изготовление подшипников класса точности P0 (0), у которых поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца смещено в минусовую сторону на величину допуска на средний диаметр. Условное обозначение таких диаметров начинается с буквы М. При наличии монтажного износа отверстий корпусов, изготавливаются подшипники, у которых поле допуска на наружный диаметр кольца смещено в плюсовую сторону на величину допуска на средний диаметр наружного кольца. Условное обозначение таких подшипников начинается с буквы Б.

Посадочные поверхности подшипников класса точности P0, предназначенных для ремонтных целей, допускается хромировать.

Посадки подшипников качения

Многообразие условий монтажа и работы подшипников качения в различных машинах определяет необходимость в различных посадках. Требуемый характер посадки обеспечивается выбором соответствующего поля допуска вала или отверстия корпуса при неизменных полях допусков колец подшипников.

Посадки подшипников качения отличаются от аналогичных стандартных посадок общего назначения величинами предельных натягов и зазоров.

Посадки подшипников качения за счёт изменения допусков посадочных мест вала (посадка в системе отверстия) и за счёт изменения допусков посадочных мест отверстий корпусов (посадка в системе вала). Для соединения подшипников с валом и корпусом применяют посадки с зазорами и натягами. Если вал вращается, то его соединяют с внутренним кольцом подшипника по посадке с натягом, наружное кольцо при этом соединяют с корпусом по посадке с зазором. И, наоборот, если корпус вращается, то его соединяют с наружным кольцом подшипника по посадке с натягом, а внутреннее кольцо с валом – по посадке с зазором.

Существует общее правило: для вращающегося в процессе работы кольца подшипника применяют посадку с натягом, а для невращающегося кольца – посадку с зазором.

Для получения неподвижных соединений применяют переходные посадки, обеспечивающие лёгкий монтаж и демонтаж, необходимый для осмотра, промывки или замены подшипника.

В качестве основной характеристики размера кольца, учитываемой при расчёте натягов или зазоров, в посадке принимают средний диаметр d_m или D_m , определённый двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси). Например, для радиально-упорного подшипника с номинальным диаметром внутреннего кольца $d = 100$ мм класса точности 0 (нормальная точность) по СТ СЭВ 774-77 отклонения будут:

для среднего значения d_m - верхнее нуль, нижнее – минус 0,02 мм;

для d – верхнее плюс 0,005 мм и нижнее – минус 0,025 мм. Следовательно, наибольшее предельное значение $d_m = 100,000$ мм, наименьшее $d_m = 99,980$ мм.

Для d : наибольшее $d = 100,005$ мм, наименьшее $d = 99,975$ мм.

Если при двухточечном измерении подшипника оказалось, что $d_{max} = 99,998$ мм и $d_{min} = 99,976$ мм, то есть размер находится в поле допуска, $d_m = (99,998 + 99,976) / 2 = 99,987$ мм, то такой подшипник считается годным, так как он не выходит за пределы размера (100,000-99,980 мм).

Если же при измерении подшипника оказалось, что $d_{max}=100,004$ мм и $d_{min} = 99,998$ мм, то $d_m = (100,004 + 99,998)/2 = 100,001$ мм, то такой подшипник считается негодным, так как $d_m = 100,001 > d_{max} = 100,000$ мм, несмотря на то, что значение d_m находится в пределах поля допуска.

