



Московский государственный
университет технологий и управления
им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

«Детали машин и цифровая среда проектирования»

Конструкции и расчет валов и осей

Завалишин Игорь Владимирович

кандидат технических наук, доцент

Конструкции валов

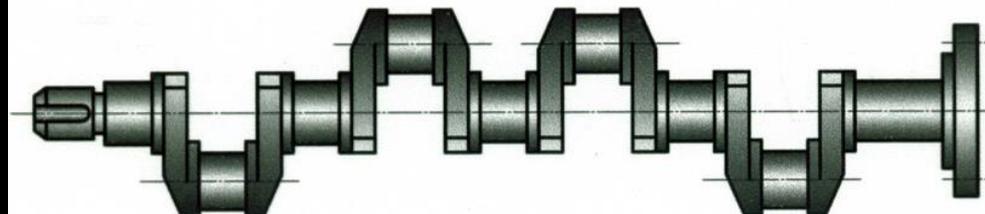
Гладкий



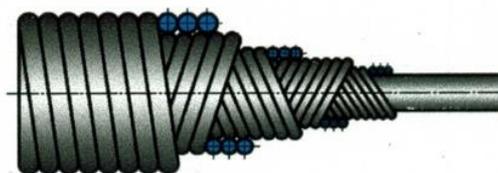
Ступенчатый



Коленчатый



Гибкий

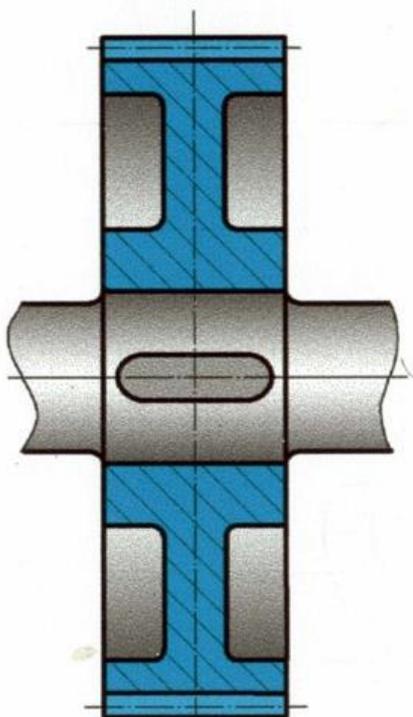


Материалы и термообработка валов и осей

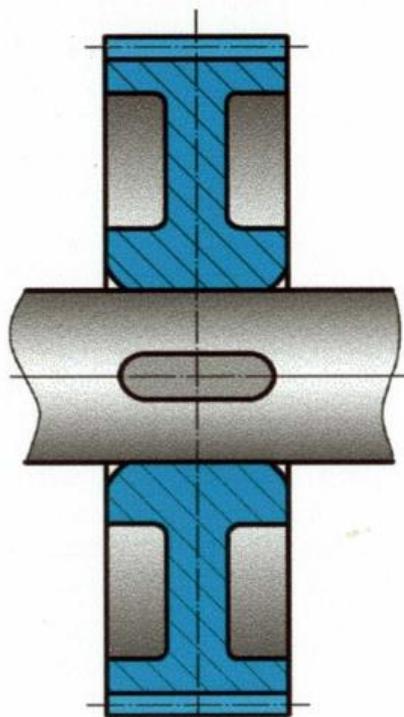
Марки сталей	Вид термообработки	Область применения
Стали обыкновенного качества Ст 5, Ст 6 по ГОСТ 380-88	В состоянии поставки	Малонагруженные валы и оси без термообработки
Малоуглеродистые конструкционные стали: - качественные 15, 20 по ГОСТ 1050-88; - легированные 15X, 20X, 18ХГТ, 12ХН3А и др. по ГОСТ 4543-71.	Химико-термическое упрочнение с закалкой до твердости H = 58...63 HRC	Валы и оси при требовании высокой износостойкости: - опоры скольжения; - вал-шестерни.
Среднеуглеродистые конструкционные стали: - качественные 40, 45 и др. по ГОСТ 1050-88; - легированные 35X, 40X, 40ХН и др. по ГОСТ 4543-71.	Улучшение до твердости H = 250...320 HB	Высоконагруженные валы и оси

