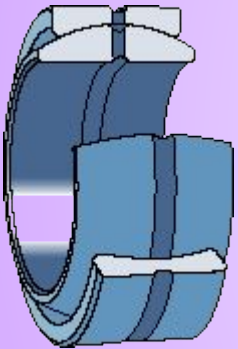


# ДЕТАЛИ МАШИН



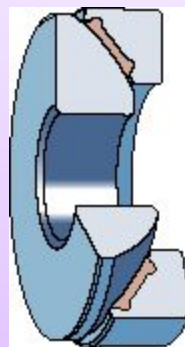
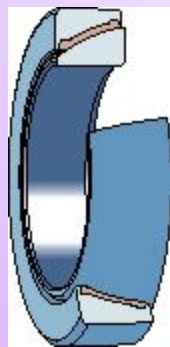
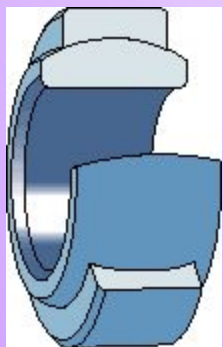
## Лекция № 9 ОПОРЫ ВАЛОВ

К.т.н., доцент Орленко Л.В.  
К.т.н., доцент Орленко Е.О.



## ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники, работающие по принципу трения скольжения называются подшипниками скольжения



## Достоинства:

- малые габариты в радиальном направлении
- бесшумность работы
- хорошая восприимчивость ударных и вибрационных нагрузок
- возможность применения разъемных подшипников
- допускают высокую частоту вращения (100 000 об/мин и более)
- возможность работы в воде и других агрессивных средах
- большая долговечность в условиях жидкостного трения
- применяют при повышенных требованиях к стабильности точности положения валов;
- отсутствие подшипников качения требуемых диаметров (миниатюрные и особо крупные валы).

## Недостатки

- Высокие потери на трение и в связи с этим пониженные КПД; КПД 0,95 – 0,99
- Необходимость систематического наблюдения и непрерывного смазывания
- Тяжелонагруженные подшипники, работающие при высоких частотах вращения нуждаются в принудительном подводе под давлением смазочного материала (масла, воды и др.) для поддержания режима жидкостного трения и отвода выделяющейся теплоты
- Подшипники с обычными маслами надежно работают до температур не выше 150 градусов
- Неравномерный износ подшипника и цапфы
- Применение для изготовления подшипников дорогостоящих материалов
- Относительно большая длина в осевом направлении

## Области рационального применения подшипников скольжения

Опоры тихоходных малоответственных механизмов

Опоры быстроходных узлов, работающих при вибрационных и ударных нагрузках

Подшипники, выполняемые по условиям сборки разъемными (опоры коленчатых валов)