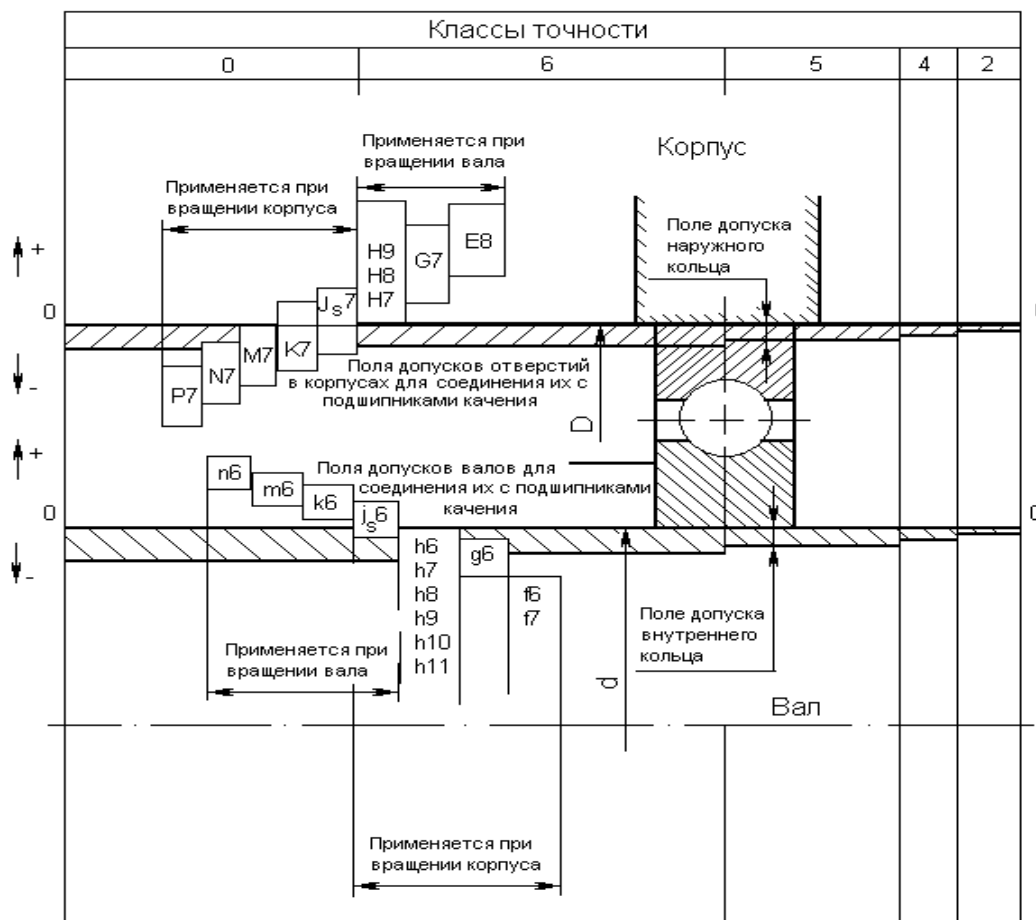


Рис. 1 Схема расположения полей допусков на присоединительные размеры подшипников, вала и корпуса

СТ СЭВ 773 – 77 устанавливает ограниченный отбор полей допусков из СТ СЭВ 144-75 (рис.1) для посадочных мест валов и отверстий корпусов, предназначенных для монтажа подшипников качения. Этот отбор определён из следующих условий: валы сплошные или полые тонкостенные ($d/d_v \geq 1,25$, где d – диаметр отверстия подшипника, d_v – диаметр отверстия полого вала):

$(D_K / D) \geq 1,25$ для корпусов, где D_K – наружный диаметр корпуса, D – наружный диаметр наружного кольца подшипника.

Материал валов – сталь, а корпусов – сталь или чугун; температура, до которой подшипники нагреваются при работе, не превышает 100°C .

Поля допусков обеспечивают по внутреннему и наружному диаметрам подшипника посадки с зазором, переходные посадки и посадки с натягом, назначение которых зависит от типа, размера и класса точности подшипника, от величины, направления и характера нагружения подшипника, от режима работы узла и других условий эксплуатации. Обозначения и величины полей допусков – согласно СТ СЭВ 144-75 и СТ СЭВ 145-75.

В зависимости от условий работы подшипникового узла различают следующие виды

нагружения колец подшипников качения:

- а) местное;
- б) циркуляционное;
- в) колебательное.

