

ЗАДАНИЕ 1.

Необходимо (желательно) законспектировать данный материал, так как все эти вопросы входят в экзаменационные билеты и будут востребованы при подготовке к экзамену.

ТЕМА 2.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

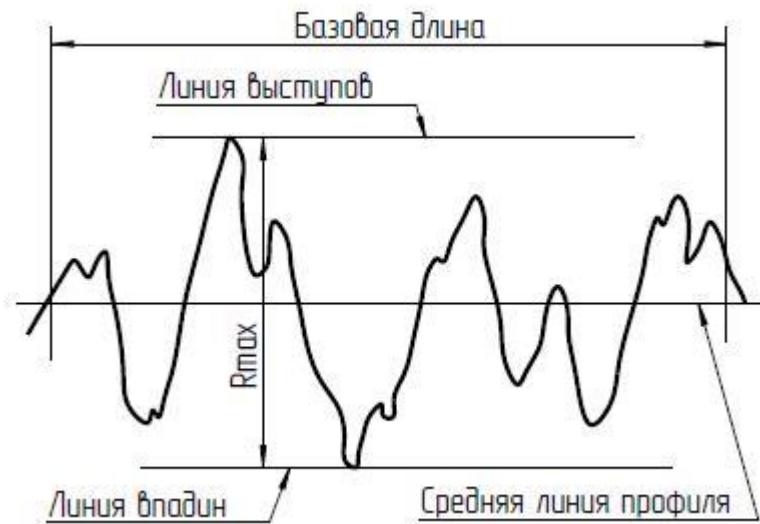
(ГОСТ 2.789-73, ГОСТ 2.309-2011)

Шероховатость поверхности - совокупность микронеровностей (выступов и впадин) поверхности с относительно малыми расстояниями.

Причины возникновения шероховатости:

1. Притупление режущих кромок инструмента.
2. Упругая и пластическая деформация обрабатываемого металла;
3. Вибрации в системе станка, вибрация детали.
4. Слабое крепление детали в станке.
5. Износ узлов станка и его настройка.
6. Зависит от вида механической обработки.
7. Квалификация станочника.

Шероховатость поверхности рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется **базовой длиной**.



Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля.

Числовые значения параметров шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята **средняя линия профиля**, т.е. базовая линия.

Для количественной оценки шероховатости наиболее часто используют три основных параметра:

1. **Ra** - среднее арифметическое из абсолютных верхних значений отклонений профиля от средней линии в пределах базовой длины.
2. **Rz** - высота неровностей по десяти точкам (сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины).

Предпочтительным является параметр Ra, поскольку определяется по большему количеству точек профиля.

Влияние шероховатости поверхности

1. Влияет на герметичность соединения деталей.
2. Влияет на износ деталей.

3. Оказывает влияние на коррозионную стойкость.

4. Влияет на прочность металлов.

Существует **14** классов шероховатости. Самые точные из них **12, 13, 14**, а самые грубые **1, 2, 3**.

Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм	
	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>
1	80	320
2	40	160
3	20	80
4	10	40
5	5	20
6	2,5	10
7	1,25	6,3
8	0,63	3,2
9	0,32	1,6
10	0,16	0,8
11	0,08	0,4
12	0,04	0,2
13	0,02	0,1

14	0,01	0,05
-----------	------	------

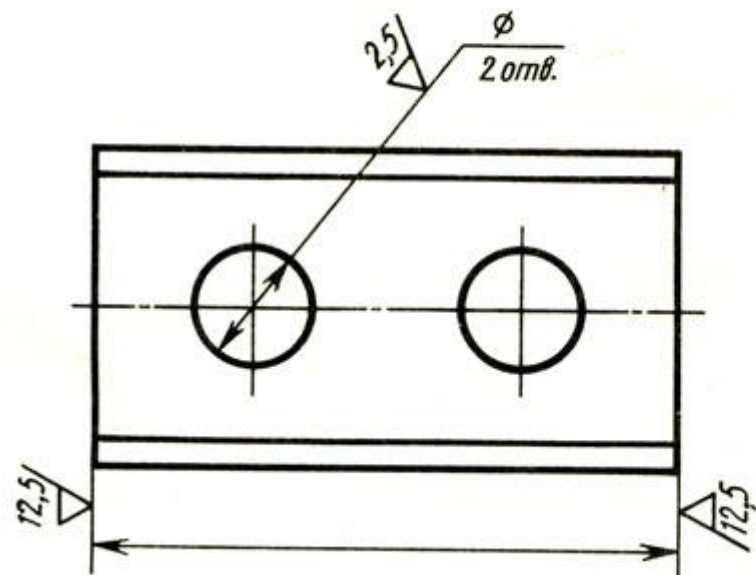
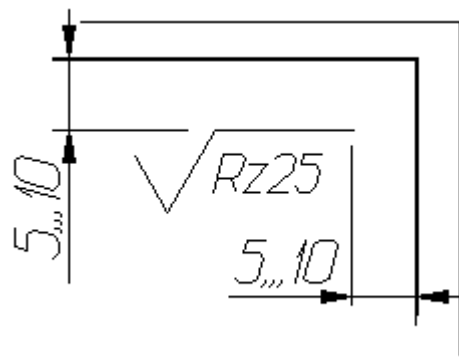
1,2,3 классы шероховатости – это необработанные поверхности при поставке металла: литье, ковка, штамповка, прокат, прессование, волочение. (условия поставки)

12,13,14 классы шероховатости – притирка, полирование, доводка, применение материалов из фетра или войлока, микропорошки и пасты.

