

Рис. 3

мента следует, что степень асимметрии цикла существенно влияет на рассеяние энергии колебаний в армированных пластиках. При этом, чем больше величина постоянных напряжений  $\sigma_0$ , тем меньше величина  $\delta$  для выбранного амплитудного значения переменных напряжений  $\sigma_a$ .

Результаты исследований по оценке рассеивания энергии колебаний в пластике СТЭК-45 в условиях несимметричного цикла нагружения следует считать качественными, т. к. результаты получены при наличии определенного (хотя и небольшого) трения в опорах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Писаренко Г. С. Рассеяние энергии при механических колебаниях. АН УССР, 1962.
2. Сорокин Е. С. Динамический расчет несущих конструкций зданий. Гостройиздат, 1956.

А. В. Карпов, В. Ф. Власенко

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ЭНЕРГИИ В КОНСТРУКЦИОННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКАХ

Для правильного выбора материалов демпфирующих пластиковых покрытий необходимо изучение рассеяния энергии колебаний в этих материалах в зависимости от ряда эксплуатационных факторов.

№ п/п	Наименование или тип связующего и наполнителя	$E$ дан/см <sup>2</sup>	$\sigma_B$ дан/см <sup>2</sup>	$\rho$ кг/см <sup>3</sup>
I	СТЭК-45 (эпоксикремнеорганическое связующее + стеклоткань Т)	$2 \cdot 10^5$	2300	$1,85 \cdot 10^{-3}$
II	Стеклопластик на основе эпоксидного связующего + стеклоткань Т	$1,5 \cdot 10^5$	2300	$1,85 \cdot 10^{-3}$
III	Стеклопластик на основе полиэфирного связующего + стеклоткань Т	$1,5 \cdot 10^5$	2000	$1,7 \cdot 10^{-3}$
IV	Пластик на основе фенольноформальдегидного связующего + нетканый материал развес 400	$1,2 \cdot 10^5$	1400	$1,6 \cdot 10^{-3}$
V	Эпоксидная смола ЭД-6	$0,4 \cdot 10^5$	300	$1,2 \cdot 10^{-3}$
VI	Стеклопластик на основе эпоксидного связующего + стекломатериал	$1,2 \cdot 10^5$	1500	$1,6 \cdot 10^{-3}$
VII	Фторопласт 4	$0,04 \cdot 10^5$	40	$2,1 \cdot 10^{-3}$
VIII	Пластик на основе фенольноформальдегидного связующего + нетканый материал развес 200	$1,2 \cdot 10^5$	1400	$1,6 \cdot 10^{-3}$
IX	Объемная ткань (ЭДТ-10 + объемная стеклоткань)	$1,8 \cdot 10^5$	3500	$1,85 \cdot 10^{-3}$
X	ТС- <sup>3</sup> / <sub>3</sub> -250 (ЭДТ-10 + стеклоткань)	$3 \cdot 10^5$	5000	$1,7 \cdot 10^{-3}$
XI	Углепластик (ЭДТ-10 + угольное волокно)	$8 \cdot 10^5$	8000	$1,4 \cdot 10^{-3}$

На установке [1] были получены зависимости логарифмического декремента колебаний  $\delta$  от величины  $\sigma$ , частоты колебаний образца  $\omega$ , температуры испытаний  $t$  для ряда пластинок.

Эксперименты проводились на образцах, подвешенных на струнах и совершающих затухающие поперечные колебания. Образцы для исследования размерами  $(220 \times 50 \times 10)$  мм и  $(220 \times 50 \times 5)$  мм изготавливались из различных материалов. Среди них были пластики горячего и холодного отверждения, армированные стеклотканью, стекломатом, нетканым материалом органического происхождения, стеклотканью объемного плетения, образцы из эпоксидной смолы, фторопласта и углепласти-

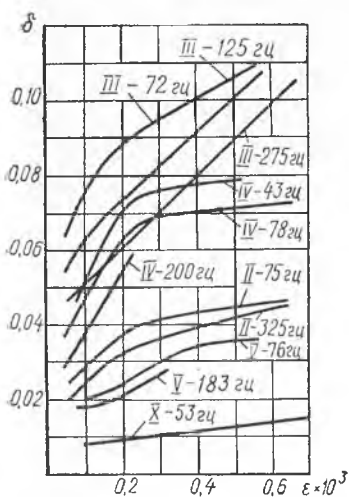


Рис. 1

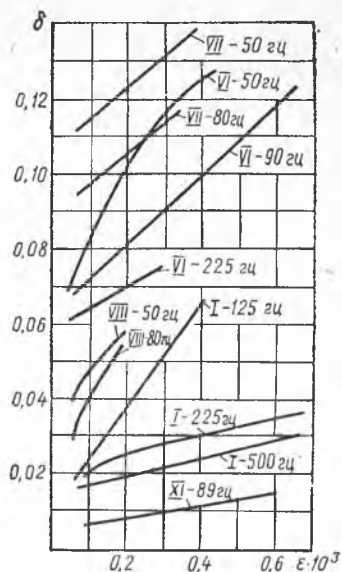


Рис. 2

ка. Основные физико-механические свойства этих материалов приведены в таблице.

Эксперименты проводились по методике, описанной в упомянутой выше статье авторов, а обработка осциллограмм затухающих колебаний осуществлялась согласно методу, изложенному в [3].

Экспериментальные зависимости  $\delta=f(\epsilon, \omega)$ , полученные при нормальных условиях, приведены на рис. 1 и 2.

