

А.С.Мостовой, А.А.Козлов

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОГО ЧИСЛА ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Усталостная долговечность является решающим фактором, обуславливающим надежность подавляющего большинства силовых элементов авиационных конструкций. В настоящее время расчет долговечности производится преимущественно на базе модифицированной линейной теории накопления повреждений, дающей значительное расхождение с экспериментом. Поэтому в практике конструкторских бюро долговечность конструкций устанавливается главным образом в процессе усталостных испытаний, являющихся весьма трудоемкими и дорогостоящими.

Естественно, что внедрение в практику достоверных методов расчета долговечности снижает количество требуемых для испытания экземпляров конструкции. При этом степень достоверности расчетов может быть оценена с помощью интегральной функции распределения ошибки расчета $\bar{\sigma}_{\text{расч}}$ — относительной разности между расчетной и экспериментальной долговечностью.

Рассмотрим основные положения, связанные с количественным определением сокращения объема испытаний.

I. Определим необходимое количество испытаний элементов изделия, которое обеспечит приемлемую точность оценки его долговечности.

Число конструкций или их частей, которые должны быть испытаны, определяется доверительной вероятностью β и доверительным интервалом T_{β} . Прием за меру ошибки опытного определения долговечности величину $\bar{\sigma}_{\text{оп}} = \frac{\bar{\sigma}_{\text{оп}}}{\bar{S}_X} = \frac{0.5 T_{\beta}^{\text{мк}}}{\bar{S}_X}$. Здесь X — логарифм

долговечности, \tilde{m}_x , \tilde{s}_x - соответственно оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения (с.к.о.) случайной величины X .

Метод определения $J_\beta^{\tilde{m}_x}$ при заданном числе n конструкций для испытания и заданном β изложен в курсах теории вероятностей и математической статистики [1]. Результаты расчета $\delta_{оп}$ в зависимости от n для доверительной вероятности $\beta = 0,9$ сведены в таблицу I и представлены кривой I на рис. 1.

Таблица I

n	2	3	4	5	10	12
$\delta_{оп}$	$4,45\tilde{s}_x$	$1,68\tilde{s}_x$	$1,17\tilde{s}_x$	$0,95\tilde{s}_x$	$0,58\tilde{s}_x$	$0,5\tilde{s}_x$

Положим, что приемлемая точность составляет $\frac{\delta_{оп}}{\tilde{s}_x} = 1$. Это соответствует $n \approx 5$.

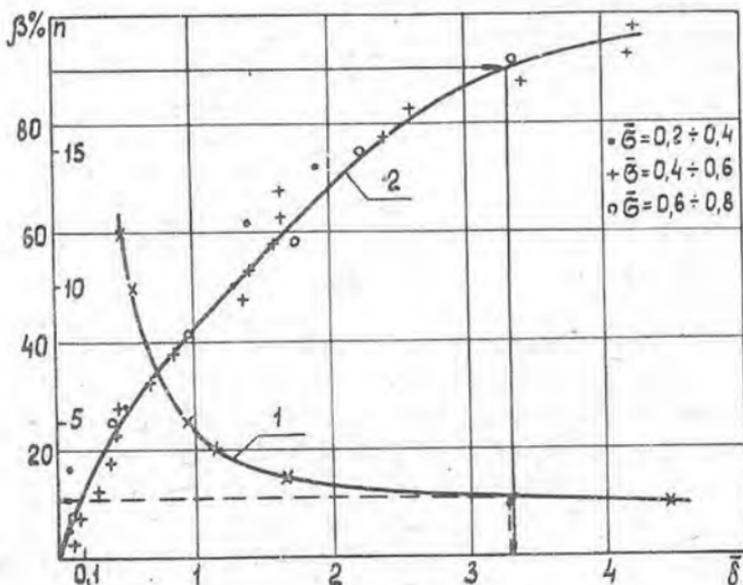


Рис. 1

2. Точность расчетов усталостной долговечности будем оценивать отклонением расчетной долговечности от экспериментального значения математического ожидания \tilde{m}_x . За меру ошибки расчета примем $\delta_{расч} = \frac{x_{расч} - \tilde{m}_x}{\tilde{s}_x} = \frac{(\lg N_{расч} - \lg N_{эксп})}{\tilde{s}_x}$.

В настоящей статье установлена точность расчетов долговечности, проводимых по методу, изложенному в [2, 3]. Этот метод апробирован на значительном количестве образцов различных типов

при различных видах нагружения, а также на конструктивных элементах.

На рис. I (кривая 2) представлена интегральная функция распределения расхождения расчетной долговечности с опытом

$$\beta(\delta_{расч}) = P(\bar{\Delta} < \delta_{расч})$$

Ординаты точек на рис. I представляют вероятности непревышения ошибки $\delta_{расч}$ и относятся к различным образцам, конструктивным элементам, а также к различным уровням нагружения $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_b}$.

Для принятого выше значения $\beta = 0,9$ по кривой 2 находим $\delta_{расч} = 3,3$.

3. Установим, что расчет и некоторое число испытаний n' эквивалентны, если с равной вероятностью β они имеют равную точность δ , т.е. $\delta_{оп} = \delta_{расч}$.

Найдем число испытаний, эквивалентных по точности проведенным расчетам долговечности элемента конструкции.

Из рассмотрения зависимости $n(\delta_{оп})$ (кривая I) получаем, что с вероятностью β ошибка эксперимента $\delta_{оп}$ не превышает $\delta_{расч}$ при n' опытов, которое в нашем случае при $\beta = 0,9$ равно 2,2. Принимаем $n' = 2$.

Из сказанного заключаем, что замена этого числа испытаний расчетами не снижает общей точности определения долговечности. Следовательно, требуемое число испытаний $n_{потр}$ уменьшается и составит

$$n_{потр} = n - n'$$

Для рассматриваемого примера $n_{потр} = 5 - 2 = 3$. Очевидно, что уменьшение числа испытанных конструкций обуславливает экономический эффект, состоящий из экономии средств, равных стоимости n' изделий и стоимости их испытаний.

Л и т е р а т у р а

1. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. "Наука", 1965.
2. Мостовой А.С. Определение долговечности образца на основе некоторых представлений о механизме усталостного разрушения. Сб. "Вопросы прочности элементов авиационных конструкций". Труды КуАИ, вып. 39, 1968.
3. Мостовой А.С. Расчет долговечности образца при программной нагрузке. Сб. "Вопросы прочности элементов авиационных конструкций". Труды КуАИ, вып. 48, 1971.