

# Литература

- 1** . Иванов М.Н. Детали машин – М.: Высш. шк., **1984. –336** с., ил.
- 2** . Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование – М.: Высш. шк., **1998. –336** с., ил.
- 3** . Решетов Д.Н. Детали машин – М.: «Машиностроение», **1989. –496** с., ил.
- 4.** Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие./ Чернавский С.А., Козинцов Б.С. и др. М.: «Альянс», **2005. –560** с., ил.
- 5.** Цехнович Л.И., Петриненко И.П. Атлас конструкций редукторов/ К.: «Виша школа», **1979, 128** с., ил.

## Терминология

**Деталь-** часть машины не требующая сборочных операций (простые и сложные)

**Узел** – законченная сборочная единица из деталей, имеющих общее функциональное назначение

## Классификация деталей машин

- Соединения;
- Передачи (передаточные механизмы);
- Валы и оси;
- Подшипники;
- Станины и корпусные детали;
- Шарнирно – рычажные и кулачковые механизмы;
- Пружины и рессоры;
- Устройства смазки, управления, настройки, защиты от загрязнения;
- Специальные детали (цилиндры, поршни, клапаны, колеса, лопатки, роторы, статоры (для энергетических машин); колеса; гусеницы, рельсы, винты, ковши, грейферы (для ПТМ)).

# Требования к конструкции деталей машин

1. Надежность

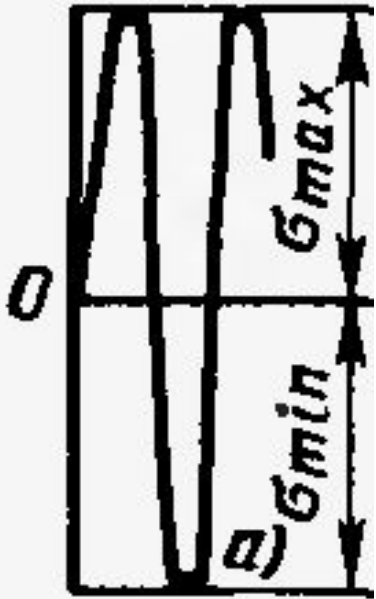
2. Экономичность

# Критерии работоспособности при расчете деталей машин

1. Прочность;
2. Жесткость;
3. Износостойкость;
4. Теплостойкость;
5. Виброустойчивость;

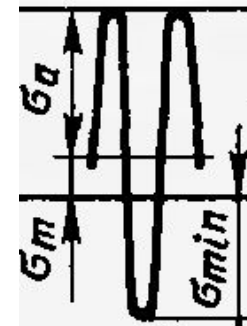
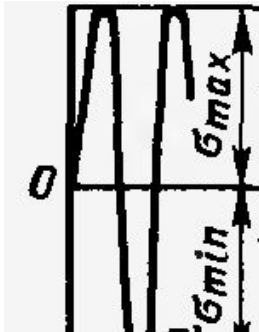
# ПРОЧНОСТЬ

## Характеристики циклов нагружения деталей машин



- а)- симметричный знакопеременный
- б)- знакопеременный асимметричный
- в)- отнулевой (пульсационный)
- г)- знакопостоянный
- д)- сложные

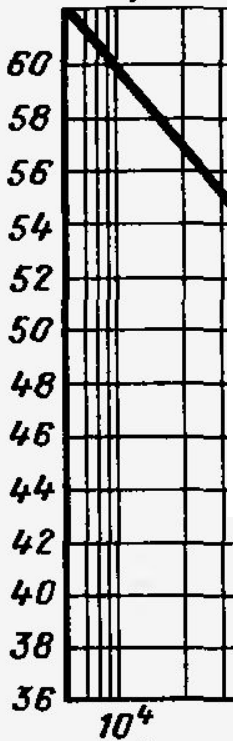
# Диаграммы усталости конструкционных сталей



