

УДК 539.385

Э.И.Миноранский

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ
ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА АМГ-6М

В работе приведены результаты испытаний образцов, работающих на изгиб или на растяжение-сжатие при случайных, программных и гармонических нагрузках.

Как показывает спектральный анализ нагрузок, действующих на конструкцию при транспортировке, взлете и посадке, наибольшая их интенсивность приходится на диапазон частот от 0 до 20 герц. Этим и объясняется выбор диапазона частот в наших исследованиях.

Исследования проводились на плоских образцах с концентратором в виде отверстия из сплава АМГ-6М со следующими механическими характеристиками: $\sigma_B = 36 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_T = 19 \text{ кг/мм}^2$, $\delta = 23\%$. Образцы для испытания приведены на рис. 1а (изгиб) и 1б (растяжение-сжатие).

Описание экспериментальной установки для испытаний на изгиб при случайных, программных и гармонических нагрузках приведено в работе [1]. При растяжении-сжатии вертикальные перемещения электродинамического вибратора (ЭДВ) через разноплечий рычаг преобразуются в горизонтальные и передаются на образец. Благодаря большому соотношению плеч (6 мм и 125 мм),

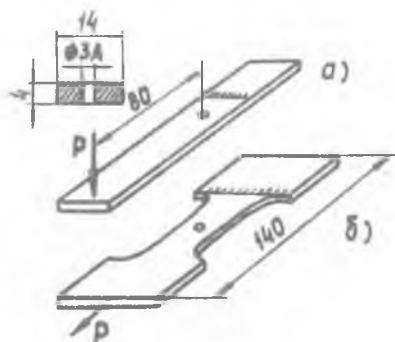


Рис. 1

имеется возможность существенно увеличить силу ЭДВ и одновременно испытывать несколько образцов.

Усталостные испытания образцов при случайном нагружении производились для двух форм спектральной плотности, показанных на рис. 2 (а - изгиб, б - растяжение-сжатие).

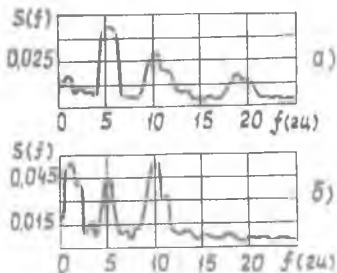


Рис. 2

наблюдение за поверхностью образца с помощью микроскопа "Мир-2". При этом фиксировалось время (или число циклов), при котором видимая трещина достигала длины 0,05 мм. Статистическая обработка результатов испытаний производилась по методике, изложенной в работе [2].

При каждом виде нагружения было выбрано 4 + 10 уровней дисперсии случайной нагрузки. На уровне испытывалось 6 образцов при изгибе и не менее 10 образцов при растяжении-сжатии. Всего при растяжении-сжатии было испытано 150 образцов. Результаты испытаний случайной нагрузкой при изгибе представлены на рис. 3, а при растяжении-сжатии на рис. 4. На всех рисунках кривая 1 соответствует появлению трещины, кривая 2 - разрушению образца. Максимальное значение напряжения при случайном нагружении принималось равным трем среднеквадратичным отклонениям. За количество условных циклов N принято число положительных максимумов кривой нагружения. Количество условных циклов в секунду при изгибе и растяжении-сжатии равнялось соответственно 13 и 5,65.

Усталостные испытания образцов программной нагрузкой проводились при симметричной программе, составленной по методу всех положительных максимумов. Распределение амплитуд по ступеням и длительности каждой ступени приведены в таблице I.

Максимальная амплитуда в блоке принималась равной трем среднеквадратичным отклонениям случайной нагрузки. Частота приложения

Оценка закона распределения прикладываемой нагрузки по критериям Колмогорова и Пирсона показала, что с большой вероятностью его можно принять нормальным.

В наших испытаниях дисперсия перемещений стола ЭДВ автоматически поддерживалась постоянной. Для обнаружения и исследования усталостных трещин применялся метод проникающих красок и велось на-

