

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЯ
ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ

Лабораторная работа

САМАРА 2010

Составители: Крашенинников К.П.

УДК 621.9.62

Оценка эффективности мероприятия по повышению надежности: Метод. указания/Сост. Крашенинников К.П.; СГАУ, Самара, 2010 - 8 с.

Методические указания содержат краткое изложение теории доверительного интервала и доверительной вероятности. Разработана методика оценки эффективности мероприятия по повышению надежности.

Указания предназначены для бакалавров, обучающихся по учебному плану специальности 151900.62.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В процессе эксплуатации ДЛА выявляются отдельные элементы и узлы с низкой надежностью. Они дорабатываются или заменяются на улучшенные.

Целью настоящей работы является ознакомить студентов с методикой оценки эффективности производственных доработок отдельных элементов и узлов авиадвигателя и на конкретном примере выявить условия, при которых обеспечивается эффективность мероприятия, направленного на повышение надежности ГТД.

ТЕОРИЯ ВОПРОСА

Доверительный интервал и доверительная вероятность.

Из теории вероятностей известно, что случайная величина может быть охарактеризована несколькими числовыми параметрами, используемыми в расчетах надежности. Одним из этих параметров является математическое ожидание или среднее значение случайной величины, обозначаемое $M(X)$. Этим термином называют постоянное число, около которого с ростом количества опытов (испытаний) устойчиво колеблется среднее арифметическое значение \bar{m} случайной величины, найденное из опытов, т.е. ее статическое значение.

Если X - непрерывная случайная величина, а $F(X)$ функция ее распределения, то среднее значение непрерывной случайной величины выражается интегралом:

$$m = M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x_i F(x),$$

где x - возможное значение X , получаемое в опыте.

Обозначая плотность распределения случайной величины через $f(x)$, можно среднее значение случайной величины выразить следующим образом:

$$m = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx.$$

При определении математического ожидания такой, например, непрерывной случайной величины как время наработки до отказа, интеграл для определения математического ожидания имеет вид:

$$m = M(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt$$

Достоверная оценка параметра $m = M(x)$ требует очень большого числа испытаний и постоянства условий их проведения. Полученная же из ограни-

ченного числа опытов статистическая величина лишь с определенной вероятностью отражает теоретическую величину m . Иначе говоря, неизвестное значение параметра m должно быть заключено в пределы заданной точности Δ оценки m с той или иной достоверностью:

$$\gamma = P \left\{ \left| \bar{m} - m \right| \leq \Delta \right\},$$

где Δ - заданная точность оценки;
 γ - достоверность оценки;
 P - вероятность.

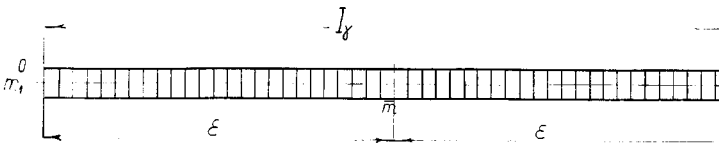


Рис.1 Доверительный интервал и доверительные границы.

Графически это соотношение представлено на рис. Отрезок I_γ представляет собой доверительный интервал параметра m . Это случайный интервал $m_1 - m_2$, который накрывает истинное значение параметра m с достоверностью γ . В данном случае величину γ называют также доверительной вероятностью.

Двусторонняя доверительная вероятность:

$$\gamma = P \left(\bar{m} - \varepsilon < m < \bar{m} + \varepsilon \right),$$

где γ - величина, характеризующая достоверность (надежность) оценки \bar{m} .

Для величины m доверительными границами будут:
 нижняя

$$m_{н} = \bar{m} - \varepsilon = m_1$$

и верхняя

$$m_{в} = \bar{m} + \varepsilon = m_2$$

Величина $I_\gamma = 2 \varepsilon$ характеризует точность оценки.

При обработке экспериментальных данных с получением законов распределения плотности вероятностей определение доверительных границ осуществляют с помощью таблиц. Из этих таблиц при заданной доверительной вероятности γ и имеющемся объеме располагаемой информации (число испытаний или

количества отказов) определяются необходимые коэффициенты для расчета верхней и нижней доверительных границ.

МЕТОДИКА И ПРИМЕР ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ

Оценка эффективности внедренных мероприятий, направленных на повышение надежности, производится путем сравнения наработки на отказ (неисправность) двух выборок однотипных изделий (агрегатов, узлов, систем, деталей).

Первая выборка содержит статистику отказов и наработку изделий, изготовленных по серийной технологии (без дополнительных мероприятий), а вторая выборка - статистику изделий с доработкой.

РАССМОТРИМ СЛЕДУЮЩИЙ ПРИМЕР

Для одного из двигателей несколько лет тому назад наиболее частыми отказами, устраняемыми в эксплуатации, были трещины на рабочих лопатках ступеней турбины. Трещины выявились при периодическом контроле состояния лопаток.

