

# Лекция 8

## **Расчеты на усталость**

Расчеты на прочность при действии переменных напряжений. При действии переменных напряжений для оценки усталостной прочности деталей машин необходимо учитывать их конструктивные формы, состояние поверхности и другие факторы.

Характеристикой напряженности для детали является цикл напряжений – совокупность последовательных значений напряжений за один период их изменения при стационарном нагружении (рис. 1.6). Показателями изменения напряжений являются:

а) коэффициент асимметрии цикла – отношение минимального напряжения к максимальному

$$R_{\sigma} = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \text{ и } R_{\tau} = \tau_{\min} / \tau_{\max};$$

б) частота цикла – отношение числа циклов напряжений к интервалу времени их действия

$$f = N / t;$$

в) период цикла – продолжительность одного цикла напряжений  $T$ ;

г) средние напряжения цикла

$$\sigma_m = 0,5(\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) = 0,5(1 + R_\sigma)\sigma_{\max};$$

$$\tau_m = 0,5(\tau_{\max} + \tau_{\min}) = 0,5(1 + R_\tau)\tau_{\max};$$

д) амплитуды напряжений цикла

$$\sigma_a = 0,5(\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) = 0,5(1 - R_\sigma)\sigma_{\max};$$

$$\tau_a = 0,5(\tau_{\max} - \tau_{\min}) = 0,5(1 - R_\tau)\tau_{\max}.$$

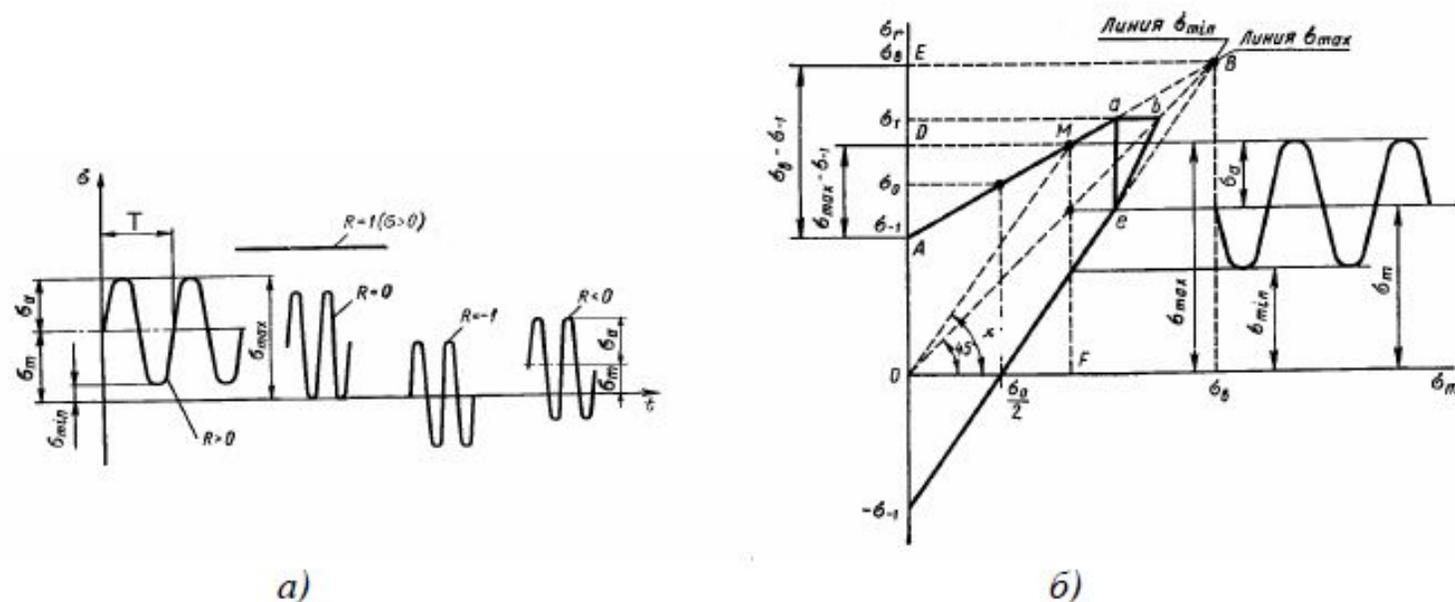
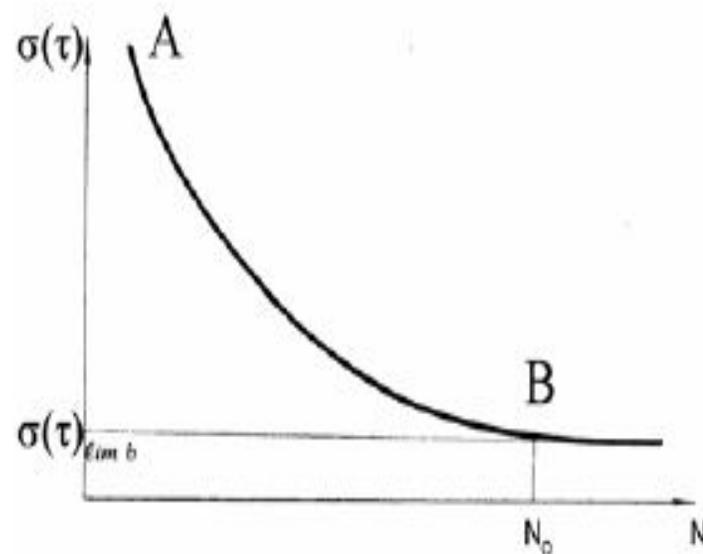