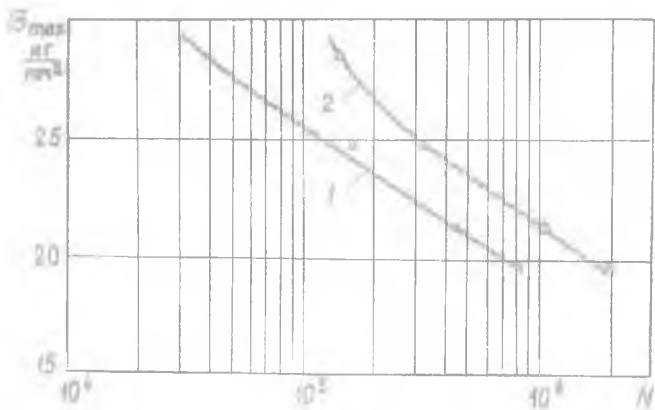


Рис. 3

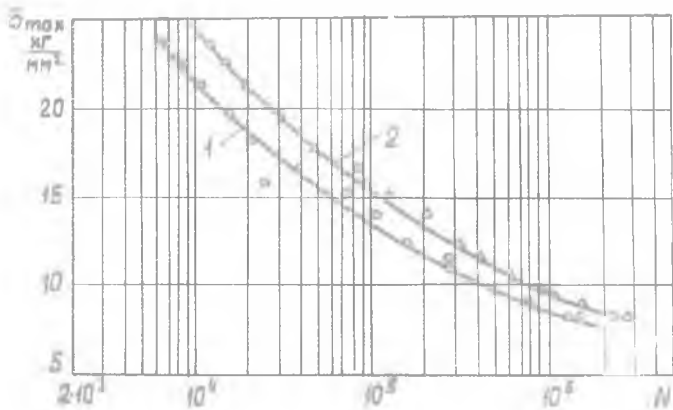


Рис. 4

Таблица I

| № ступени | | I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------|----------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|
| изгиб | σ_i/σ_8 | 0,14 | 0,25 | 0,39 | 0,5 | 0,64 | 0,75 | 0,99 | 1,0 |
| | Длительность ступени в сек | 16 | 34 | 24 | 14 | 8 | 4 | 2 | 2 |
| растяжение-сжатие | σ_i/σ_8 | 0,12 | 0,24 | 0,37 | 0,5 | 0,62 | 0,75 | 0,87 | 1,0 |
| | Длительность ступени в сек | 16 | 20 | 20 | 18 | 12 | 10 | 6 | 2 |

программной нагрузки равнялась 10 гц (средняя частота спектра случайной нагрузки). Было выбрано четыре уровня максимальной амплитуды блока программы при изгибе и девять - при растяжении-сжатии. На каждом уровне испытывалось 6 образцов при изгибе и не менее 12 образцов при растяжении-сжатии. Всего же при программном нагружении растяжением-сжатием было испытано 150 образцов. Результаты испытаний образцов при программном нагружении иллюстрирует

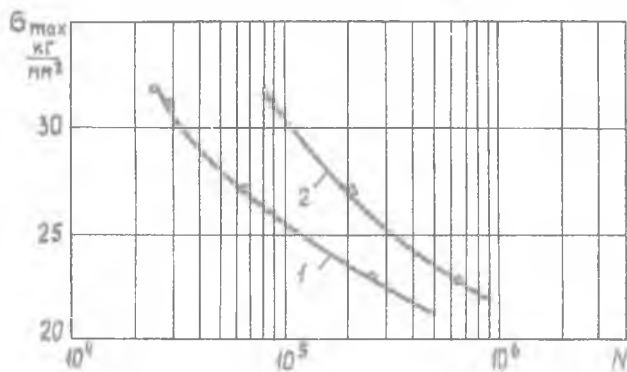


Рис. 5

рис. 5 (изгиб) и рис. 6 (растяжение-сжатие).

Испытания образцов при гармоническом нагружении с частотой 10 гц изгибом проводилось на пяти уровнях напряжений (на каждом уровне 6 образцов), растяжением-сжатием на 17 уровнях (на каждом уровне не менее 12 образцов). Всего же при растяжении-сжатии гармонической нагрузкой было испытано 330 образцов. Результаты эк-

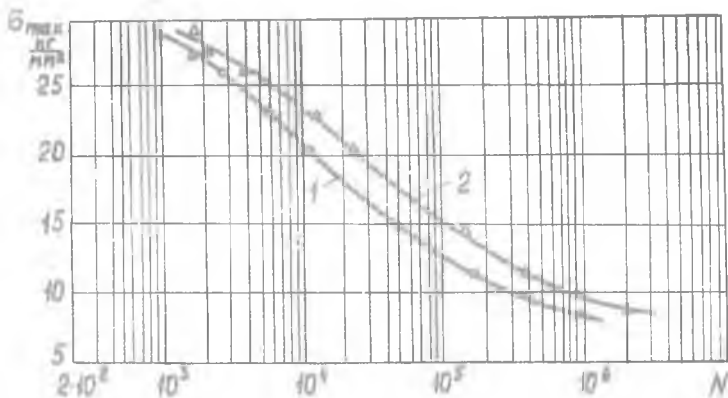


Рис. 6

сперимента при гармоническом нагружении изгибом представлены на рис. 7, а при растяжении-сжатии - на рис. 8.

