



Для группы деталей машин, работающих в условиях циклических перегрузок и к которым предъявляются требования обеспечения определенного „ресурса времени“, может представлять интерес оценка эффекта концентрации напряжений по критерию долговечности, так как величина  $N$  весьма чувствительна к изменениям перенапряжений. Учитывая это, эффект концентрации напряжений по долговечности представим в виде:

$$K_{\Sigma} = \frac{N_r}{N_k} \quad (4)$$

Обозначив коэффициент  $K_{\Sigma}$  при стационарном и программном нагружениях, соответственно, через  $K_{\Sigma 0}$  и  $K_{\Sigma 01}$ , условие (3) примет вид

$$\gamma = \frac{K_{\Sigma 01}}{K_{\Sigma 0}} \psi \quad (5)$$

Рассмотрим изменение вероятностных значений  $\gamma$  в зависимости от уровня перенапряжений при разных режимах программного нагружения и напряженных состояниях.

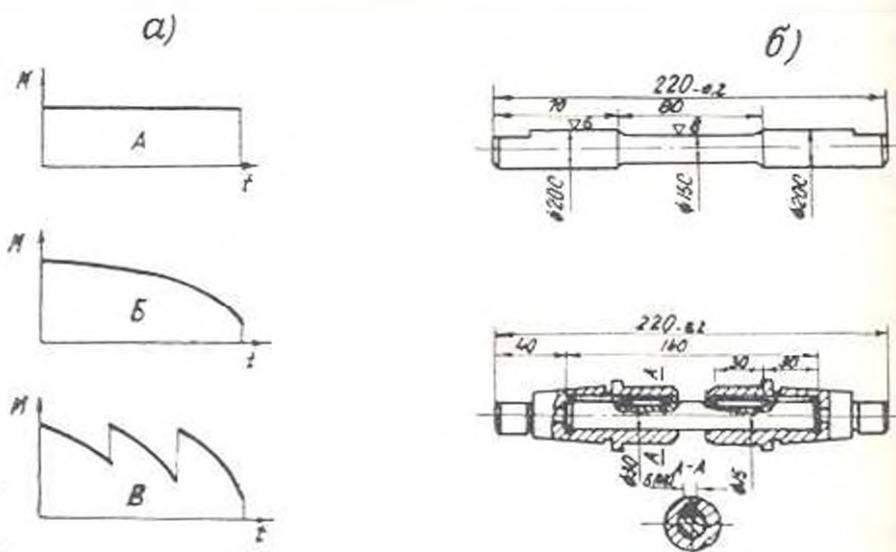


Рис. 1. Режимы нагружения и конструкции испытанных образцов

Испытывались образцы (рис. 1) — гладкие (б) и типа шпоночных соединений (в) — из стали 45 ( $\sigma_{\text{н}} = 67,5 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_1 = 49,5 \text{ кг/мм}^2$ ) при стационарном (А), переменном (Б) и переменнo-ступенчатом (В) режимах нагружения (рис. 1, а). Характер нагружения — циклический изгиб и совместное действие циклического изгиба и статического кручения. Выбранные режимы нестационарного нагружения описываются законом изменения действующего нормального напряжения внутри блока режима Б и внутри ступеней блока режима В зависимоcтью:

$$\Phi(x) = \left( \frac{1-x}{1-\gamma} \right)^z, \quad \text{где } z = 1/3. \quad (6)$$