Опоры при стесненных радиальных габаритах

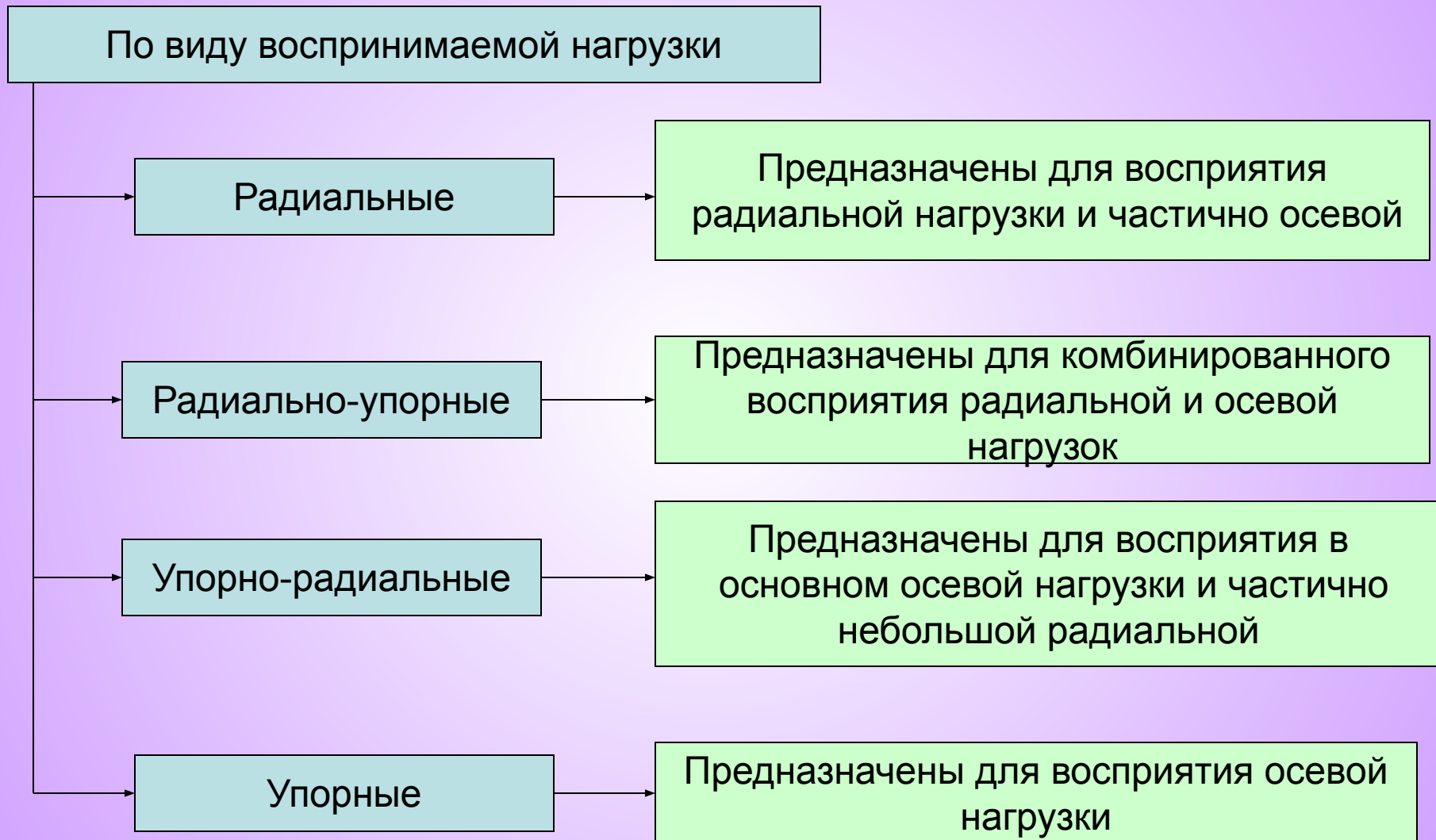
Подшипники, работающие в абразивных и агрессивных средах

Опоры быстроходных узлов, работающих при вибрационных и ударных нагрузках

Подшипники, работающие при особо высоких частотах вращения – газовые и электромагнитные

Опоры уникальных конструкций, для которых стандартный подшипник качества подобрать невозможно

## Классификация подшипников:

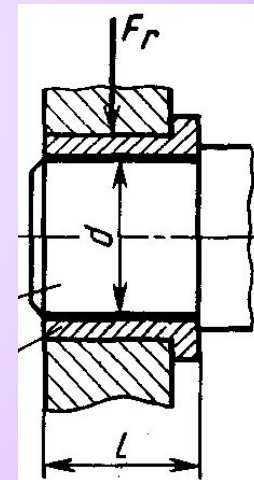
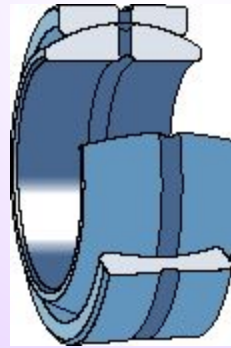
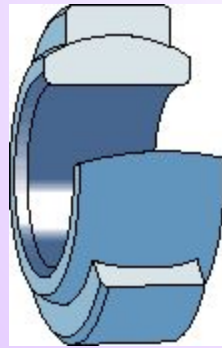