Конструктивные средства повышения сопротивления валов усталости

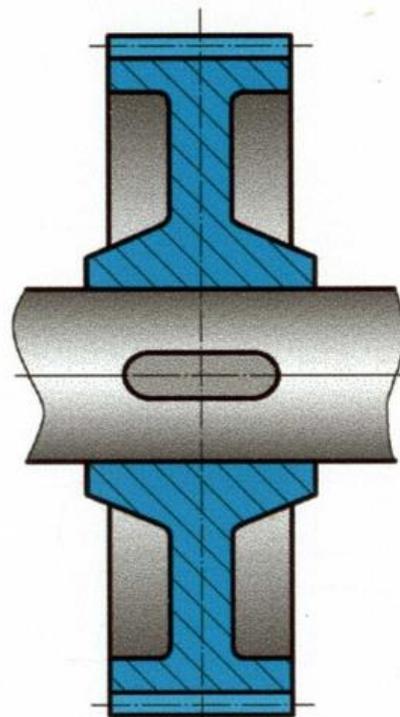
Увеличение диаметра подступичной части вала



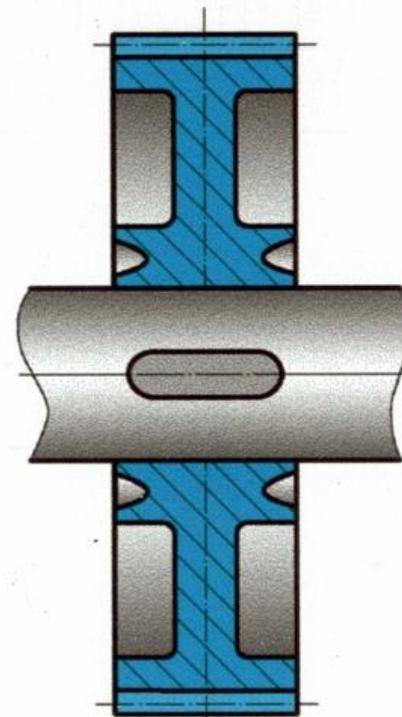
Закругление кромок ступицы



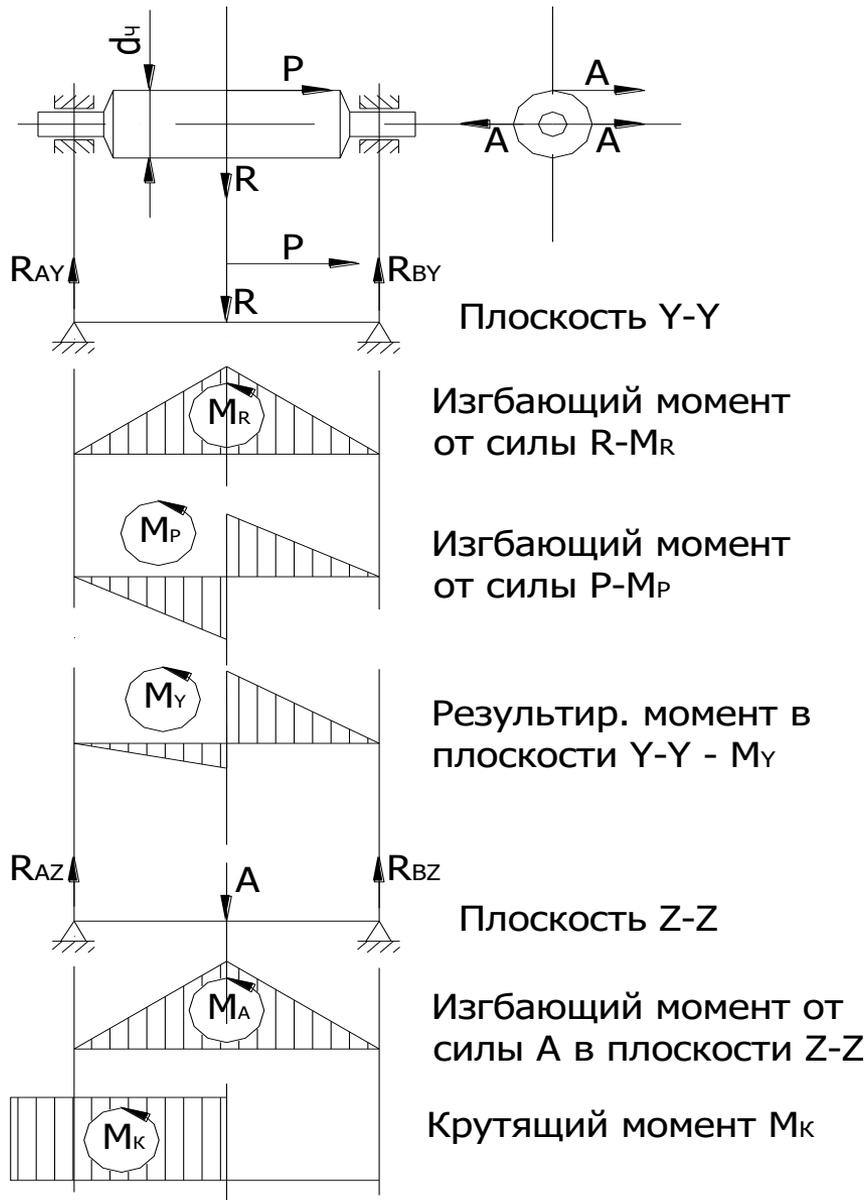
Коническая ступица



Разгрузочные канавки в ступице



Расчет валов на прочность

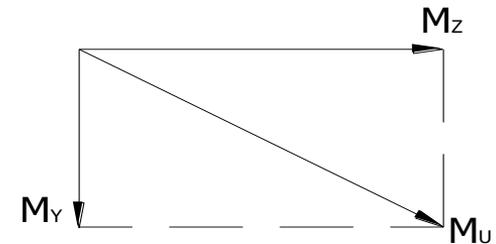


$$\tau_{\kappa} = \frac{M_{\kappa}}{W_p} = \frac{M_{\kappa}}{0,2d^3} = [\tau]'$$

$$[\tau]' = (0,25 - 0,3)[\tau]$$

Кручение

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\kappa}}{0,2[\tau]'}}$$



Расчетное напряжение:

$$\sigma_p = \frac{M_p}{W} = \frac{M_p}{0,1d^3} \leq [\sigma]_u$$

Диаметр в опасном сечении:

Изгиб

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_p}{0,1[\sigma]_u}}$$

Особенности подшипников качения



Достоинства

