

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

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

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

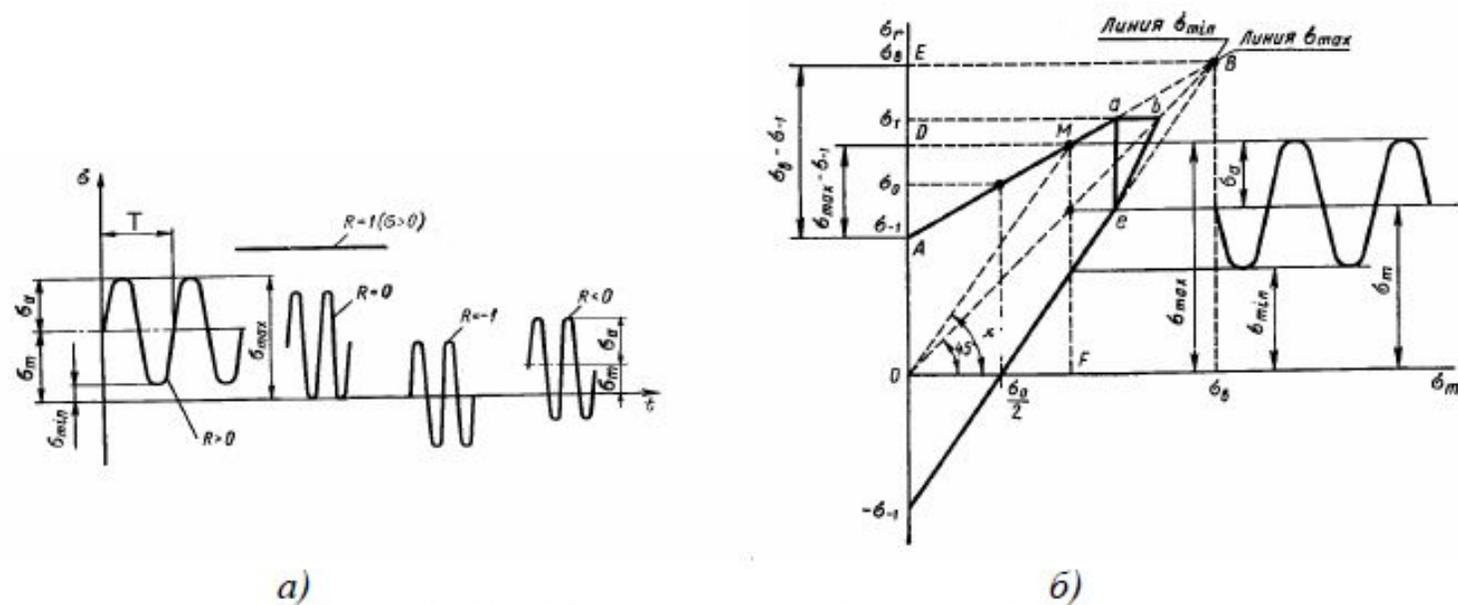


Рис. 1.6. Циклы изменения напряжений

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 - σ_{-1} и τ_{-1} , а при $R=0$ - σ_0 и τ_0 . Приводимые в справочной литературе значения пределов выносливости обычно соответствуют вероятности не разрушения, равной 0,5.

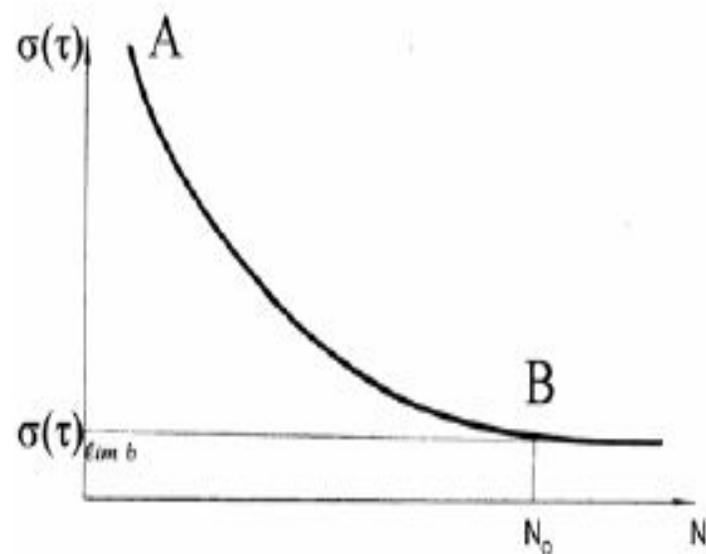


Рис. 1.7. Кривая усталости (зависимость предельных напряжений от числа циклов)

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 $\tau_0 \cong 1,9\tau_{-1}$.