Значения класса шероховатости в зависимости от способа обработки:

Способ обработки	Класс шероховатости
Шлифование	9,10,11
Точение и расточка	6,7,8
Фрезерование, сверление	6,7,8
Строгание	4,5,6
Резьбонарезание	5,6
Полирование, притирка	12,13,14

Обозначение параметров шероховатости на чертежах

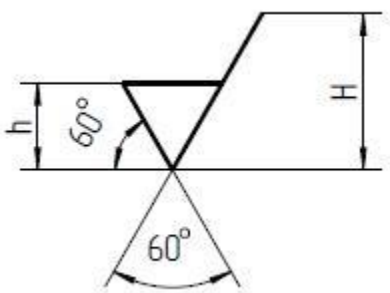


✓ (✓)

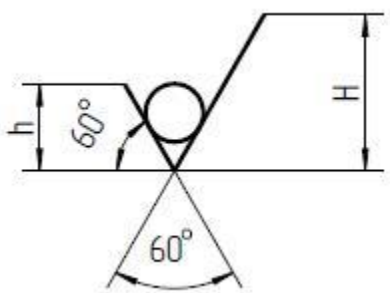
Знаки для обозначения шероховатости поверхности в зависимости от вида ее обработки

Высота знака условного обозначения направления неровностей должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел.

Основной знак, соответствующий обычному условию нормирования шероховатости, когда метод образования поверхности чертежом не регламентируется.



Знак, соответствующий, конструкторскому требованию, чтобы поверхность была образована удалением слоя материала, например, точением, шлифованием, полированием, травлением и т. п. (конкретный вид обработки может и не указываться).



Знак, соответствующий конструкторскому требованию, чтобы поверхность была образована без удаления поверхностного слоя материала, например, литьем, штамповкой, прессованием (конкретный вид образования поверхности может и не указываться).