1. Местное нагружение – радиальная нагрузка воспринимается ограниченным участком по окружности дорожки качения и передаётся посадочной поверхности вала или корпуса. Данный вид нагружения осуществляется при постоянном направлении вектора нагрузки F_r , приложенной к неподвижному кольцу подшипника, или при вращении вектора силы F_c вместе с кольцом подшипника в одном направлении с одинаковой угловой скоростью.

2. Циркуляционное нагружение – тела качения передают радиальную нагрузку последовательно всей дорожке качения и всей посадочной поверхности вала или корпуса.

3. Колебательное. При колебательном нагружении кольца неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок, постоянных по направлению P_c и вращающейся P_v , меньшей или равной по величине P_c . Их равнодействующая P_r совершает периодическое колебательное движение, симметричное относительно направления постоянной нагрузки, причём она периодически воспринимается через тела качения зоной нагружения кольца и передается соответствующим ограниченным участкам посадочной поверхности.

Посадки на валы и отверстия в зависимости от нагружения подшипников рекомендуется выбирать по табл.

Посадки радиальных шарико- и роликоподшипников классов 0 и 6.

Таблица 1

Нагружение кольца	Поля допусков	
	валов	отверстий
	При нагружении	
	внутреннего кольца	наружного кольца
Местное	$j_s6, h6, g6, f6$	$J_s6, J_s7, H7$
Циркуляционное	$k6, m6, n6, j_s6$	$K7, M7, N7$
Колебательное	j_s6	J_s7

Посадки радиально-упорных шарико- и роликоподшипников

Таблица 2

Вид нагружения колец		Регулируемое кольцо		Нерегулируемое кольцо	
		Поля допусков			
		валов	отверстий корпусов	валов	отверстий корпусов
Циркуляционное		$j_s6, h6$	J_s7	$n6, m6, k6, j_s6$	$N7, M7, K7, J_s7$
Местное	кольцо перемещается по посадочной поверхности	$f7, g6, h6$	$H7$	-	-

	кольцо не перемещается по посадочной поверхности	$j_s6, h6$	M7, K7, H7	$j_s6, h6$	M7, K7, H7
--	--	------------	------------	------------	------------

Примеры выбора посадок подшипников на валы и в корпус смотри ниже.

Рекомендуемые поля допусков радиальных и радиально-упорных подшипников по стандарту СТ СЭВ 773-77 (посадки подшипников на вал; классы точности 0 и 6)

В зависимости от вида нагружения, режима работы и диаметра отверстия подшипника рекомендованы следующие поля допусков (посадки подшипников на вал; классы точности 0 и 6):

- местное нагружение внутреннего кольца (вращается корпус) - $g6; h6; f6; j_s6$,
- циркуляционное нагружение внутреннего кольца (вращается вал) - $k6; h6; f6; j_s6; m6$,
- циркуляционное колебательное нагружение (вращается вал) или комбинированное нагружение - $k6, j_s6; m6; n6$,
- циркуляционное или колебательное нагружение (вращается вал) - $n6; p6; g6; r7$.

Рекомендуемые поля допусков радиальных подшипников по СТ СЭВ 773- 73 (посадки подшипников в корпус; классы точности 0 и 6).

В зависимости от исполнения корпуса, вида нагружения, режима работы и диаметра отверстия подшипника рекомендованы следующие поля допусков (посадки подшипников в корпус; классы точности 0 и 6):

- корпус цельный вращающийся, циркуляционное нагружение наружного кольца (наружное кольцо не перемещается в осевом направлении) - $P7; N7; M7$,
- корпус цельный вращающийся или комбинированный, циркуляционное нагружение наружного кольца (наружное кольцо не перемещается в осевом направлении) - $M7; K7; K6; J_s6; M6$,
- корпус цельный или разъемный, местное нагружение кольца, наружное кольцо имеет возможность перемещения в осевом направлении (вращающийся вал) - $J_s7; H7; G7; H8$,
- корпус цельный, колебательное нагружение кольца, наружное кольцо не перемещается в осевом направлении (вращающийся вал или комбинированное вращение) - $K6; H6$,
- корпус цельный, колебательное нагружение кольца, наружное кольцо легко перемещается в осевом направлении (вращающийся вал или комбинированное вращение) - $H7; H6$.

