

УДК 629.7.018

Х.С.Хазанов, А.А.Чураков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЛОСКОЙ ПАНЕЛИ
С НЕСКОЛЬКИМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ ПРИ СЛУЧАЙНОМ НАГРУЖЕНИИ

Плоская панель представляет собой пластину, в двух поперечных сечениях которой имеются концентраторы. Концентраторами являются отверстия диаметром $\phi 3A$ (рис. I). Пластины выполнены из широко распространенного в авиастроении материала Д16АТ и нарезаны из одного листа. При этом линии прокатки листа были параллельны наибольшей стороне пластины. Всего было изготовлено 60 таких пластин. Специальной механической обработке поверхность листа не подвергалась.

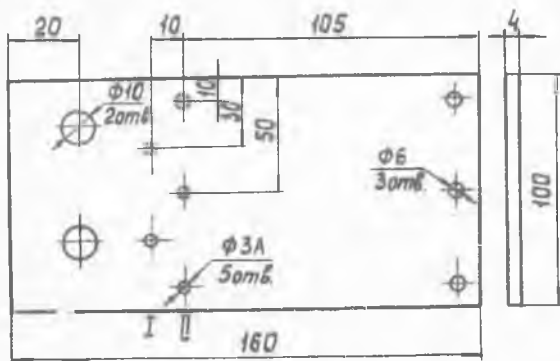


Рис. I

Пластина испытывалась при плоском изгибе. Для этого один конец ее жестко заделывался с помощью специального приспособления, а к другому прикладывалась вертикальная переменная нагрузка. Нагрузка прикладывалась через устройство, обеспечивающее кан

нормальную заделку свободного конца пластины, так и постоянство изгибающих моментов по ее ширине в любом сечении.

Для определения долговечности пластины при случайном нагружении использовались эквивалентные гармонические нагрузки, методика нахождения которых описана в работе [1]. Для этого часть пластин была подвергнута случайному нагружению в течение 15 минут. После этого испытания прекращались. Из пластин, получивших выработку, нарезались плоские образцы (рис. 2), которые подвергались в дальнейшем гармоническому нагружению с постоянным для

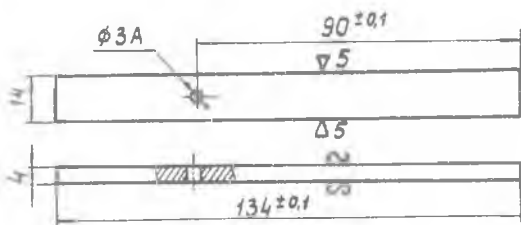


Рис. 2

всех образцов уровнем максимального напряжения σ_0 , равным 20 кг/мм². Испытания проводились до момента образования трещины усталости длиной 0,05 ÷ 0,1 мм. Для определения момента образования трещины использовался метод проникающих красок. Развитие трещины контролировалось с помощью микроскопа типа "Мир" в комплекте с винтовым окулярным микрометром типа МОВ-1-15^х. Результаты испытания плоских образцов, получивших предварительную выработку при случайном нагружении, представлены в таблице 1.

Таблица 1

\bar{S}_{max} (кг/мм ²)	21,9	25	26,3
$T_{осм}$ (сек)	$1,8 \cdot 10^3$	$1,68 \cdot 10^3$	$1,56 \cdot 10^3$
n	9	9	6

Здесь S_{max} - среднеквадратичные значения максимальных напряжений в сечении с концентраторами на первой ступени нагружения; $T_{ост}$ - остаточная долговечность образцов, полученная при испытании гармонической нагрузкой; n - количество испытанных образцов.

Из пластин, которые не подвергались предварительному нагружению случайной нагрузкой, были также нарезаны плоские образцы. Все образцы были разделены на две группы, одна из которых испытывалась при двухступенчатой гармонической нагрузке. При этом уровень первой ступени нагружения изменялся, в то время как вторая ступень нагружения выдерживалась постоянной для всех партий. Было принято 5 значений уровня первой ступени нагружения, на каждом уровне испытывалось не менее 6 образцов. Длительность нагружения на первой ступени была постоянна для всех партий и составляла 15 минут напряжение, соответствующее второй ступени нагружения, составляло, как и ранее, $\sigma_0 = 20 \text{ кг/мм}^2$. По результатам таких испытаний строилась кривая остаточной долговечности, представленная на рисунке 3.