Рис. 1.6. Циклы изменения напряжений

На рис. 1.6,а приведены графики различных вариантов циклов нагружения. При действии постоянных напряжений, независимо от их знака  $R=1$ . При действии переменных напряжений имеют место: 1) асимметричный знакопостоянный цикл; 2) отнулевой цикл ( $R=0$ ); 3) асимметричный, знакопеременный цикл; 4) симметричный цикл ( $R=-1$ ).

Сопротивление усталости – свойство материала противостоять усталостному разрушению. При действии переменных напряжений сопротивление усталости детали определяется циклической долговечностью  $N$  числом циклов напряжений и деформаций до усталостного разрушения. Результаты испытаний на сопротивление усталости представляются в виде кривой усталости – зависимости между напряжениями цикла и циклической долговечностью  $N$  для стандартных образцов (определенного размера и с заданной шероховатостью поверхности), построенной при  $R=-1$ , либо при  $R=0$  с той или иной вероятностью отсутствия разрушения (рис. 1.7). Обычно кривая для сталей имеет горизонтальную асимптоту, начало которой соответствует базовому числу циклов  $N_G$ . Наибольшее напряжение цикла, которое с заданной вероятностью неразрушения может выдержать образец при практически неограниченном числе циклов (на практике определяемом при базовом числе циклов) является пределом выносливости  $\sigma(t)_{limb}$ . При коэффициенте асимметрии  $R= -1$  пределы выносливости гладких образцов при изгибе и кручении -  $\sigma_{-1}$  и  $\tau_{-1}$ , а при  $R=0$  -  $\sigma_0$  и  $\tau_0$ . Приводимые в справочной литературе значения пределов выносливости обычно соответствуют вероятности не разрушения, равной 0,5.



*Рис. 1.7. Кривая усталости (зависимость предельных напряжений от числа циклов)*

При отсутствии экспериментальных данных для определения пределов выносливости стали используются ориентировочные зависимости: при  $R=-1$  пределы выносливости при изгибе для чугунов и углеродистых сталей  $\sigma_{-1} \cong (0,55-0,0001\sigma_{\theta})\sigma_{\theta}$ ; для легированных сталей  $\sigma_{-1} \cong 0,35\sigma_{\theta} + 90$ ; для цветных металлов  $\sigma_{-1} \cong 0,36\sigma_{\theta}$ ; при кручении  $\tau_{-1} \cong 0,6\sigma_{-1}$ ; при симметричном растяжении-сжатии  $\sigma_{-1p(c)} \cong 0,75\sigma_{-1}$ ; при  $R = 0$  пределы выносливости при изгибе  $\sigma_0 \cong 1,6\sigma_{-1}$  и при кручении  $\tau_0 \cong 1,9\tau_{-1}$ .