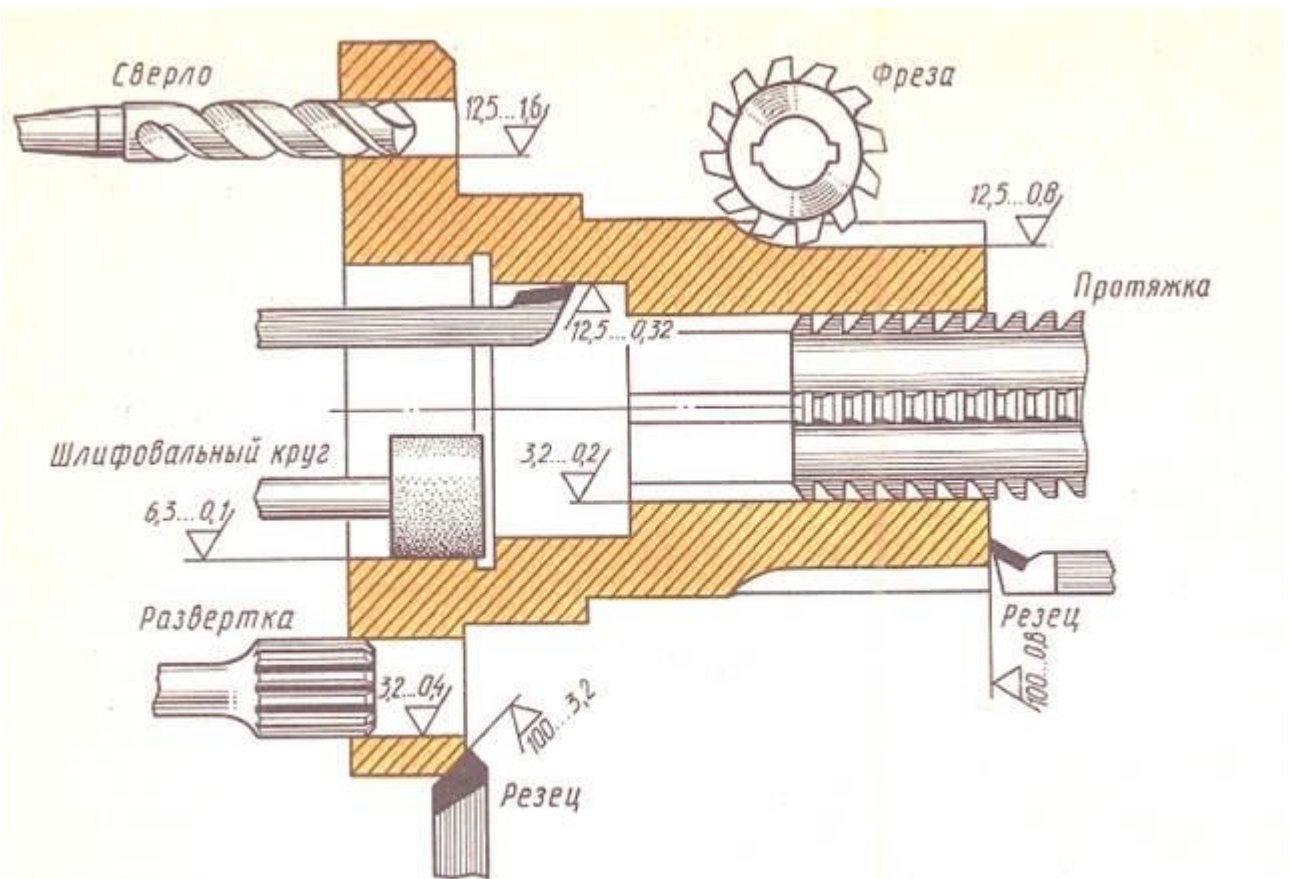


Рис. 33. Примерная шероховатость поверхностей, получаемая при обработке различными способами

Вид поверхностей	Параметры шероховатости, мкм
Посадочные поверхности валов и корпусов для подшипников качения	$R_a=2,5...1,25$
Поверхности валов под манжетные уплотнения	$R_a=1,25...0,32$
Шпоночные пазы на валу, в отверстиях для сопряженных поверхностей	$R_z=40...20$
Поверхности под запрессовку	$R_a=2,5...1,25$

Рабочие поверхности шкивов ременных передач	$R_z=20\dots 2,5$
Поверхности разъема корпусов	$R_z=20\dots 2,5$
Рабочие поверхности зубьев зубчатых передач	$R_a=2,5$
Поверхности под подшипники скольжения	$R_a=0,63$
Рабочие поверхности подшипников скольжения (втулок, вкладышей)	$R_a=2,5$

Оценка шероховатости может производиться тремя способами:

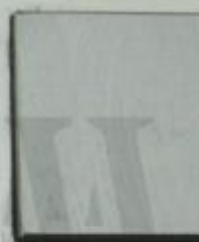
1. Визуальный. Шероховатость определяется при помощи специальных пластин-эталонов. Величину шероховатости устанавливают сравнивая контролируемую поверхность с поверхностью образцов (эталонов).

Визуально шероховатость устанавливают в основном на рабочих местах в цехе. Образцы шероховатости поверхности предназначены для сравнения визуально или на ощупь с поверхностями изделий (тактильно), полученными обработкой резанием, полированием, электроэрозионной и пескоструйной обработкой.

Образцы шероховатости представляют собой бруски, поверхности которых имеют известную шероховатость, полученную определенным способом обработки. Ширина образца должна быть не менее 20 мм, а длина колеблется от 20 до 50 мм в зависимости от величины шероховатости.