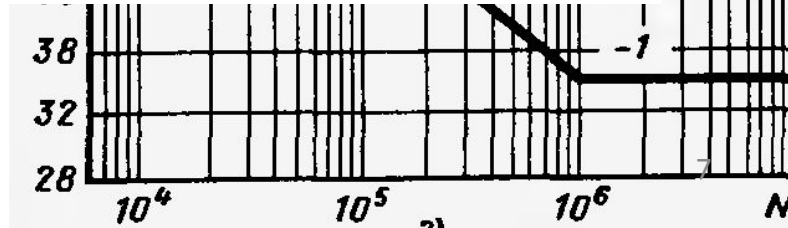
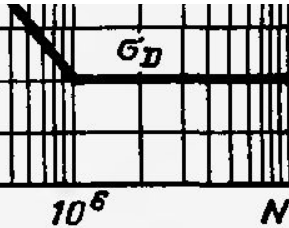
$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Наибольшее переменное напряжение, при котором материал, не разрушаясь, выдерживает определенное число циклов, называется **пределом выносливости**

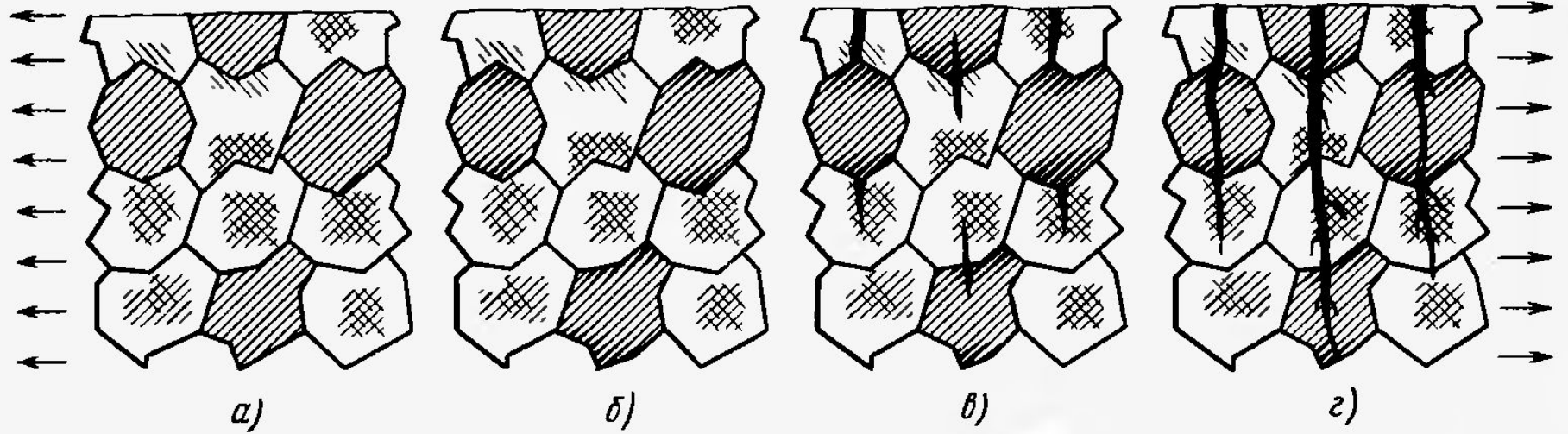
$\sigma \cdot 10^{-1}, \text{ МПа}$



$\sigma_F$



# Возникновение усталостных трещин





С увеличением размеров деталей предел выносливости уменьшается, что оценивается **масштабным фактором**:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})_d}{(\sigma_{-1})_{d_0}}$$

Расчеты на прочность производят:

- по **коэффициентам запаса прочности**;
- по **номинальным допускаемым напряжениям**;
- по **вероятности безотказной работы**.

