

Н. Д. СТЕПАНЕНКО

О ВЛИЯНИИ АРМИРОВАНИЯ НА ВИБРАЦИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

На прочность и надежность стеклопластиковых конструкций существенное влияние оказывает направление армирующих элементов стеклопластиков относительно действующих усилий. Поэтому применение стеклопластиков требует согласования поля сопротивления материала с полем напряжений в деталях.

С целью обеспечения высокой статической прочности и сопротивления усталости ориентация армирующих элементов производится, как правило, по направлению главных напряжений. При этом учитывается анизотропия таких свойств стеклопластиков, как предел прочности и предел усталости; демпфирующая способность материала во внимание не принимается.

Выявление оптимальной структуры стеклопластиков в конструкциях, подверженных резонансным колебаниям, должно производиться с учетом того, что рассеяние энергии в материале зависит от поля напряжений в конструкции.

Если предположить, что основным видом демпфирования при колебаниях является демпфирование в материале (например, резонансные колебания лопаток по сложным высокочастотным формам и колебания по низким формам бандажированных лопаток); то прочность при резонансных колебаниях может быть приближенно оценена параметром k , равным

$$k = \sigma \delta. \quad (1)$$

где σ — предел усталости на выбранной базе,

δ — логарифмический декремент, характеризующий рассеяние энергии в материале.

Предел усталости стеклопластиков в зависимости от ориента-

ции армирующих элементов относительно действующих усилий описывается следующим тензорным соотношением [1], [2]:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_0}{\cos^4 \alpha + \bar{b} \sin^2 2\alpha + \bar{c} \sin^4 \alpha}, \quad (2)$$

где $\bar{c} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{90}}$; $\bar{b} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{45}} - \frac{\bar{c} + 1}{4}$;

σ_0 и σ_{90} — пределы усталости по главным направлениям, совпадающим с направлениями действующих усилий;

σ_{45} — предел усталости диагональных образцов;

$$\left[\frac{\text{дан}}{\text{м м}^2} \right].$$

Демпфирующая способность стеклопластиков также является анизотропной и может быть приближенно описана выражением:

$$\delta_{\alpha} = \delta_0 (\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha) (1 + \eta_{\alpha}^2), \quad (3)$$

где $c = \frac{\delta_{90}}{\delta_0}$; $b = \frac{\delta_{45}}{\delta_0} - \frac{c + 1}{4}$;

$$\delta_{45}^1 = \frac{\delta_{45}}{1 + \eta_{45}^2}$$

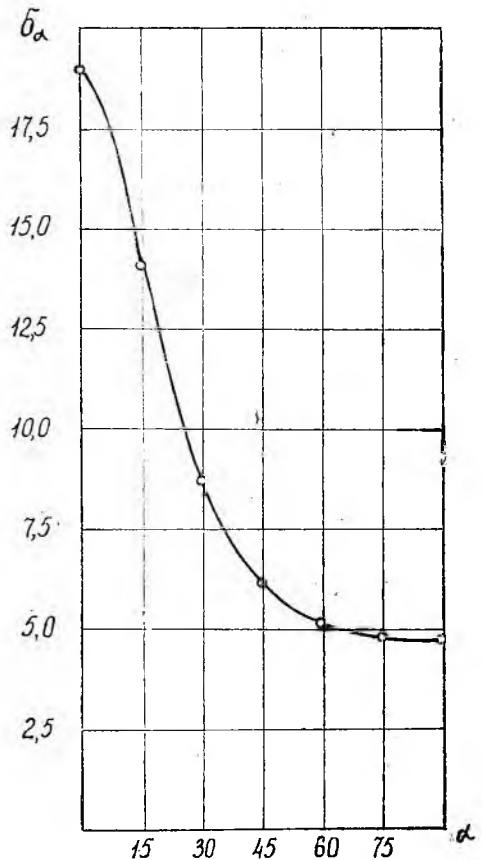
δ_0 и δ_{90} — декременты колебаний, характеризующие демпфирующую способность в материале по главным направлениям;

δ_{45} — декремент колебаний диагональных образцов;