Образцы шероховатости ГОСТ-9378-93

Смо



Ra

0,4

0,8

1,6



Ra

3,2

6,3

12,5

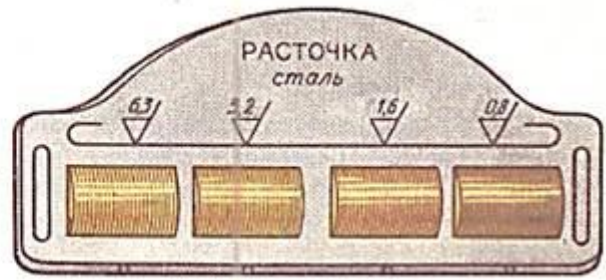
©

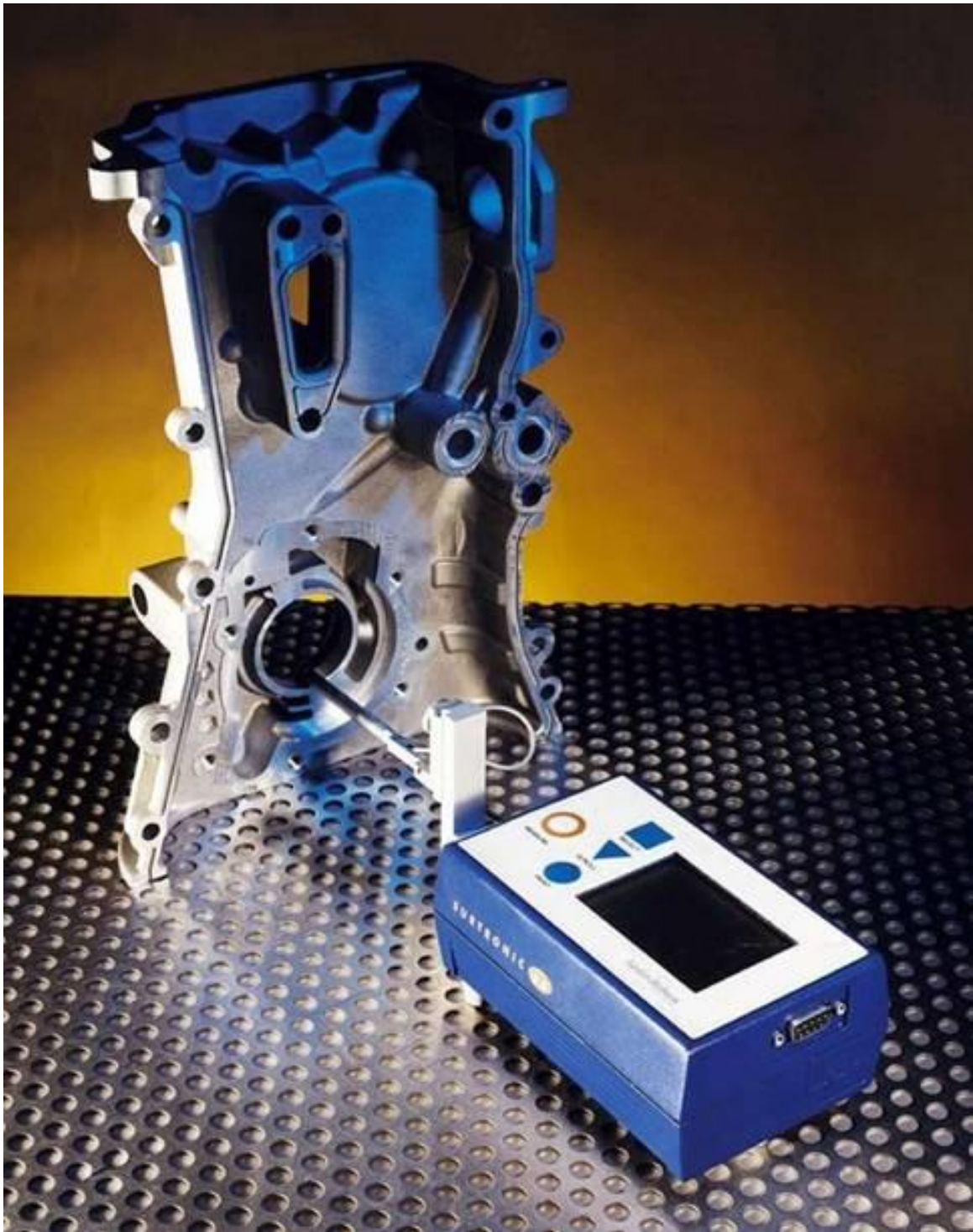
ОЖНО-УРАЛЬСКИЙ

ОПЫТНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ

ЦЕНТР

Рис. 34. Эталоны для контроля шероховатости методом сравнения





2. Контактный (щуповой) метод измерения шероховатости поверхности - это контактный метод, измерения при котором производятся при помощи профилометра.

На специальных приборах профилометрах или профилографах с помощью щупа воспроизводят профиль поверхности. Шероховатость определяют по шкале прибора,

цифровому табло или по профилограмме, записанной на ленте (по любому критерию).

Профилометр представляет собой чувствительный датчик, оборудованный тонкой, остро заточенной алмазной иглой, с так называемой, ощупывающей головкой.

Алмазная игла прижимается и перемещается параллельно исследуемой поверхности. В местах возникновения микронеровностей (выступов и впадин), возникают механические колебания измерительной головки иглы. Эти колебания передаются в датчик, преобразующий механическую энергию колебания в электрический сигнал, который усиливается преобразователем и измеряется. Записанные параметры этого сигнала в точности повторяют неровности на шероховатой поверхности детали.

Профилометры, по признаку типа преобразователя сигналов, разделяют на пьезоэлектрические, электронные, индукционные и индуктивные. Наиболее распространены приборы, использующие индуктивные преобразователи.

В качестве примера профилометра можно привести приборы моделей «СЕЙТРОНИК-ПШ8»