Низкий относительный коэффициент трения

Малая чувствительность к недостатку смазки

Комплектная взаимозаменяемость в мировом масштабе

Относительная дешевизна, благодаря массовому характеру производства

Недостатки

Слабая сопротивляемость ударной нагрузке

Плохая работа в загрязненной среде

Невозможность работы на сверхвысоких скоростях (свыше 50000 об/мин), вследствие возрастания центробежных сил инерции

Особенности применения подшипников скольжения



Применение

Когда подшипник должен быть разъемным по оси (например, подшипники средних шеек коленчатого вала);

Для очень больших нагрузок, когда подходящих стандартных подшипников качения подобрать нельзя

Для сверхбыстроходных валов, где центробежные силы инерции не допускают применения подшипников качения

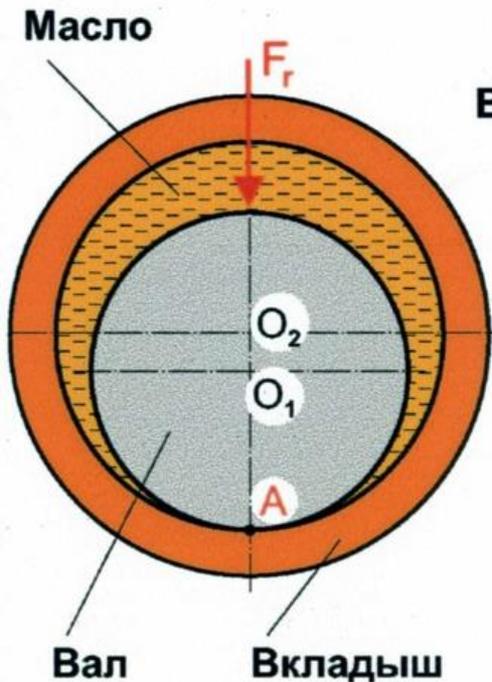
Для работы в сильно загрязненной среде или воде