# Классификация подшипников

По способности самоустанавливаться

самоустанавливающиеся

несамоустанавливающиеся



# Классификация подшипников скольжения по конструктивным особенностям

Неразъемные

Встроенные

Присоединенные

Разъемные



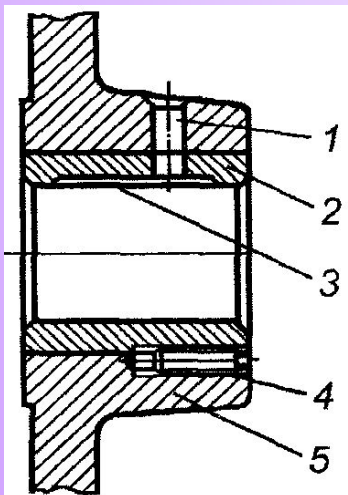
## Неразъемные подшипники

Применяют при малой скорости скольжения с перерывами в работе

Преимущества: - простота конструкции и низкая стоимость

Недостаток: не дают возможности компенсировать износ рабочих поверхностей втулок и валов

Имеют ограниченное применение

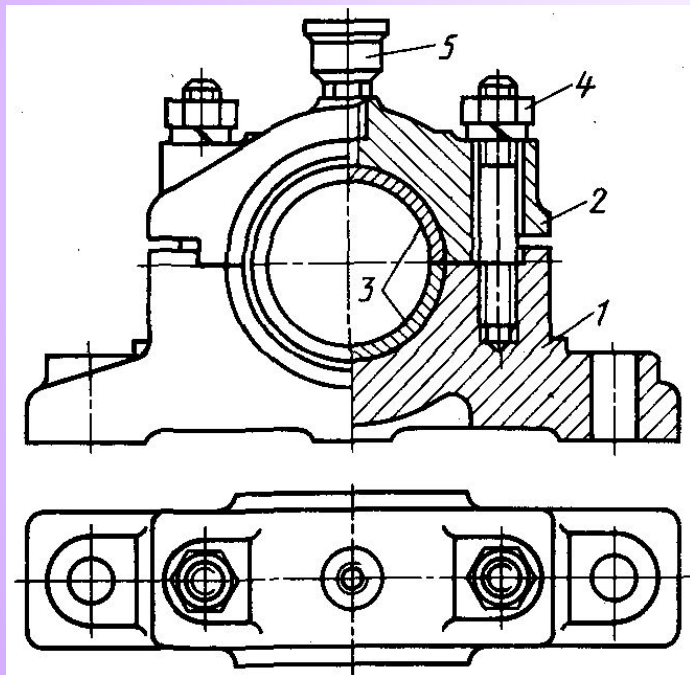


- 1 – смазочное отверстие;
- 2 – втулка ;
- 3 – смазочная канавка;
- 4 – стопорный винт;
- 5 – корпус.

## Разъемные подшипники

Износ вкладышей в процессе работы подшипника компенсируется поджатием крышки к основанию

Разъемные подшипники значительно облегчают сборку



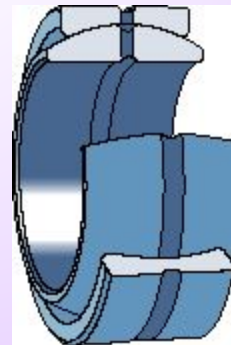
- 1 – основание корпуса;
- 2 – крышка;
- 3 – разъемный вкладыш;
- 4 – крепежная шпилька с гайкой;
- 5 – масленка.

## Самоустанавливающиеся подшипники

Сопряженные поверхности вкладыша и корпуса выполнены по сфере радиуса  $R$

Сферическая поверхность позволяет вкладышу самоустанавливаться, компенсируя неточности монтажа и деформации вала, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по длине вкладыша.