Поля допусков отверстий корпусов даны в табл. 3.

Поля допусков валов даны в табл. 4.

Поля допусков отверстий (корпусов), применяемых для установки наружных колец подшипников качения классов точности 0 и 6 (по ГОСТ 25347 – 82)

Таблица 3

Интервалы номинальных диаметров, мм	Поля допусков								
	N7	M7	K7	J_s	H7	G7	H8	H9	P7
	Предельные отклонения, мкм								
Св. 6	- 4	0	+5	+ 7	+ 15	+ 20	+ 22	+ 36	- 9
До 10	-19	- 15	-10	- 7	0	+ 5	0	0	- 24
Св. 10	- 5	0	+6	+ 9	+ 18	+ 24	+ 27	+ 43	- 11
До 18	- 23	- 18	-12	- 9	0	+ 5	0	0	-29

Св. 18 До 30	- 7 - 28	0 - 21	+6 - 15	+ 10 - 10	+ 21 0	+ 28 + 7	+ 33 0	+ 52 0	- 14 - 35
Св. 30 До 50	- 8 - 33	0 - 25	+7 - 18	+ 12 - 12	+ 25 0	+ 34 + 9	+ 39 0	+ 62 0	- 17 - 42
Св. 50 До 80	- 9 - 39	0 - 30	+9 - 21	+ 15 - 15	+ 30 0	+ 40 + 10	+ 46 0	+ 74 0	- 21 - 51
Св. 80 До 120	- 10 - 45	0 - 35	+ 10 - 25	+ 17 - 17	+ 35 0	+ 47 + 12	+ 54 0	+ 87 0	- 24 - 59

Поля допусков валов, применяемых для установки внутренних колец подшипников классов точности 0 и 6 (по ГОСТ 25347 – 82)

Таблица 4

Интервал номинальных диаметров, мм	Поля допусков						
	n6	m6	k6	js6	h6	g6	f7
	Предельные отклонения, мкм						
От 1 до 3	+ 10	+ 8	+ 6	+ 3	0	- 2	- 6
	+ 4	+ 2	0	- 3	- 6	- 8	- 16
Св. 3 до 6	+ 16	+ 12	+ 9	+ 4	0	- 4	- 10
	+ 8	+ 4	+ 1	- 4	- 8	- 12	- 22
Св. 6 до 10	+ 19	+ 15	+ 10	+ 4,5	0	- 5	- 13
	+ 10	+ 6	+ 1	- 4,5	- 9	- 14	- 28
Св. 10 до 18	+ 23	+ 18	+ 12	+ 5,5	0	- 6	- 16
	+ 12	+ 7	+ 1	- 5,5	- 11	- 17	- 34
Св. 18 до 30	+ 28	+ 21	+ 15	+ 6,5	0	- 7	- 20
	+ 15	+ 8	+ 2	- 6,5	- 13	- 20	- 41
Св. 30 до 50	+ 33	+ 25	+ 18	+ 8,0	0	- 9	- 25
	+ 17	+ 9	+ 2	- 8,0	- 16	- 25	- 50
Св. 50 до 80	+ 39	+ 30	+ 21	+ 9,5	0	- 11	- 30
	+ 20	+ 11	+ 2	- 9,5	- 19	- 29	- 60
Св. 80 до 120	+ 45	+ 35	+ 25	+ 11,0	0	- 12	- 36
	+ 23	+ 13	+ 3	- 11,0	- 22	- 34	- 71

Предельные отклонения внутреннего и наружного колец шариковых и роликовых подшипников даны в таблице 5.