Большой интерес для более точного определения декремента колебаний представляет оценка влияния аэродинамического демпфирования. С этой целью были произведены эксперименты по определению логарифмического декремента колебаний  $\delta$  в условиях вакуума ( $P=0,1$  атм) и в нормальных условиях для стеклопластика СТЭК-45 на образцах толщиной 5 мм (рис. 3). Кроме этого для углепластика, стеклопластика на основе объемной ткани и ЭДТ-10, стеклопластика СТЭК-45 (материалы XI, IX и I в таблице) были получены зависимости  $\delta=f(\epsilon)$  при повышенных температурах (до  $150^\circ\text{C}$ ). Эксперименты также проводились на образцах толщиной 5 мм (рис. 4).

## ВЫВОДЫ

I. Среди пластиков холодного отверждения наибольшими демпфирующими свойствами обладает стеклопластик на основе полиэфирного связующего III (таблица) и стеклопластик на

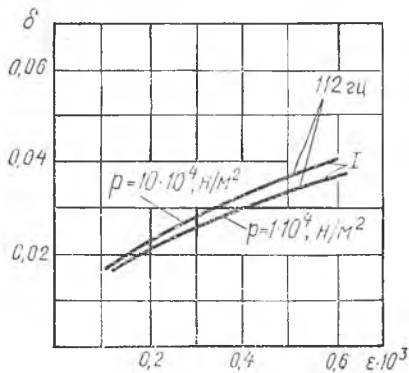


Рис. 3

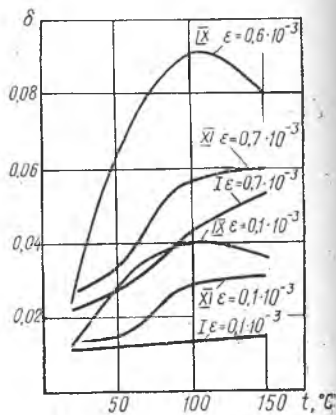


Рис. 4

основе эпоксидного связующего с наполнителем из стекломата VI. Далее идет стеклопластик на основе эпоксидного связующего. На таком же уровне находятся демпфирующие свойства материалов, армированных нетканым материалом органического происхождения IV и VIII. По сравнению с пластиками холодного отверждения стеклопластик горячего отверждения I несколько отстает по величине декремента колебаний, однако величины декрементов имеют значения  $0,03 \div 0,04$ , которые более чем на порядок превышают величины декрементов для большинства конструкционных сталей в рассматриваемом диапазоне деформаций.

Наибольшими значениями декрементов обладает фторопласт-4.

Декремент колебаний пластика с наполнителем из угольного волокна XI показал невысокие значения декремента колебаний. Этот результат можно объяснить однонаправленной структурой материала, где существенную роль играет высоко модульный наполнитель.

2. Анализ результатов эксперимента позволяет сделать вывод о снижении демпфирующих свойств у большинства рассматриваемых материалов по мере увеличения частоты колебаний образцов, что объясняется степенью развития механизма высокоэластической деформации.

3. Для всех материалов декремент зависит от величины амплитуды деформации.

4. Из приведенных зависимостей  $\delta = f(\epsilon, \omega)$  видно, что аэродинамическое демпфирование увеличивает логарифмический декремент колебаний.

Аэродинамическое демпфирование возрастает с увеличением амплитуд колебаний. Так, например, для относительной де-

формации  $\epsilon = (2 \div 3) \cdot 10^{-4}$  оно составляет  $(4 \div 5) \%$  и при  $\epsilon = (6,5 \div 7) \cdot 10^{-4}$  равняется  $(10 \div 14) \%$ .

5. При повышенной температуре логарифмический декремент колебаний пластиков существенно увеличивается (рис. 4). Это связано с качественным изменением полимеров.

Так в материале I при нагревании происходит дополнительное сшивание полимера с образованием жесткой сетчатой структуры. Для других материалов (IX, XI) на первой стадии нагрева (до  $90-100^\circ$ ) происходит дополнительное сшивание полимеров, а затем развиваются процессы, связанные с потерей прочности у связующего.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов А. В. Экспериментальное исследование рассеяния энергии колебаний в стеклопластике СТЭК-45 при несимметричном цикле нагружения. Настоящий сборник.

2. Тарнопольский Ю. М. Методы статических испытаний армированных пластиков. Рига, 1972.

3. Писаренко Г. С. Рассеяние энергии при механических колебаниях. АН УССР, 1962.

4. Хильчевский В. В. Об одной методике экспериментального исследования рассеяния энергии в материале. В кн. Труды научно-технического совещания по изучению рассеяния энергии при колебаниях упругих тел АН УССР. Киев, 1958.

5. Чернышов В. М. Внутреннее рассеяние энергии в пластмассах при вибрациях. Труды НАМИ, вып. 49, 1962.

М. Н. Лившиц, Г. В. Князев

## ДИАГНОСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ВИБРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Обеспечение надежности является одной из важнейших проблем при производстве изделий. Надежность партии изделий (до их эксплуатации) часто устанавливается по результатам ресурсных испытаний одного или нескольких изделий из партии. Основанием для такого способа оценки является предположение об идентичности показателей надежности изделий всей партии. При этом исходят из стабильности производства изделий, которая должна обеспечиваться при неизменных конструкторской и технологической документации и производственном оборудовании.

Стабильность производства определяется не только неизменностью документации и оборудования, но и многими случайными факторами, например, различиями (в пределах допусков) в геометрии деталей, свойствах материалов, зазорах и посадках собираемых узлов и т. п.

Уменьшение влияния случайных факторов, например, за счет «ужесточения» допусков, усложняет производство, а