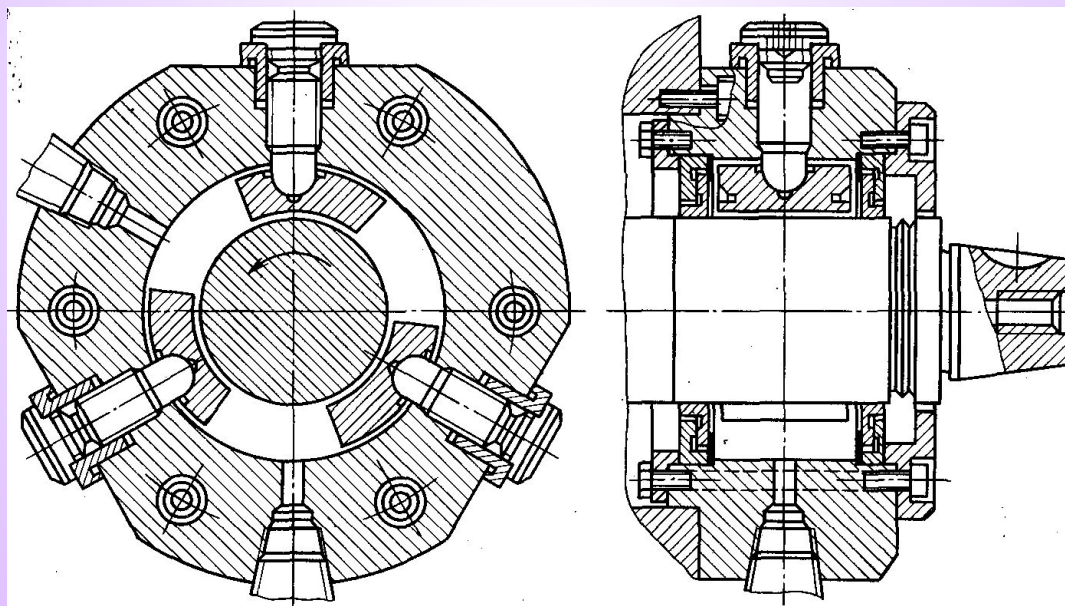
Применяются при большой длине цапф



## Сегментные подшипники с качающимися вкладышами

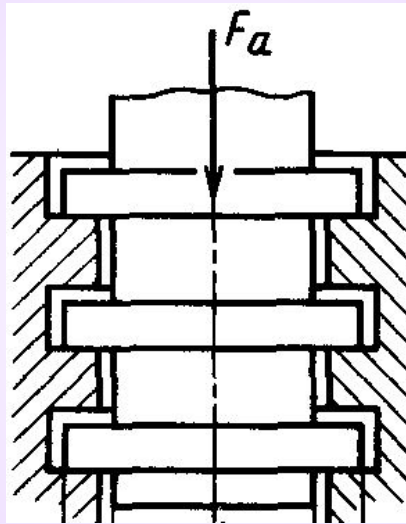
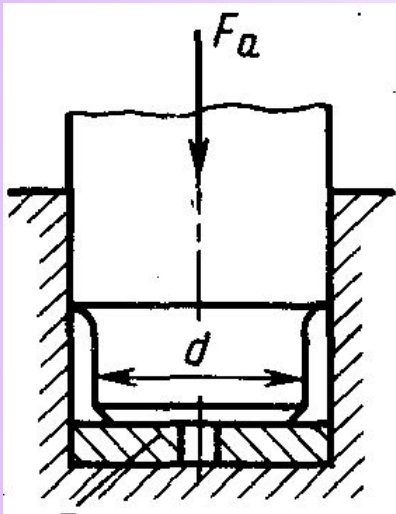
Хорошо центрируют вал и обеспечивают стабильную работу подшипниковых узлов

Применяют для быстроходных валов, особенно при опасности возникновения вибраций



## Упорные подшипники

Предназначен для восприятия осевых нагрузок



## Материалы, применяемые для изготовления подшипников

Корпуса и крышки отливают из серого чугуна.

Шейки валов подвергают термической или химико-термической обработке до получения высокой твердости (55 –60 HRC).