Все кривые усталости (рис. 3 + 8) построены для вероятности $P = 50\%$.

Сравнение результатов испытаний при случайном и программном нагружении изгибом и растяжением-сжатием показывает, что программная нагрузка, составленная по методу положительных максимумов, хорошо воспроизводит случайную нагрузку с точки зрения долговечности как по разрушению, так и по появлению макротрещины.

Гармоническое нагружение является более жестким, чем случайное, так как при равных значениях σ_{max} появление трещины и разрушение наблюдается раньше.

При случайных и программных нагрузках видимая усталостная трещина появляется на более ранней стадии, чем при гармоническом, и развивается достаточно монотонно.

Рассеяние долговечности при случайных, программных и гармонических нагрузках имеет близкие порядки.

На всех усталостных кривых по оси ординат отложены номинальные напряжения в поперечных сечениях образцов, проходящих через концентраторы. Можно перестроить кривые, приняв согласно работам [3, 4] коэффициент концентрации напряжений равным 1,85 для изгиба образцов и 2,5 для растяжения-сжатия и отложив по оси ординат истинные напряжения. Проведенный анализ показывает, что в этом случае при гармонических нагрузках усталостные кривые для изгиба и

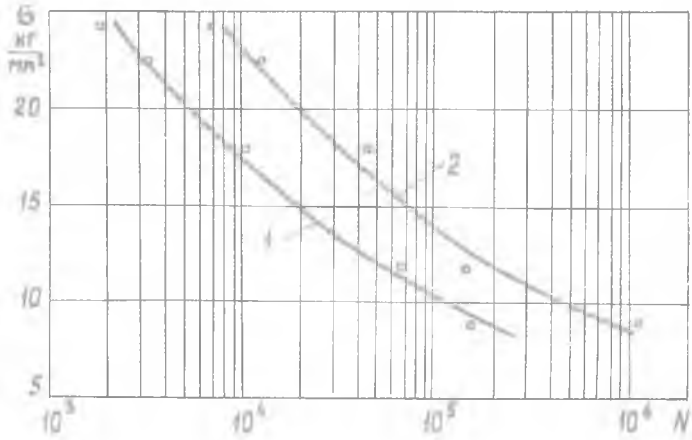


Рис. 7

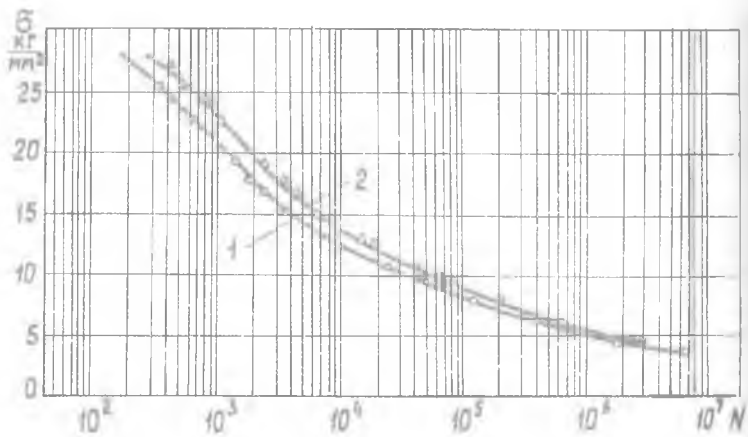


Рис. 8

растяжения-сжатия совпадают. Для случайных и программных нагрузок сопоставление не проводится из-за различного характера спектра при изгибе и растяжении-сжатии.

Л и т е р а т у р а

1. Хазанов Х.С., Лавров Б.А., Иванченко В.И., Петровичев М.А. Исследование влияния формы спектральной плотности стационарной случайной нагрузки на усталостную прочность образцов из сплава Д16АТ и ЗОХГСА. "Вопросы прочности элементов авиационных конструкций". Труды КуАИ, вып. 29, 1967.

2. Степнов М.Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний. М., "Машиностроение", 1972.

3. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. Киев. "Наукова думка", 1968.

4. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность. М., "Машиностроение", 1975.