Жидкостное трение в подшипниках скольжения

Положение вала во вкладыше

при угловой скорости

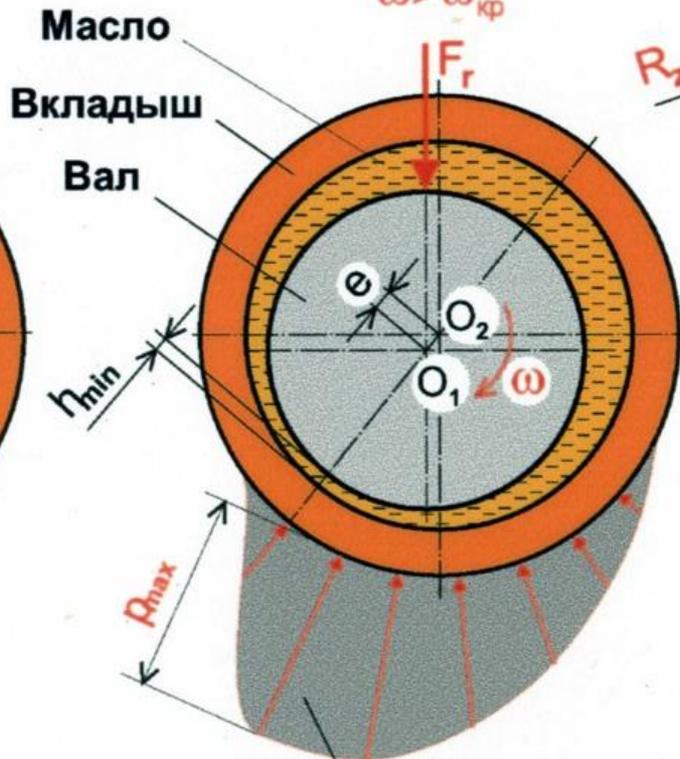
$$\omega = 0$$



Металлический контакт
в точке А

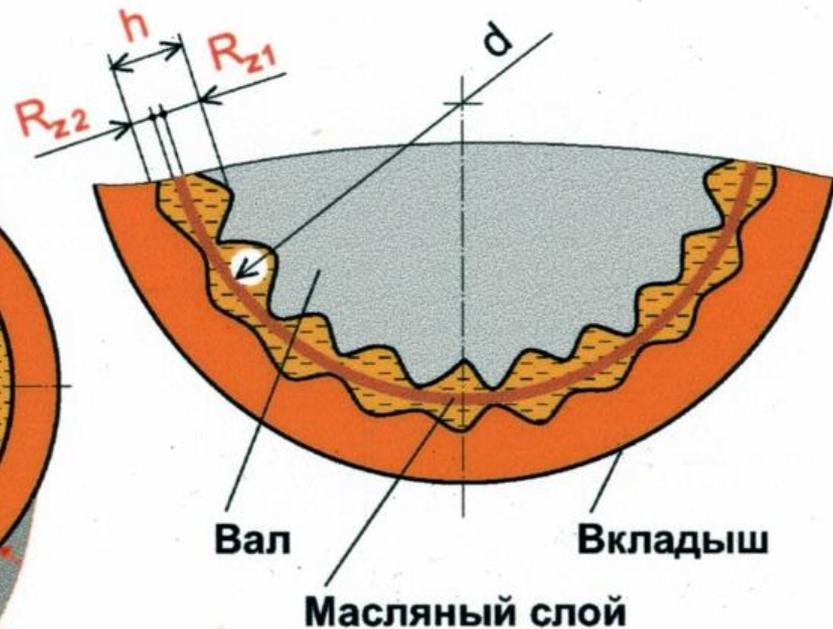
при угловой скорости
больше критической

$$\omega > \omega_{кр}$$



Эюра давления
в масляном слое

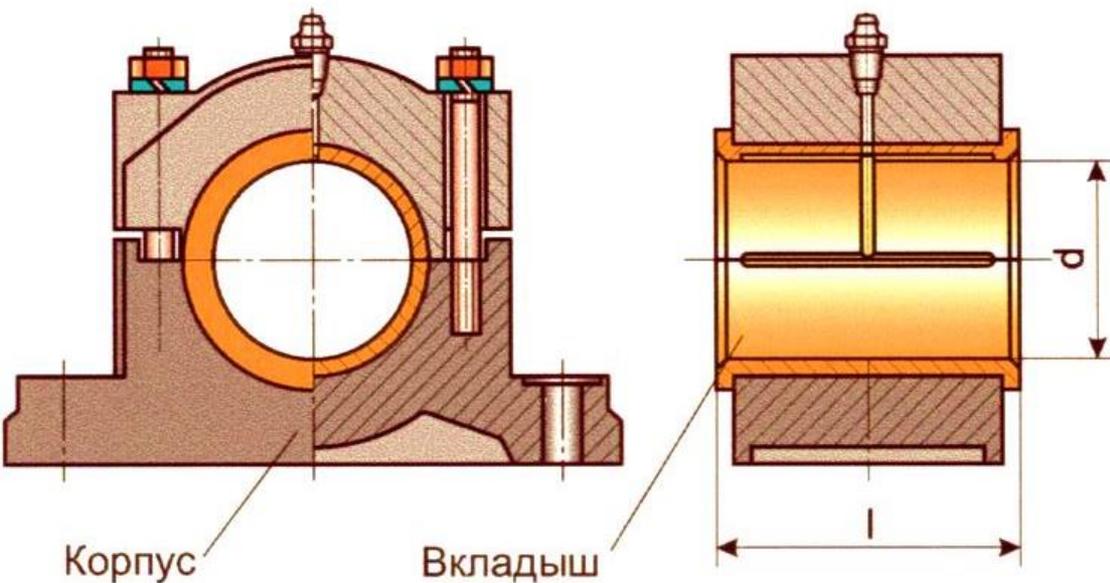
Микрогеометрия вала и вкладыша



При жидкостном трении толщина
масляного слоя h между валом
и вкладышем:

$$h > R_{z1} + R_{z2}$$

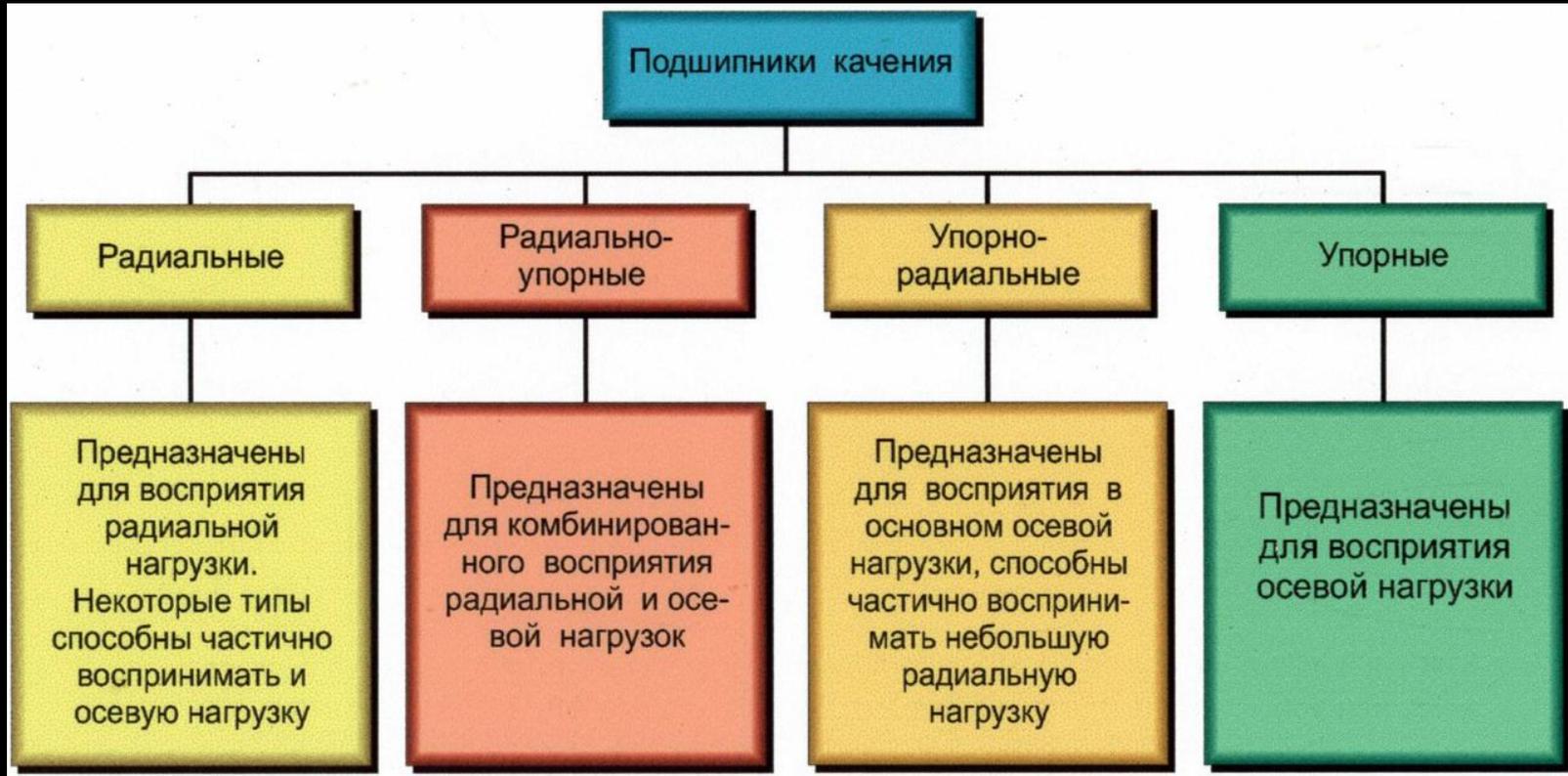
Конструкция подшипников скольжения



Рекомендуемые геометрические соотношения

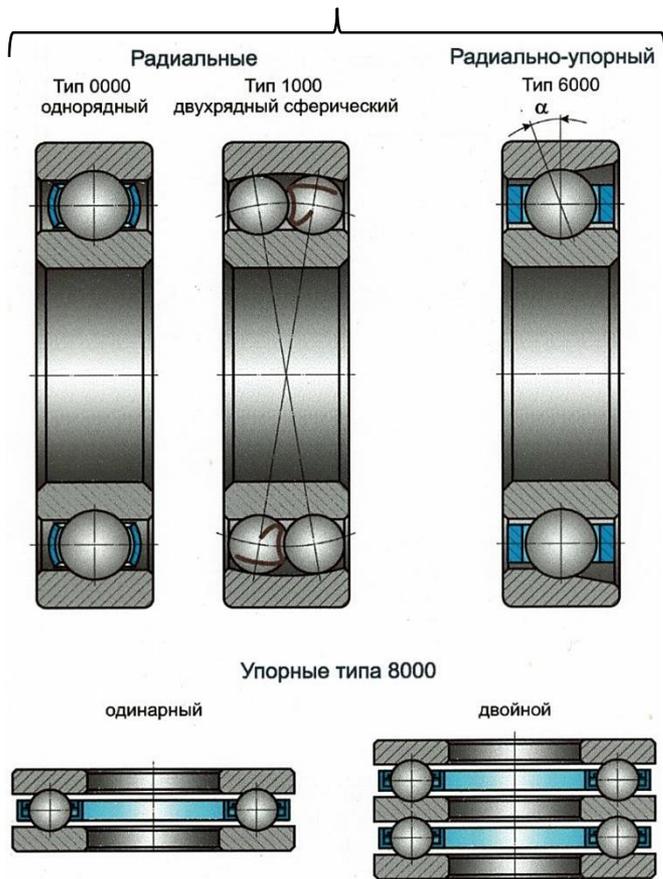
$\frac{l}{d}$	Условия работы узла
0,3...0,4	Малонагруженные опоры при ограниченных осевых габаритах
0,4...0,7	Высокоскоростные средненагруженные опоры
0,5...0,9	Высокоскоростные высоконагруженные опоры
0,8...1,2	Тихоходные средне- и высоконагруженные опоры
1,0...1,5	Тихоходные высоконагруженные опоры при жестких валах