### Требования, предъявляемые к вкладышам:

- Износостойкость
- низкий коэффициент трения в паре с материалом шейки вала
- высокая сопротивляемость заеданию
- достаточная пластичность и высокая теплопроводность
- хорошая прирабатываемость и смачиваемость смазочным материалом
- способность образовывать на трущихся поверхностях цапфа-вкладыш стойкие и быстро восстанавливаемые пленки
- стойкость против коррозионно-механического изнашивания

# Вкладыши

Металлические

Биметаллические

Из порошковых материалов

Из неметаллических материалов

**Бронза**

при средних скоростях и нагрузках

**Оловянистые**

**Баббиты**

Особенно

используется для предварительного насыщения горячим маслом

*Такие вкладыши могут долго работать без подвода смазочного материала*

*Применяют в тихоходных механизмах в местах, труднодоступных для подвода масла*

малоответственные и тихоходные механизмы

Антифрикционные самосмазывающиеся пластмассы (АСП), древеснослоистые пластики, твердые породы дерева, резину и др.

*Устойчивы против заедания, хорошо прирабатываются, могут работать при смазывании водой*

цим  
а  
ца

# СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Маслянистостью** называется способность смазочного материала образовывать на поверхности трения устойчивые адсорбированные пленки

**Вязкостью** называется объемное свойство смазочного материала оказывать сопротивление относительному перемещению его слоев

В технических характеристиках масел указывают *кинематическую вязкость*  $\nu, \text{мм}^2 / \text{с}$ , которая зависит от плотности

Эта вязкость приводится в справочной литературе при температурах, приближающихся к рабочим, чаще  $50^{\circ} \text{C}$  ( $\nu_{50}$ ) и  $100^{\circ} \text{C}$  ( $\nu_{100}$ )

*Для придания смазочному материалу специальных свойств, в него добавляют присадки, например противозадирные, противоизносные, антикоррозионные, и др.*



# Смазочные материалы

```
graph TD; A[Смазочные материалы] --> B[Жидкие]; A --> C[Газообразные]; A --> D[Пластичные (густые)]; A --> E[Твердые];
```

Жидкие

Газообразные

Пластичные  
(густые)

Твердые

# 1. Жидкие масла – являются основным смазочным материалом

- ✓ Имеют низкий коэффициент внутреннего трения
- ✓ Легко подавать к местам смазывания
- ✓ Оказывают охлаждающее действие

- ✓ Вытекание масла из мест смазывания

## Жидкие масла

Органические

Минеральные

Растительные (касторовое и др.) и  
Животные (костный жир и др.)

Обладают высокими смазывающими свойствами, но дефицитны и применяются в специальных случаях

Минеральные масла –  
продукты перегонки нефти

Индустриальные масла различных марок, моторные масла и др.

## 2. Вода

Применяется для смазывания подшипников с вкладышами из дерева, резины и некоторых пластмасс

*Поскольку теплопроводность этих материалов низкая, то применяют проточную воду, которая одновременно охлаждает опору; во избежание коррозии вал выполняют с покрытием или облицовкой из нержавеющей стали*

### 3. Пластичные смазочные материалы (мази)

Солидолы, консталины и др.

Изготавливают путем загущения жидких минеральных масел мылами жирных кислот или углеводородами

- Мази хорошо заполняют зазоры, герметизируя узлы трения
- Вязкость мало меняется с изменением температуры
- Применяются в подшипниках при малых скоростях скольжения и ударных нагрузках

## 4. Твердые смазочные материалы

Графит, слюда и др.

Применяют в машинах, когда по условиям производства нельзя применять жидкие масла или мази ( ткацкие станки, пищевые машины и др)

## 5. Газообразные смазочные материалы

Воздух, пары углеводородов и др.

Применяют в малонагруженных подшипниках при очень большой угловой скорости вала (центрифуги, шпиндели шлифовальные и др.)