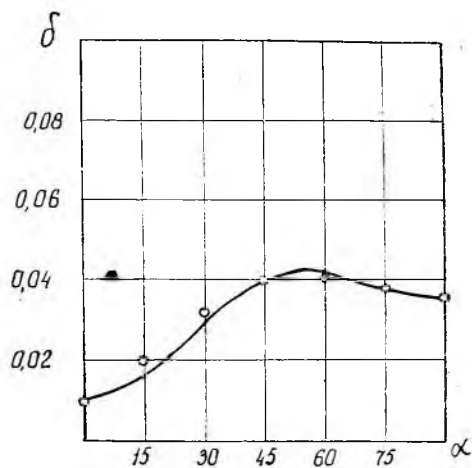
η_{α} — коэффициент взаимного влияния, характеризующий сдвиги от нормальных напряжений.

На фиг. 1 и 2 представлены результаты экспериментального исследования анизотропии предела усталости (фиг. 1) и демпфирующей способности (фиг. 2) однонаправленного стеклопластика на основе модифицированной эпоксидной смолы. Эксперименты выполнены на образцах, свободно подвешиваемых на струнах в узловых линиях, при колебаниях по первой изгибной форме.* Частота испытаний $f = 1000$ гц, база усталостных испытаний 10^7 циклов.

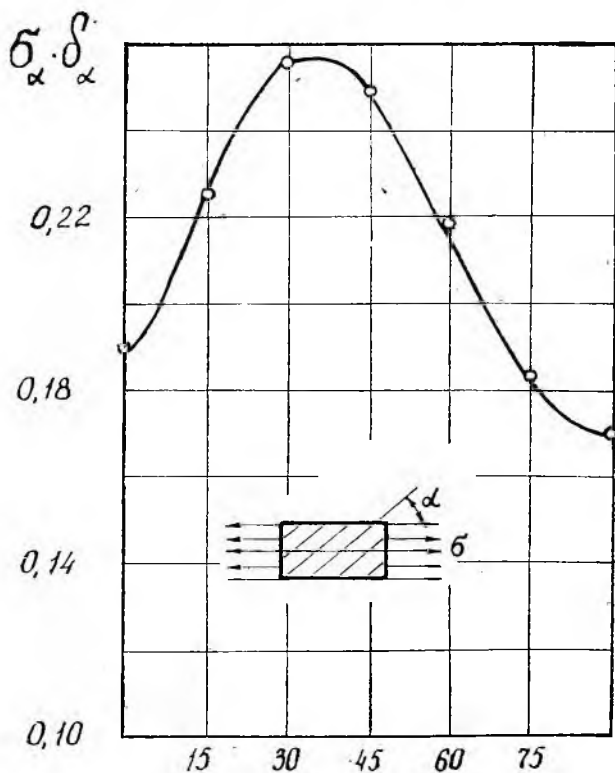
* В. П. Иванов, Н. Д. Степаненко, Р. В. Чураев. «Некоторые вопросы вибрационных испытаний стеклопластиковых лопаток компрессоров». См. настоящий сборник, стр. 113.



Фиг. 1. Изменение предела усталости в зависимости от ориентации волокон материала относительно усилий.



Фиг. 2. Изменение декремента колебаний в зависимости от ориентации волокон материалов относительно усилий.



Фиг. 3. Изменение вибропрочности стеклопластика в зависимости от армирования.

Анализ экспериментальных данных показывает, что они хорошо описываются соотношениями (2) и (3).

С учетом соотношений (2) и (3) параметр k можно представить в следующем виде:

$$\sigma_{\alpha} \delta_{\alpha} = \delta_0 \sigma_0 \frac{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha} (1 + \eta_{\alpha}^2). \quad (4)$$

Таким образом, оптимальная ориентация армирующих элементов обеспечивается под углом α по отношению к направлению действующих при колебаниях усилий. Значение угла α , соответствующее этому случаю, может быть получено графическим решением соотношения (4).

На фиг. 3 показан характер изменения параметра k в зависимости от ориентации армирующих элементов, относительно действующих при колебаниях усилий, из которого следует, что для исследованного стеклопластика значение угла α , соответствующее оптимальному армированию материала, приближенно составляет 30° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. К. Ашкенази. Зав. лаб. № 1, 1960 г.
 2. Е. К. Ашкенази. Анизотропия механических свойств некоторых стеклопластиков. ЛДНТП, 1961.
-