Для устранения выявленного дефекта были предложены различные направления доработок лопаток, в частности, упрочнение их виброгалтовкой. Эффективность любого мероприятия до внедрения в серийные изделия подтверждается комплексом проверок. Для этого обычно проводятся лабораторные исследования, эквивалентные стендовые испытания, летные испытания. Такой комплекс проверок позволяет выбрать наиболее эффективное мероприятие для повышения надежности изделий. Однако ограниченность сроков и средств, а также другие причины не, не позволяют полностью выявить особенности внедряемого мероприятия.

В рассматриваемом случае после всесторонней оценки было принято решение заменить лопатки с трещинами лопатками, упрочненными виброгалтовкой. Было заменено 409 лопаток. Однако во время эксплуатации на виброгалтованных лопатках также начали обнаруживаться трещины. Поэтому была проведена оценка эффективности внедренного мероприятия путем сравнения наработок на неисправность серийной лопатки и лопатки с виброгалтовкой.

К моменту оценки было установлено 305 виброгалтованных лопаток. Кроме того, в эксплуатации находилось несколько двигателей с рабочими колесами ступеней турбины, оснащенными виброгалтованными лопатками. Общее количество виброгалтованных лопаток, находящихся в эксплуатации, составляло 815 штук. При эксплуатации этих лопаток было зафиксировано четыре случая появления трещин на пере.

Оценим надежность двух партий лопаток - серийных и упрочненных исходя из того, что для серийных лопаток суммарная наработка в эксплуатации известна и составляет

$$t_{\Sigma \text{ с. л.}} = 73,7 \cdot 10^6 \quad \text{ч.}$$

Для виброгалтованных лопаток суммарная наработка в эксплуатации

$$t_{\Sigma \text{ в.л.}} = \sum_{i=1}^{815} t_i = 789600 \quad \text{ч},$$

наработка на неисправность, в соответствии с экспоненциальным распределе-

нием $\left(x = \frac{1}{n} \sum x_i \right)$ может быть определена как

$$T_{\text{в.л.}} = \frac{789600}{4} = 197400 \quad \text{ч},$$

Для серийных лопаток суммарная наработка в эксплуатации

$$t_{\Sigma \text{ с.л.}} = 73,7 \cdot 10^6 \quad \text{ч},$$

наработка на неисправность

$$T_{\text{с. л.}} = \frac{73,7 \cdot 10^6}{409} = 180000 \quad \text{ч}.$$

На первый взгляд кажется, что виброгалтованные и серийные лопатки имеют практически одинаковую надежность, так как наработки на неисправность близки $(1,97 \cdot 10^5 \text{ и } 1,8 \cdot 10^5 \text{ ч})$.

Однако из-за малой статистики (всего четыре случая) достоверность средней оценки для виброгалтованной лопатки низка. Для исключения влияния количества случаев проявления неисправности (4 и 409) на достоверность оценки определим нижнюю доверительную границу наработки на неисправность. В нашем примере случайным событием является число неисправностей, которые распределяются по закону Пуассона, а наработка на неисправность, как указано выше, соответствует экспоненциальному распределению. Для этого распределения нижняя доверительная граница наработки на неисправность определяется по формуле:

$$T_H = r_2 T,$$

где коэффициент r_2 определяется по числу опытов n и доверительной вероятности γ .

Величина $1/r_2$ соответствует возможному увеличению числа отказов (неисправностей) по сравнению с их выявленным числом. При доверительной вероятности $\gamma = 0,95$ значения r_2 приведены в таблице.

n	0	1	2	3	4	5	10	100	200	300	400	500	1000
r_2	$r_2=3$	0,21	0,32	0,39	0,44	0,48	0,59	0,85	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95

Тогда нижняя доверительная граница наработки на неисправность для виброгалтованной и серийной лопаток:

$$T_{H \text{ в.л.}} = 0,44 \cdot 197400 = 87000 \text{ ч.},$$

$$T_{H \text{ с.л.}} = 0,92 \cdot 180000 = 168100 \text{ ч.}$$

Таким образом, серийная лопатка практически в 2 раза надежнее упрочненной. Следовательно, внедренное мероприятие неэффективно. Использование метода доверительных интервалов особенно полезно в случае, когда в одной из выборок отказы наблюдаются.

Например, если бы в рассмотренном примере на виброгалтованной лопатке не было трещин, то

$$T_{H \text{ в.л.}} = t_{\Sigma \text{ в.л.}} : r_0 = 789600 : 3 = 263000 \text{ ч.},$$

т.е. можно было бы считать это мероприятие эффективным.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

- По условиям рассмотренной выше задачи определить, эффективно ли мероприятие, если упрочненные лопатки имели следующую суммарную наработку и количество неисправностей;

Вариант	1				2					3				
$t_{\Sigma \text{ в.л.}}, \text{ ч.}$	789600				$2 \cdot 10^6$					10^7				
n	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	3	4	5	10

- Выявить условия, при которых обеспечивается эффективность внедренного мероприятия (построить диаграмму в координатах $T_{H \text{ в. л.} - n}$).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Изучение теории вопроса и методики оценки эффективности мероприятий по повышению надежности.
- Решение одного из вариантов контрольного задания.
- Оформление отчета и сдача зачета преподавателю.