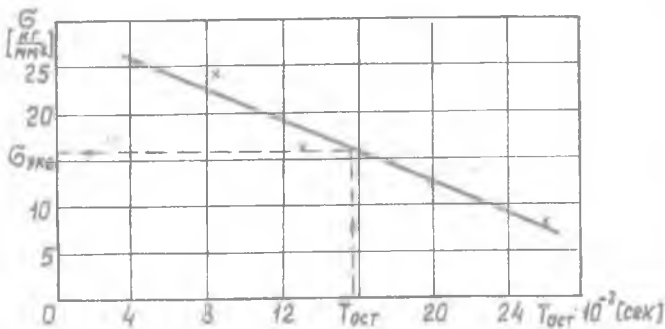


Рис. 3

Другая группа образцов без наработки в количестве 24 штук была испытана при одноступенчатом гармоническом нагружении для 4 различных значений уровня максимального напряжения. По результатам этих испытаний была построена кривая усталости образцов с концентратором по моменту появления трещины (рис. 4).

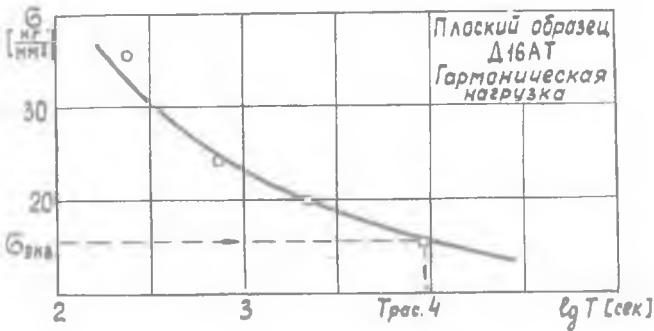


Рис. 4

По значениям остаточной долговечности, приведенным в таблице I, с использованием графика на рис. 3 определялись режимы гармонических нагрузок $\sigma_{экв}$, эквивалентных случайному нагружению. Полученные значения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ и кривая усталости образцов при гармоническом нагружении позволяют, как показано на рис. 4, определить расчетные значения долговечности пластины $T_{рас}$ при случайном нагружении.

Для оценки точности найденной таким образом долговечности были проведены испытания пластин на трех уровнях дисперсии случайной нагрузки до появления усталостной трещины. На каждом уровне испытывалось по 4 пластины (от 8 до 12 концентраторов). В связи с тем, что каждая пластина имела два ряда концентраторов (рис. I), находящихся на разных расстояниях от заделки, в результате испытаний получена долговечность, соответствующая 6 различным уровням \bar{S}_{max} .

Следует отметить, что при испытании пластин учитывалось то, что появление и рост трещины в окрестности какого-либо отверстия может оказать влияние на последующие результаты испытаний из-за снижения момента инерции поперечного сечения пластины за счет уменьшения его площади. Поэтому в момент достижения трещиной размера $\ell = 0,05 \div 0,1$ мм испытания останавливались, и отверстие с трещиной рассверливалось с последующей разверткой до размера $\phi 4A$. Снижение момента инерции поперечного сечения пластины в этом случае не превышало 2,5% от исходного. Эта операция в то

же время имитировала ремонт поврежденного трещиной сечения.

Увеличение размера концентратора от ϕ 3А до ϕ 4А способствовало полному удалению поврежденного переменной нагрузкой объема материала. Увеличение же размера исходного концентратора до ϕ 3,5А приводило к повторному развитию трещины в районе этого же концентратора после непродолжительных испытаний.

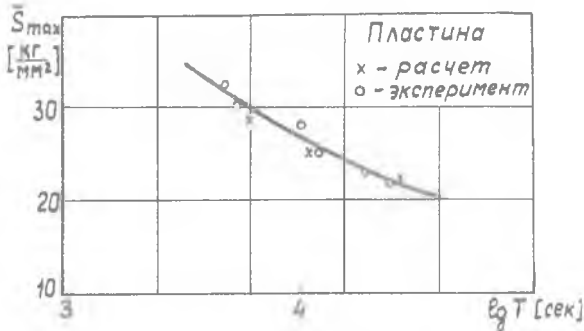


Рис. 5

По результатам испытаний с использованием методики работы [2] была построена кривая усталости для пластины, приведенная на рис. 5. Здесь крестиками показаны расчетные значения долговечности $T_{рас}$, которые вполне удовлетворительно согласуются с экспериментом.

Л и т е р а т у р а

1. Чураков А.А. К определению эквивалентных режимов нагружения. В сб. "Вопросы прочности элементов авиационных конструкций". Межвузовский сборник, вып. 2, Куйбышев, 1975.
2. Степнов М.И., Гиацинтов Е.В., Коган В.Н. Статистическая обработка результатов усталостных испытаний на основе линейного регрессионного анализа. В сб. "Проблемы прочности в машиностроении", вып. 3, изд. АН СССР, 1959.