Профилограф - профилометр СЕЙТРОНИК-ПШ8-1

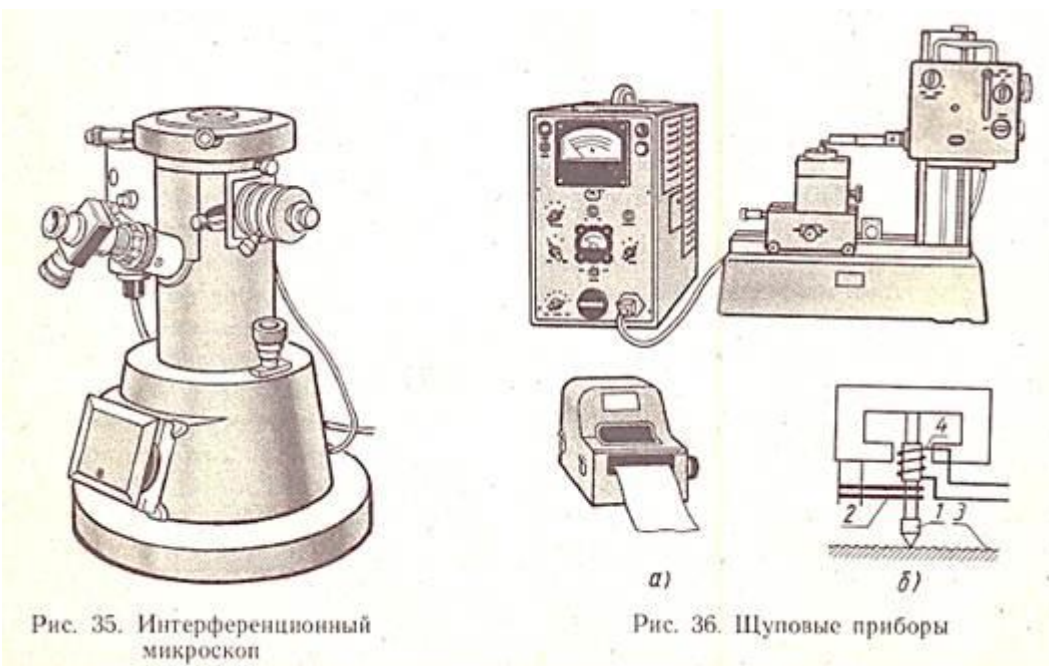


Рис. 35. Интерференционный микроскоп

Рис. 36. Щуповые приборы

3. Оптический метод - это бесконтактный метод измерения шероховатости, который состоит из целой группы методов.

Величину шероховатости измеряют на оптических приборах методом интерференции или светового сечения.

Самые распространенные из них - это:

- метод светового свечения и теневой метод,
- микроинтерференционный метод,

Метод светового и теневого свечения - это наиболее часто применяемые методы измерения параметров неровностей. Метод светового свечения сводится к тому, что: световой поток от источника света, проходя сквозь узкую щель, превращается в тонкий, узкий пучок. Затем, при помощи объектива, он направляется на исследуемую поверхность под определенным углом. Отражаясь, луч опять проходит через объектив и формирует изображение щели в окуляре. При этом, абсолютно ровная поверхность будет иметь идеально прямой световой пучок (линия), а шероховатая поверхность - искривленный.

Теневой метод - это усовершенствованный и продолженный метод светового свечения. Состоит он в том, что: недалеко от изучаемой поверхности приспособляется линейка со скошенным ребром. Пучок света преодолевает тоже самое расстояние, однако, будто ножом, срезается ребром линейки. При этом, на измеряемой поверхности можно наблюдать тень, верхняя часть которой в точности повторяет изучаемый профиль. При помощи микроскопа, такое изображение рассматривают, анализируют и делают выводы о параметрах и характере шероховатости.

Микроинтерференционный метод - реализуется при помощи специального измерительного прибора, который состоит из измерительного микроскопа и интерферометра. Используя интерферометр, получают интерференционную картину поверхности исследуемого объекта с искривлениями полос в местах

неровностей. Параметры шероховатости измеряют при помощи микроскопа.

ТЕМА 2.

Подшипники качения (ГОСТ 520-2011)

Подшипники предназначены для поддержания валов и являются для них опорами.

Подшипники в зависимости от принципа работы бывают двух типов: **подшипники качения и подшипники скольжения.**

В подшипниках скольжения происходит вращательное скольжение валов. Они бывают цельные (чугунные) и съемные (вкладыши и втулки). Для уменьшения трения материалы подшипников скольжения должны быть износостойкими, пластичными, иметь низкий коэффициент трения, иметь хорошую прирабатываемость. Поэтому применяют бронзы, баббиты (на основе олова, свинца, меди, сурьмы, кадмия), а также сплавы на основе олова и свинца.

Подшипники качения (ГОСТ 520-2011) – это наиболее распространенные стандартные изделия, которые имеют полную взаимозаменяемость и предназначены для поддержания вращающихся валов. Подшипник качения состоит из двух колец, между которыми вставлены тела качения: шарики или ролики, которые катятся по дорожкам качения. Температура нагрева подшипников при работе – **не выше 100 °С**. Для долговечной эксплуатации подшипники периодически смазываются.

Нагрев подшипника перед установкой производится в горячей масляной ванне или с помощью индукционного нагревателя.