Классификация подшипников качения

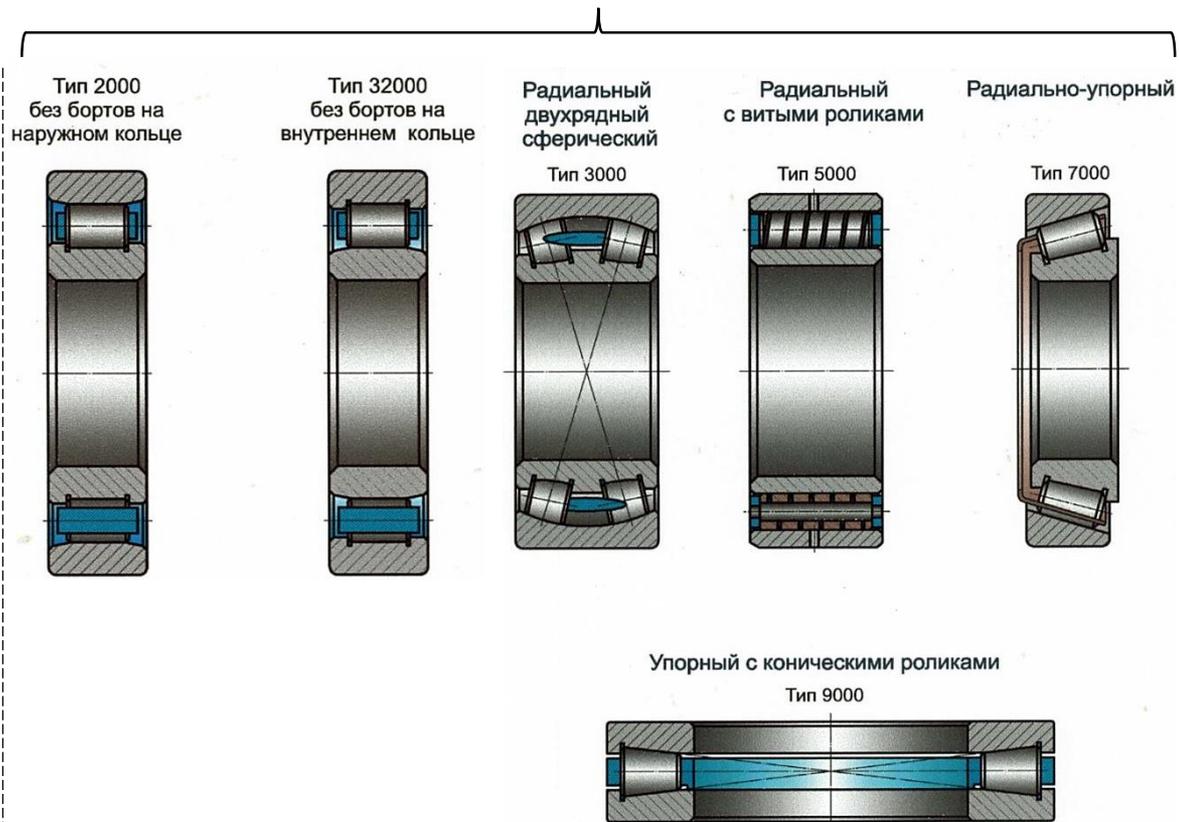


Классификация подшипников качения

Шариковые



Роликовые



Классификация подшипников качения

Стандартом установлены классы точности 0, 6, 5, 4, 2 (в порядке повышения точности), класс 0 не маркируется