При **постоянных напряжениях** деталей из **пластичных** материалов расчет ведется из условия отсутствия пластичных деформаций, т.е.

$$\sigma_{\text{раб}} \leq \sigma_{\text{T}}$$

При **одноосном** напряженном состоянии и переменных асимметричных нагрузках запас прочности

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}$$

При **кручении** запас прочности :

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}$$

Коэффициенты, характеризующие чувствительность материалов к асимметрии цикла

$$\psi_{\sigma} = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}, \quad \psi_{\tau} = \frac{2\tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0}$$

При совместном действии изгиба и кручения или растяжении-сжатии и кручения общий запас прочности определяется соотношением:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}$$

## Дифференциальный метод установки запаса прочности

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

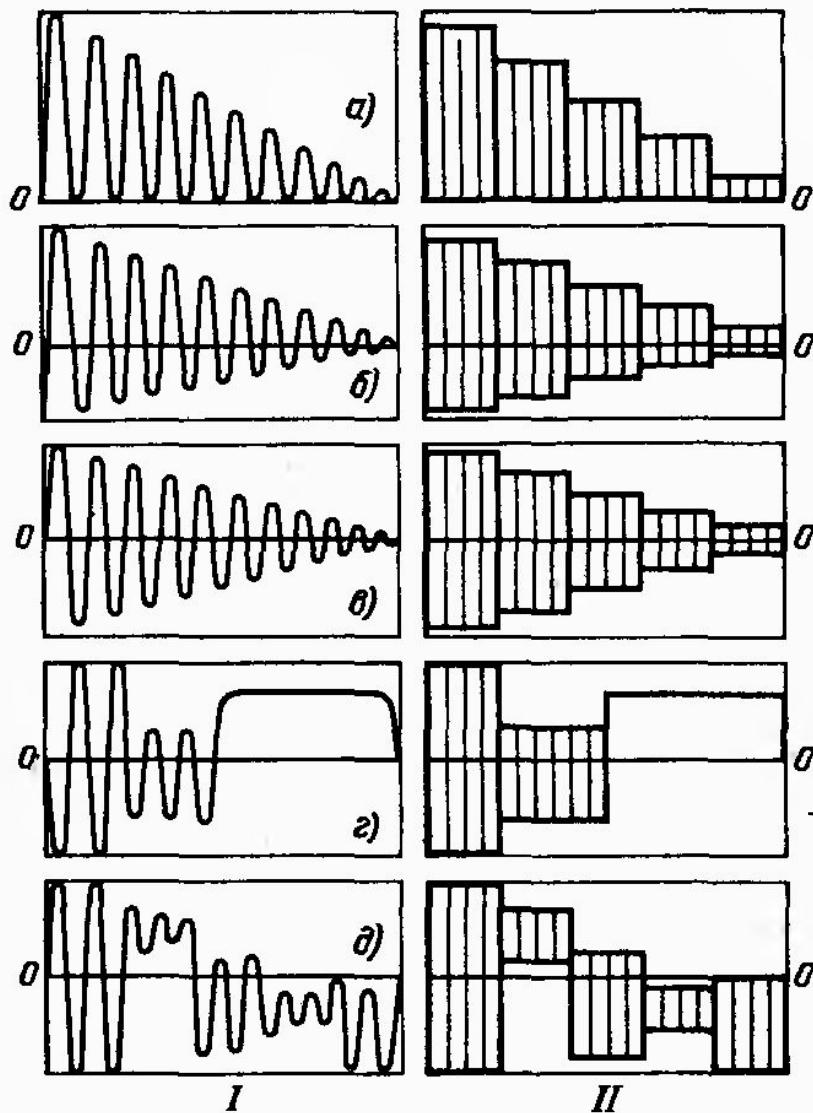
**$n_1 = 1 \div 1,5$**  – достоверность расчетных нагрузок и напряжений;

**$n_2 = 1,2 \div 1,5$**  – для стали, поковок и проката (коэф. однородности материала);

**$n_2 = 1,5 \div 2,5$**  – для чугуновых деталей;

**$n_3 = 1 \div 1,5$**  – специфические требования безопасности

# Спектры напряжений при нестационарных режимах нагружения:



Уравнение суммирования повреждений:

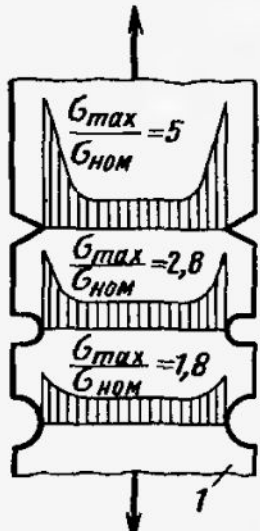
$$a = \sum \frac{n_{\psi i}}{N_{\psi i}}$$

$n_{\psi i}$  – общее число циклов действия

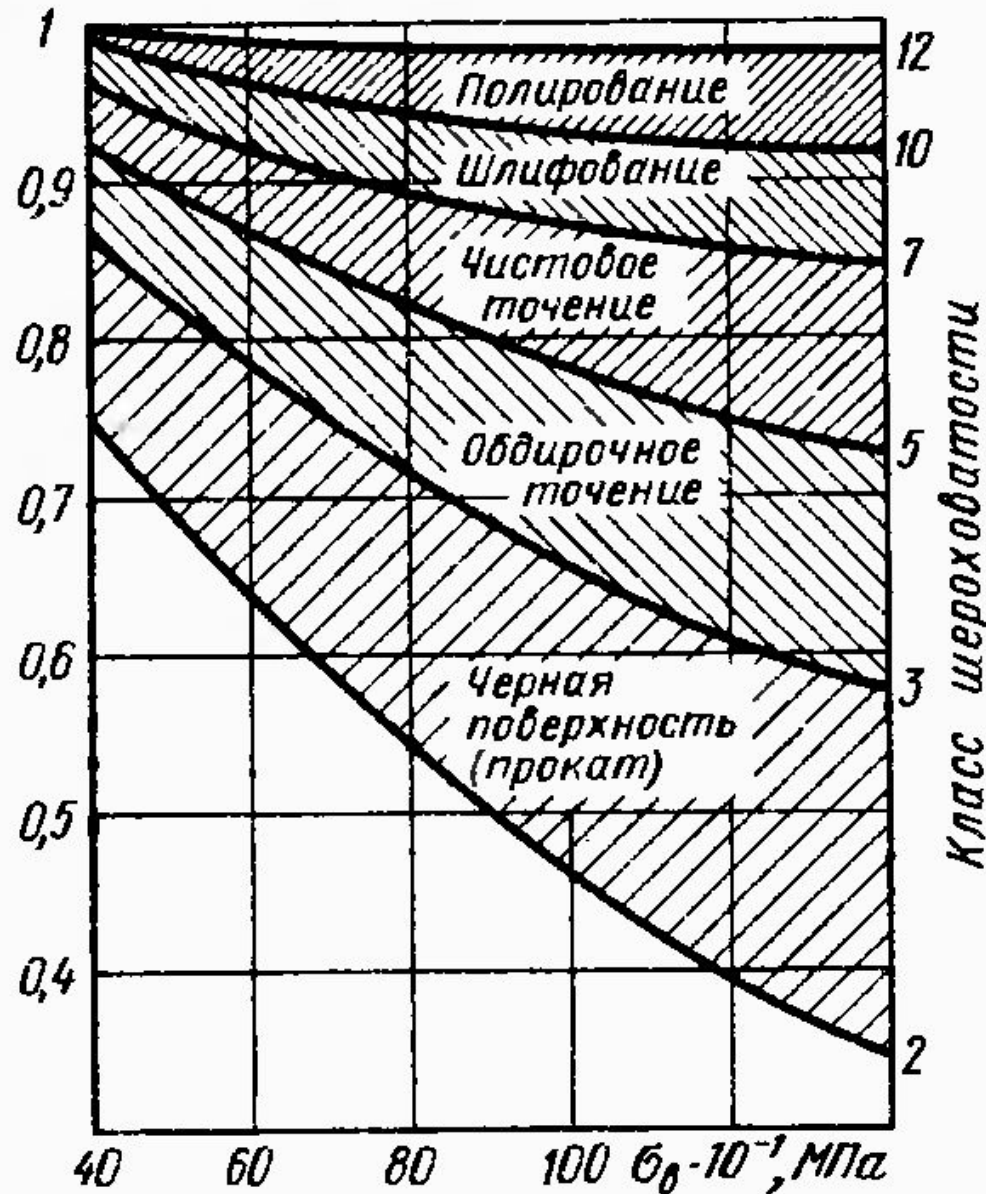
некоторого напряжения;