Всего проведено 12 серий испытаний. В зависимости от конструктивных форм образцов внутри каждой серии испытано по 20–25 образцов. Отношение касательных и нормальных напряжений  $\tau/\sigma$  внутри каждой серии, а также отношение  $\tau = 3\sigma_{\text{кас}}/3\sigma_{\text{норм}}$  в блоке нагружения, оставались постоянными. База испытаний составляла  $5 \cdot 10^8$  циклов; опытные данные обрабатывались согласно [4]. Результаты циклических испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ серии	Конструктивный образец	γ	Режим нагружений	Характеристики выносливости					
				$\lg \bar{\sigma}$	$\lg \bar{N}$	$\bar{m}_{-10}$	$S_m$	$S_N$	$z = 1$ кгс/мм <sup>2</sup>
1	Рис. 1, б	0	А	1,50741	5,10639	10,41	1,867	0,2461	27,5
2		0,25		1,52303	5,19763	9,66	1,038	0,1978	26,5
3		0	Б	1,55655	5,07275	12,41	1,138	0,2164	31,0
4		0,25		1,55670	5,10361	9,25	0,574	0,1342	29,6
5		0	В	1,52608	5,41365	13,75	1,589	0,1911	30,5
6		0,25		1,52122	5,36936	9,21	0,861	0,1579	29,0
7	Рис. 1, а	0	А	1,37609	4,88697	5,26	0,459	0,1099	16,1
8		0,25		1,37609	5,02656	4,59	0,481	0,1153	15,3
9		0	Б	1,37609	5,13335	5,71	0,455	0,1092	17,8
10		0,25		1,37609	5,11834	5,93	0,398	0,0952	17,3
11		0	В	1,37013	5,06043	5,84	0,443	0,1219	17,2
12		0,25		1,37013	5,02281	5,58	0,473	0,1303	17,0

При заданном законе нагружения (6) можно записать, что

$$\psi = \frac{\int_0^1 x^{m_\kappa} \frac{(1-x)^{z-1}}{(1-\gamma)^z} dx}{\int_0^1 x^{m_\kappa} \frac{(1-x)^{z-1}}{(1-\gamma)^z} dx} \quad (7)$$

Для удобства вычислений  $\psi$ , принимая во внимание, что в данном случае подынтегральные выражения являются иррациональными функциями, они несколько преобразованы:

$$\psi = \frac{\gamma^{m_\kappa} + m_\kappa \int_0^1 x^{m_\kappa-1} \left( \frac{1-x}{1-\gamma} \right)^z dx}{\gamma^{m_\kappa} + m_\kappa \int_0^1 x^{m_\kappa-1} \left( \frac{1-x}{1-\gamma} \right)^z dx} \quad (8)$$

Числовые значения коэффициента  $\gamma$  получены на ЭВМ „Минск—2“ при программировании на алгоритмическом языке АКИ.

Результаты расчетов для режимов нагрузений  $B$  и  $B$  представлены на рис. 2. В связи с особенностями изменения характеристик программной и исходной кривых выносливости, обуславливающих взаимное расположение и размеры областей разброса циклической долговечности  $N$ , с увеличением  $I(N)$  вероятностные значения величины  $\gamma$  убывают. Диапазоны рассеяния величины  $\gamma$  при испытаниях гладких об-