Структура полного обозначения подшипника:



Серия по ширине

Характеризует тип подшипника

Обозначение	Тип
0	Шариковый радиальный однорядный
1	Шариковый радиальный двухрядный сферический
2	Роликовый радиальный однорядный с короткими цилиндрическими роликами
3	Роликовый радиальный двухрядный сферический
4	Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими роликами или иглами
5	Роликовый с витыми роликами
6	Шариковый радиально-упорный
7	Роликовый радиально-упорный
8	Шариковый упорный
9	Роликовый упорный

Серия по наружному диаметру

Конструктивные особенности

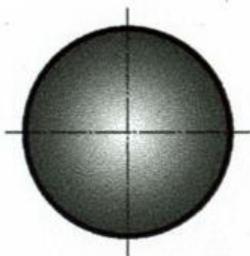
Характеризуют диаметр посадки подшипника на вал

Обозначение	00	01	02	03	Частное от деления диаметра посадки на 5
Диаметр посадки, мм	10	12	15	17	$15 \leq d \leq 495$

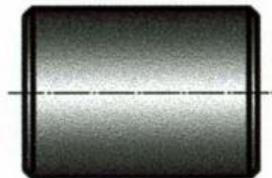
Незначащие нули слева в основном условном обозначении подшипника не указываются

Тела качения подшипников

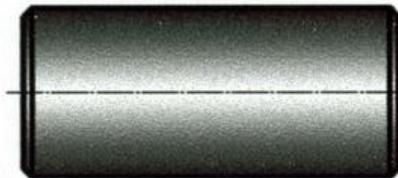
Шарик



Ролик цилиндрический короткий



Ролик цилиндрический длинный



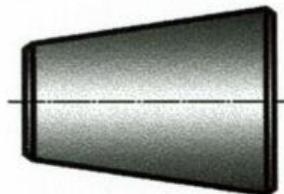
Игла



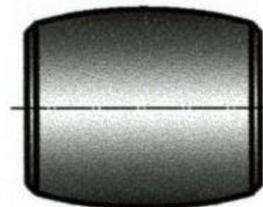
Ролик витой



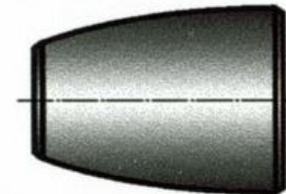
Ролик конический



Ролик бочкообразный симметричный

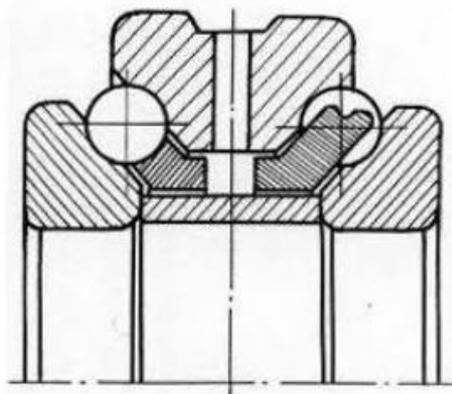


Ролик сфероконический



Шарикоподшипники предпочтительно применять при высоких скоростях и малых нагрузках. Роликоподшипники применяют при средних и малых скоростях и повышенных нагрузках. Подшипники с витыми роликами применяют при динамических нагрузках. Подшипники с бочкообразными и сфероконическими роликами применяют в условиях несоосности внутреннего и наружного колец.

Пример каталожного описания подшипника



Подшипник 178812

Основное	178812	Полное обозначение	178812
d (мм) 60	D (мм) 95	B (H) (мм) 44	Масса (кг) 1.06
Динамическая грузоподъемность C (кН)		33,5	
Статическая грузоподъемность C0 (кН)		67,3	
Предельная частота вращения (об/мин)			
жидкая смазка 8000		пластичная смазка 6000	
Инофирменный аналог 234412M1/UP		Фирма SKF	
Шарики, d (мм)		Количество	
Марка стали ШХ-15		Втулки	
Завод			
Код 3	Название ОАО "Саратовский подшипниковый завод"		
НТД ГОСТ 20821-75			

Спасибо за внимание!