$N_{\psi i}$  – число циклов до разрушения при том же напряжении.

# Концентраторы напряжений



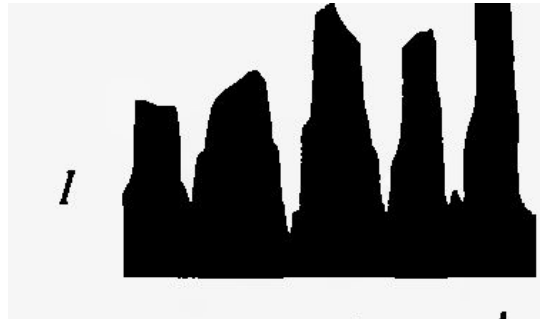
# Влияние шероховатости на циклическую прочность деталей





# Микропрофиль поверхностей деталей машин

Точение



Накатывание  
шариками

Черновое  
шлифование

---

Чистовое  
шлифование

---



# ЖЕСТКОСТЬ

**Жесткость** – способность деталей сопротивляться изменению формы под действием эксплуатационных нагрузок.

Требования к жесткости определяются:

1. Условиями прочности детали при переменных нагрузках (потеря устойчивости);
2. Условиями работоспособности детали совместно с сопряженными деталями (подшипники, зубчатые зацепления);
3. Технологическими условиями;
4. Условиями удовлетворительной работы машины в целом (точность получаемых изделий должна удовлетворять определенным требованиям).

# ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Износ ограничивает долговечность деталей по следующим критериям работоспособности машин:

- 1) по потере точности – приборы, измерительный инструмент, станки;
- 2) по снижению КПД;
- 3) по снижению прочности;
- 4) по возрастанию шума;
- 5) по полному истиранию.

## *Виды износа деталей:*

- механический (в основном абразивный);
- молекулярно-механический при схватывании (холодное, горячее) и заедании;
- коррозионно-механический.

# ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ

В результате тепловыделения возникают вредные для работы машин и механизмов явления:

1. понижение несущей способности деталей;
2. ухудшение смазки;
3. изменение зазоров в подвижных соединениях;

- 4) изменение свойств трущихся поверхностей;
- 5) понижение точности;
- 6) снижение мощности для ДВС.

Тепловой расчет должен предшествовать расчетам на ползучесть и температурных деформаций деталей



# ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Виброустойчивость – способность детали работать в заданных рабочих диапазонах без недопустимых колебаний.

С этой целью оценки виброустойчивости выполняют:

- 1) расчеты собственных частот колебаний деталей и машин;
- 2) расчеты амплитудно-частотных характеристик в установившихся и переходных режимах работы.

## Показатели надежности

вероятность безотказной

число отказов в работе, средний срок службы в часах,

$$R = R_1 R_2 R_3 \dots R_n = \prod_1^n R_i.$$

Интенсивность отказов  $\lambda$

испытывали 1000 изделий

в течение 1000 ч каждое, из них 10 отказало.

$$\lambda = \frac{10}{1000 \cdot 1000} = 10^{-5}.$$

# График интенсивности отказов изделия