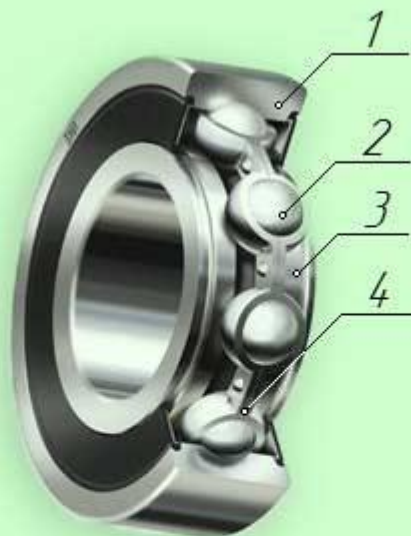


Рис. 1. Шариковый радиальный однорядный подшипник

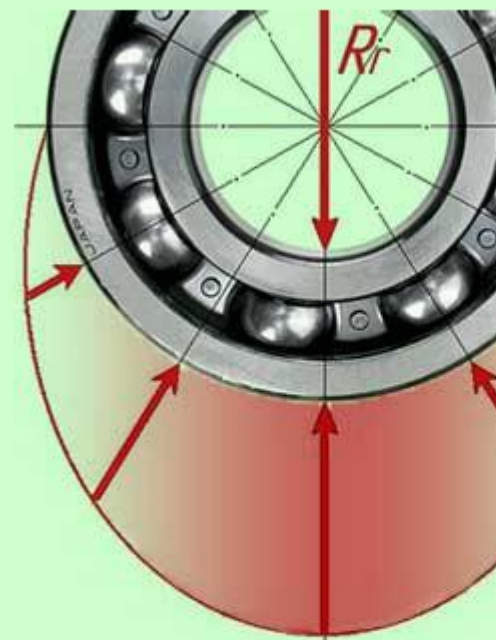


Рис. 2. Схема распределения радиальной нагрузки между телами качения в подшипнике

1-наружное кольцо

2-тела качения

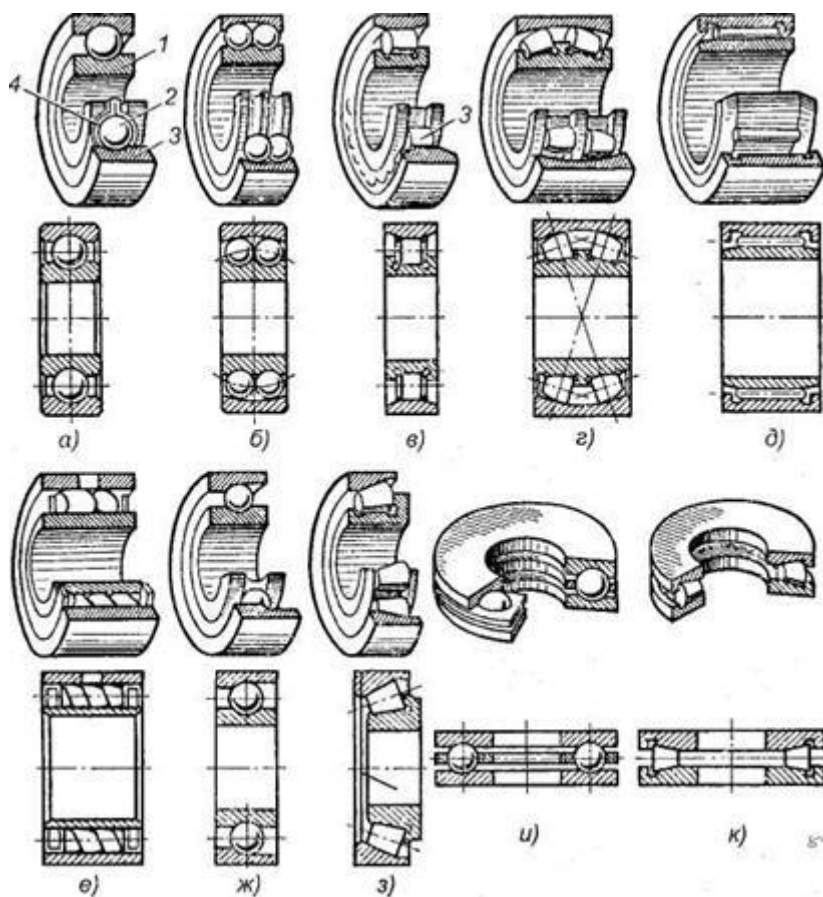
3-внутреннее кольцо

4-сепаратор (удерживает тела качения)

Материал подшипников качения - хромистая сталь:

ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, ШХ4, а также 18ХГТ,

20Х2Н4А.



Подшипники качения: **а, б, в, г, д, е** — радиальные подшипники; **ж, з** — радиально-упорные подшипники; **и, к** — упорные подшипники; **1** — внутреннее кольцо; **2** — тело качения; **3** — наружное кольцо; **4** — сепаратор

Радиальные подшипники воспринимают (в основном) радиальную нагрузку, т. е. нагрузку, направленную перпендикулярно к геометрической оси вала.

Радиально-упорные подшипники могут одновременно воспринимать как радиальную, так и осевую нагрузку (комбинированная).

Упорные подшипники воспринимают только осевую нагрузку.

Расчетная долговечность, соответствующая режимам работы:

- тяжелый – от 2500 до 5000 ч;

- нормальный – от 5000 до 10000 ч;

- легкий – более 10000 ч.

Все поверхности подшипников имеют класс шероховатости не ниже 9.