Подшипники шариковые и роликовые радиальные 0 и шариковые радиально-упорные

Таблица 5

Номинальные диаметры d, мм	Предельные отклонения* внутреннего кольца, мкм для классов точности		Номинальные диаметры D, мм	Предельные отклонения* наружного кольца, мкм, для классов точности	
	0	6		0	6
	Св. 10 до 18 « 18 « 30 « 30 « 50 « 50 « 80 « 80 « 120 « 120 « 180	- 8 - 10 - 12 - 15 - 20 - 25		- 7 - 8 - 10 - 12 - 15 - 18	Св. 18 до 30 « 30 « 50 « 50 « 80 « 80 « 120 « 120 « 150 « 150 « 180

* Верхние отклонения равны нулю.

Условные обозначения подшипников

В условных обозначениях подшипников первые две цифры справа указывают

диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника; для подшипников с внутренним диаметром $d = 20 \dots 495$ мм (за исключением магнетных) номинальный диаметр отверстия определяется умножением этих цифр на 5. Это правило не распространяется на подшипники с $d < 20$ мм.

Для них две последние цифры справа соответствуют: 00 – $d = 10$ мм; 01 – $d = 12$ мм; 02 – $d = 15$ мм; 03 – $d = 17$ мм.

Третья и седьмая цифры справа указывают серию подшипника (кроме малых диаметров, до 9 мм) и характеристику его по ширине (сверхлёгкая, особо лёгкая, лёгкая, средняя, тяжёлая, узкая, нормальная, широкая, особо широкая).

Тип подшипника указывается в условном обозначении четвёртой цифрой справа:

Радиальный шариковый однорядный.....	0
Радиальный шариковый двухрядный сферический.....	1
Радиальный с короткими цилиндрическими роликами.....	2
Радиальный роликовый двухрядный сферический.....	3
Роликовый с длинными цилиндрическими роликами или с иглами.....	4
Роликовый с витыми роликами.....	5
Радиально-упорный шариковый.....	6
Роликовый конический.....	7
Упорный шариковый.....	8
Упорный роликовый.....	9

Пятой цифрой справа или двумя цифрами, стоящими на пятом и шестом местах, указывают конструктивные особенности подшипника (подшипник с канавкой на наружном кольце, с защитными шайбами, с упорным бортом на наружном кольце и т.п.).

Класс точности подшипника (0, 6, 5, 4, 2) указывается цифрой впереди номера его условного обозначения.

Знаки, проставленные правее от основного условного обозначения, характеризуют отличительные признаки подшипников, например: Б - сепаратор из безоловянистой бронзы; Е - сепаратор из пластических материалов; Ш - специальные требования по шуму; Ю - все или часть деталей из коррозионностойкой стали.

Примеры условных обозначений подшипников качения:

6 – 305 - подшипник шариковый радиальный однорядный, внутренний диаметр $d = 25$ мм (05 х 5); средней серии; класс точности 6;

0 – 2308 - роликоподшипник радиальный с короткими цилиндрическими роликами; внутренний диаметр $d = 40$ мм (08 х 5); средней узкой серии; класс точности 0.

Необходимо помнить, что при выборе допуска вала и допуска отверстия корпуса, необходимо руководствоваться трудоёмкостью обработки посадочных поверхностей вала и корпуса. Это связано с тем, что поверхность вала обработать легче, чем поверхность корпуса. Причина в доступности режущего инструмента и контроля диаметра детали. Поэтому допуск на диаметр вала можно назначать на качество ниже, чем качество отверстия в корпусе.

Шероховатость поверхности посадочных мест вала и корпуса должна быть аналогичной шероховатости сопрягаемых поверхностей подшипника, а значение её должно быть не ниже минимального рекомендуемого для величины допуска.

Литература:

1. Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. Проектирование механических передач. Учебно-справочное пособие для вузов. –М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 2. –М.: Машиностроение, 1978. - 560 с.