# ВИДЫ ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ

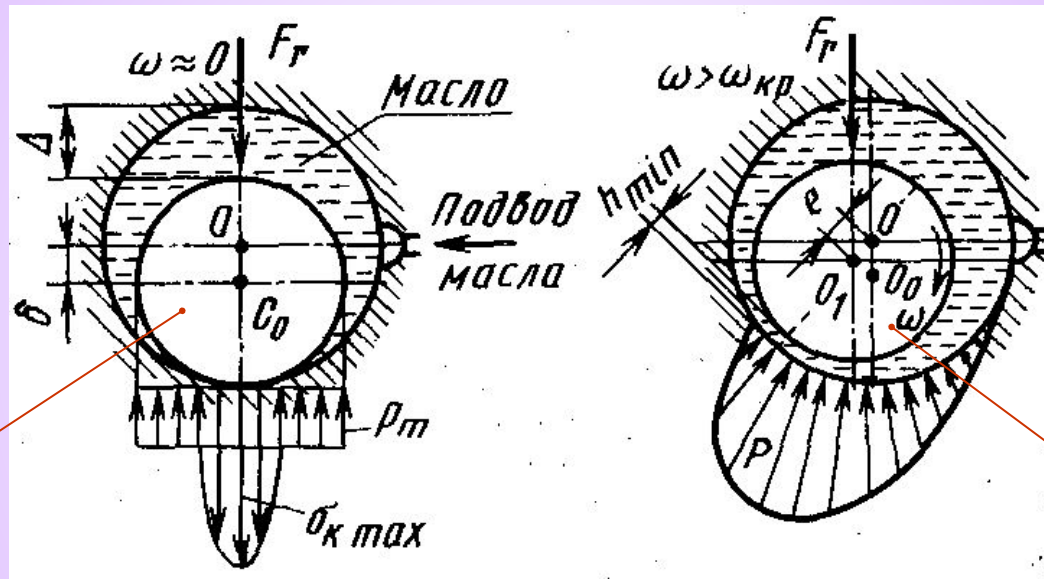
В зависимости от режима работы подшипника в нем может быть: *граничное, полужидкостное* и *жидкостное* трение

*Граничное трение* возникает, когда на поверхностях вала и вкладыша подшипника имеется тонкая адсорбированная масляная пленка толщиной не более 0,1 мкм.

*Полужидкостное трение* - это смешанное трение, жидкостное и граничное одновременно. После пуска при увеличении окружной скорости цапфа вала всплывает и толщина смазывающего слоя возрастает, но отдельные выступы трущихся поверхностей остаются неразделенными смазочным материалом. Такое трение имеет место при пуске и останове машин, а также при недостаточном поступлении смазки при работе машины.

*Жидкостное трение* имеет место, когда рабочие поверхности вала и подшипника полностью разделяет слой смазки. Это достигается в том случае, если толщина смазывающего слоя больше суммы неровностей поверхностей вала и вкладыша подшипника. При жидкостном трении обеспечивается самый благоприятный режим работы подшипника скольжения, так как отсутствует износ вкладыша подшипника и обеспечивается высокий КПД.

# ВИДЫ ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ



Положение вала в состоянии покоя и при разгоне

Положение вала после разгона

# КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДШИПНИКОВ

## Причины отказов

В процессе работы может происходить абразивный износ вкладышей и цапф, заедание вследствие нагрева подшипника, усталостное изнашивание при пульсирующих нагрузках.

## Основные критерии работоспособности

*износостойкость трущейся пары- сопротивление изнашиванию и заеданию.*



# РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ

Расчет подшипников, работающих в условиях несовершенной (граничное трение) ведут:

1. по допускаемому среднему давлению  $[p]$  на трущихся поверхностях. Расчет гарантирует невыдавливаемость смазочного материала.

$$p = F_r / (dl) < [p]$$

где:  $d$  - диаметр цапфы,  $l$  - длина цапфы.

2. по допустимой удельной работе сил трения.

Расчет гарантирует нормальный тепловой режим и отсутствие заедания.

$$pv < [pv]$$

где:  $v$  - скорость скольжения;

$$v = \omega d/2$$