Достоинства подшипников качения:

- низкое трение, низкий нагрев;
- экономия смазки;
- высокий уровень стандартизации;
- экономия дорогих антифрикционных материалов.
- легкая установка

Недостатки подшипников качения:

- высокие контактные напряжения, и поэтому ограниченный срок службы;
- высокие габариты (особенно радиальные) и вес;
- высокие требования к оптимизации выбора типоразмера;
- большая чувствительность к ударным нагрузкам вследствие большой жесткости конструкции;

- повышенный шум;

- слабая виброзащита, более того, подшипники сами являются генераторами вибрации за счёт даже очень малой неизбежной разноразмерности тел качения.

Типы подшипников

В зависимости от конструкции подшипника они подразделяются на типы, которые обозначаются цифрами.

Тип подшипника	Обозначение
Шариковый радиальный	0
Шариковый радиальный сферический	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндри-	2

ческими роликами	
Роликовый радиальный сферический	3
Роликовый игольчатый или с длинными цилиндрическими роликами	4
Радиальный роликовый с витыми роликами	5
Радиально-упорный шариковый	6
Роликовый конический	7
Упорный или упорно-радиальный шариковый	8
Упорный или упорно-радиальный роликовый	9

ТЭ

Серии подшипников

Серия означает, что при одном и том же внутреннем диаметре кольца подшипника его наружный диаметр кольца и его ширина изменяются.

В зависимости от соотношения размеров наружного и внутреннего диаметров, а также ширины подшипники делят на серии: **1**- особо легкую, **2**- легкую, **3**- среднюю, **4**-тяжелую,

5-легкую широкую, **6**- среднюю широкую.

Чаще применяются **2** и **3** серии.

класс точности подшипника

Это показатель, характеризует предельные отклонения реальных размеров от номинальных (диаметров внутреннего и наружного колец, ширины кольца).

Класс точности при изготовлении влияет на скорость вращения, вибрацию, на срок службы, на трение, на радиальное и торцевое биение, на характер посадки.

Подшипники качения выпускаются следующих классов в порядке возрастания точности:

По классам точности подшипники различают следующим образом (по ГОСТ 520-2011):

"0" - нормального класса (радиальное биение внутреннего кольца 20 мкм);

"6" - повышенной точности (радиальное биение внутреннего кольца 10 мкм);

"5" - высокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 5 мкм);

"4" - особовысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 3 мкм);

"2" - сверхвысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 2,5 мкм);

Класс точности указывается перед маркировкой подшипника через дефис.

Маркировка подшипников качения

Маркировка подшипников качения нанесена на внутреннем кольце. Устанавливается с наружной стороны при

сборке, чтобы было видно при демонтаже и состоит из цифр:

Первая и вторая цифры справа условно обозначают его номинальный внутренний диаметр d (диаметр вала). Для определения истинного размера d (в миллиметрах) необходимо указанные две цифры умножить на пять. Например, подшипник ...04 имеет внутренний диаметр $04 \cdot 5 = 20$ мм. Это правило распространяется на подшипники с цифрами ...04 и выше, до ...99. Подшипники с цифрами: ...00 имеют $d = 10$ мм; ...01

$d = 12$ мм; ...02 $d = 15$ мм; ...03 $d = 17$ мм.

Третья цифра справа обозначает серию подшипника, определяя его наружный диаметр

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника. Так, например, подшипник 7208 является роликовым коническим.

Пятая и шестая цифры справа характеризуют конструктивные особенности подшипника (неразборный, с защитной шайбой, с закрепительной втулкой и т. п.).

Примеры обозначений подшипников:

- 311 — подшипник шариковый радиальный однорядный, средней серии диаметров 3, с внутренним диаметром $d = 55$ мм, класса точности 0 (в обозначении не указывается);
- 6-36209 — подшипник шариковый радиально-упорный однорядный, легкой серии диаметров 2, с внутренним диаметром $d = 45$ мм, класса точности 6;

- 4-12210 — подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами, легкой серии диаметров 2, с внутренним диаметром $d = 50$ мм, класса точности 4;

Посадки подшипников качения (ГОСТ 3325-85)

В подшипниках качения наружное кольцо устанавливается по системе вала, а внутреннее кольцо по системе отверстия.

1. Когда вращается вал, то внутреннее кольцо подшипника насаживается на вал с натягом, а наружное кольцо устанавливается в корпус с небольшим зазором (или переходная посадка).

2. Когда вращается корпус, то наружное кольцо устанавливается с натягом, а внутреннее кольцо на вал устанавливается с небольшим зазором (или переходная посадка).