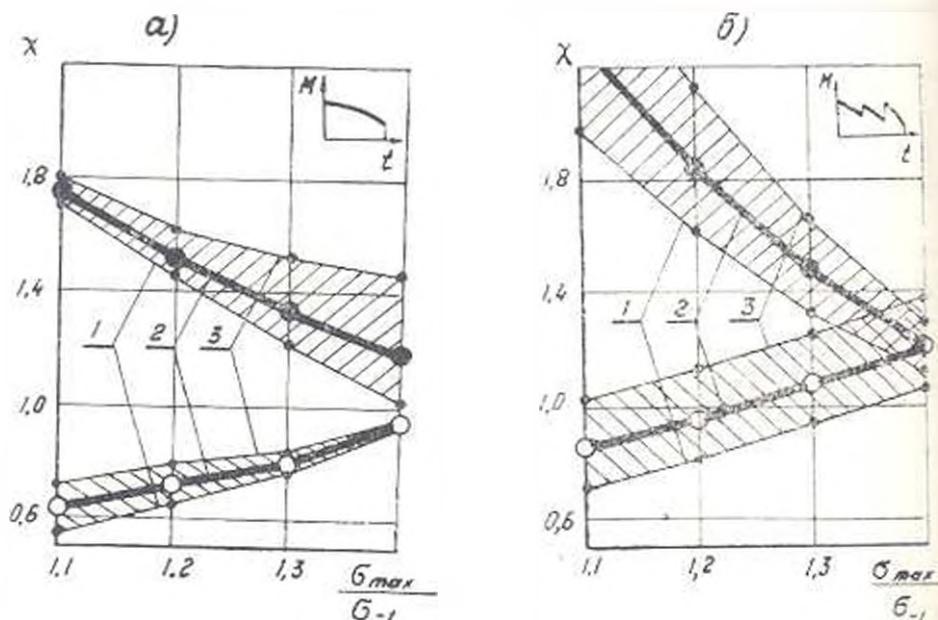


Рис. 2. Изменение коэффициента  $\gamma$  в зависимости от уровня перенапряжения:  $\bullet$ —при режиме нагружения  $B$ ;  $\circ$ —при режиме нагружения  $B$ . Значения  $\gamma$ :  $\bullet$ —при циклическом изгибе;  $\circ$ —при совместном циклическом изгибе и статическом кручении

разцов, по сравнению с таковыми для надрезанных образцов, значительны [3], поэтому вероятностные значения коэффициента  $\gamma$  с увеличением  $I(N)$  также убывают (на рис. 2 кривые 1, 2 и 3 соответствуют  $I(N) = 90, 50$  и  $10\%$ ). Как видно из рис. 2, для режимов нагрузений  $B$  и  $B$  наблюдается общая тенденция: во всем интервале перенапряжений для случая циклического изгиба средневариантные значения коэффициента  $\gamma$  больше единицы. Наложение статического кручения приводит к тому, что изменение коэффициента  $\gamma$  происходит в пределах  $0,6 \leq \gamma \leq 1,2$ . С переходом к высоким уровням перенапряжений сопоставляемые области рассеяния коэффициента  $\gamma$  сближаются и при  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_0} = 1,4$   $\gamma = 0,96 \dots 1,10$  (для  $I(N) = 50\%$ ). Это свидетельствует о снижении эффекта концентрации напряжений в области высоких

перенапряжений и при нестационарных режимах нагружения. При этом интенсивность изменения значений  $\gamma$  от наложения статического кручения значительно падает. Это связано с благоприятным действием статических касательных напряжений, благодаря чему во всем интервале перенапряжений, как для гладких, так и для надрезанных образцов значения сумм относительных долговечностей  $\alpha$  сравнительно стабильны и близки к единице (при циклическом изгибе значения  $\alpha$  для гладких образцов в большей степени зависят от  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{-1}}$ ) [3]. Влияние ступенчатости нагружения и режиме  $B$  проявляется в том, что в этом случае, и особенно при циклическом изгибе, величины и интенсивность коэффициента  $\gamma$  достаточно высоки.

Рассеяние коэффициентов  $\gamma$ , удовлетворяющих  $\gamma(N) = 10^{0,5}$  и  $90^{0,5}$ , относительно своих среднелогарифмических значений в интервале  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{-1}} = 1,1 \div 1,4$  составляет:

- а) режим нагружения  $B$  — изгиб:  $\delta = (3 \div 21)^{0,5}$ ;  
 изгиб с кручением:  $\delta = (15 \div 2)^{0,5}$ ;  
 б) режим нагружения  $B$  — изгиб:  $\delta = (20 \div 81)^{0,5}$ ;  
 изгиб с кручением:  $\delta = (20 \div 15)^{0,5}$ .

Как видно, относительные расхождения вероятностных значений  $\gamma$  для режима  $B$  также высоки. За исключением одного случая (режим  $B$ , изгиб) высокие значения  $\delta$  относятся к уровню перенапряжений:

$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{-1}} = 1,1$ , что должно быть учтено в уточненных расчетах деталей машин.

Ереванский политехнический институт  
 им. К. Маркса

Поступило 30 IX.1970.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Серенсен С. В., Козлов А. А. К расчету на прочность при нестационарной переменной напряженности. „Вестник машиностроения“, № 1, 1962.
2. Серенсен С. В., Козлов В. П., Шнейдерман Р. М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. М., Машгиз, 1963.
3. Мак С. А., Гаспарян С. А., Стишкин М. Г. Исследование циклической прочности шпоночных соединений. Сб. „Материалы юбилейной научно-технической конференции, посвященной пятидесятилетию ОПИ“. „Машиностроение и экономика“, Одесса, 1968.
4. Шакин М. Я. Об оценке рассеивания значений циклической прочности. „Вестник машиностроения“, № 2, 1965.