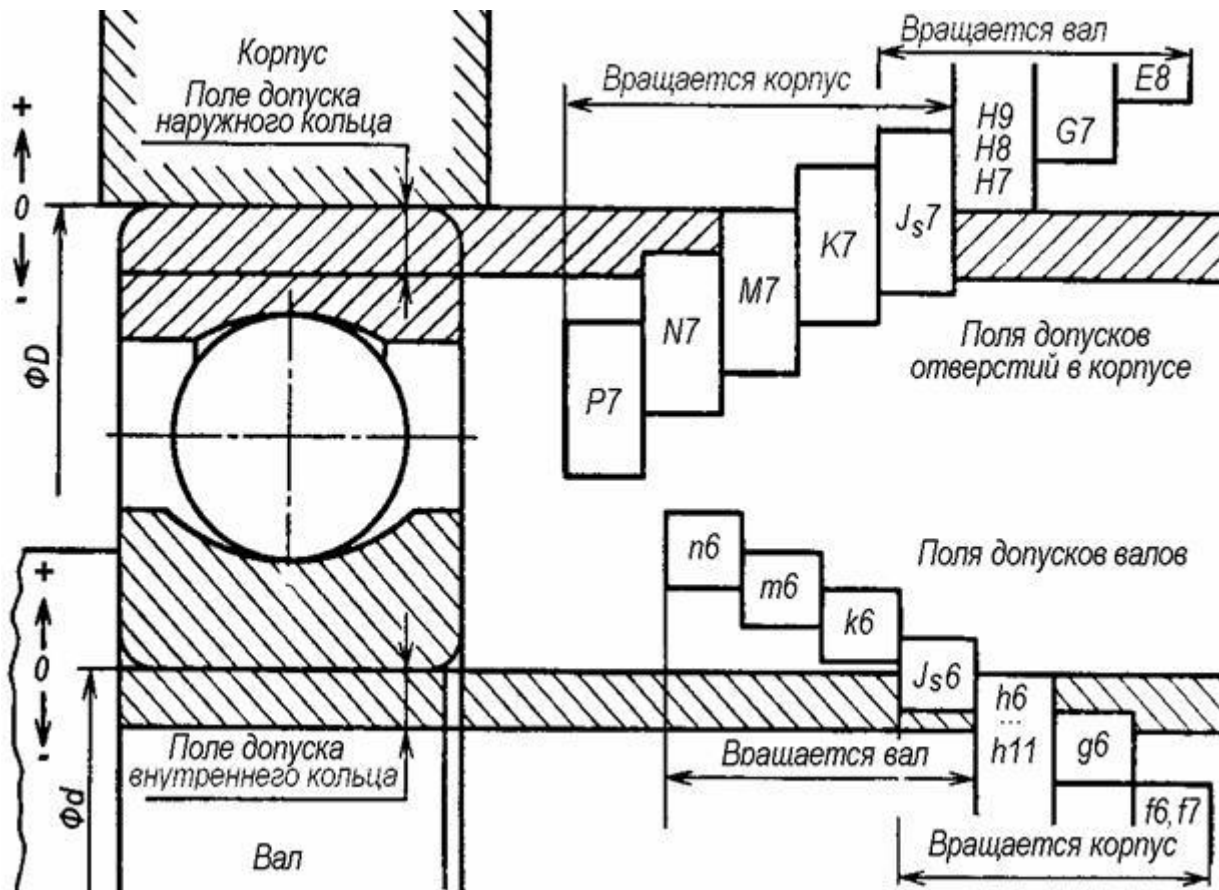
3. Если подшипник качения работает при высокой температуре, то нужно учитывать неравномерность нагрева колец. Чем выше температура, тем больше нужно делать натяг внутреннего кольца с валом.

ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ			
Условия нагружения внутреннего кольца	Поле допуска		Условия работы
	вала	отверстия	
Циркуляционное (вращается вал)	j6	H7	Регулировка перемещением внутреннего кольца
	k6	H7	Средние нагрузки. Основная посадка в общем машиностроении
	m6	J7	Тяжелые нагрузки
	n6	K7	Особо тяжелые и ударные нагрузки
Местное (вращается корпус)	h6	K7	Большие частоты вращения
	h6	M7	Средние нагрузки
	h6	N7	Тяжелые нагрузки
	h6	P7	Особо тяжелые ударные нагрузки

Для монтажа подшипника на вал и в корпус используют систему посадок приведенную ниже:

Чаще всего применяются:

- посадки на вал: g_6 , h_6 , j_6 , k_6 , m_6 , n_6 , p_6 , r_6 , в случае более высоких требований к точности вращения — h_5 , j_5 , k_5 , m_5 ;
- посадки в корпус: G_7 , H_8 , H_7 , J_7 , K_7 , M_7 , N_7 , P_7 , а при высоких требованиях к точности вращения: J_6 , K_6 , M_6 , N_6 , P_6 .



На графических изображениях узлов с подшипниками качения

поля допусков колец обозначают:

L- для внутреннего кольца (как отверстие)

l- для наружного кольца (как вал)

После буквы добавляется класс точности: 0,6,5,....

Например: L0, L 6, L 5,... 10, l6, l5,...

Посадка внутреннего кольца (на вал):

$$\frac{L6}{js6} ; \frac{l6}{k6}$$

Посадка наружного кольца (в корпус):

$$\frac{G7}{16} ; \frac{Js7}{16} ; \frac{H7}{16}$$

Пример обозначения на чертеже:

