

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ НЕРЕМОНТИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ УСЕЧЁННОЙ ВЫБОРКИ – ПЛАН НАБЛЮДЕНИЙ [NUT]

Цель работы: освоить методику и приобрести практические навыки определения показателей надёжности изделий и их доверительных границ для усеченной выборки.

Оборудование рабочего места. Установка для моделирования наработки до отказа каждого из выборки однотипных изделий.

Задачи работы: На моделирующей установке определить эксплуатационные наработки до отказа каждого изделия или группы изделий. (Информация о наработке изделий до отказов может быть задана преподавателем).

Исходя из исходных данных определить численные значения показателей надёжности: средний наработка до отказа (\bar{T}), вероятность безотказной работы ($P(t)$) интенсивность отказов ($\lambda(t)$) и их доверительные границы.

1. Общие сведения

К неремонтируемым изделиям относятся детали или неразборные узлы, которые работают до первого отказа, а затем выбраковываются, так как их восстановление по техническим или экономическим соображениям нецелесообразно. Показатели надёжности неремонтируемых изделий являются случайными величинами, поэтому для определения их количественных значений требуется статистический материал.

Для сбора достаточного количества информации об отказах наблюдения ведут за партией однотипных изделий в условиях эксплуатации, либо в условиях специальных, моделирующих отказы. В процессе наблюдений регистрируют время (наработку) от начала работы изделия до отказа.

План [NUT] трактуется следующим образом: под наблюдение поставлено N изделий, наблюдения ведут в течение времени T , при этом отказало n изделий. Отказавшие изделия не заменяются новыми.

Статистическая оценка показателей надёжности неремонтируемых изделий определяется с помощью следующих зависимостей:

а) средняя наработка на отказ (или средний ресурс):

$$\bar{T}_0 = kS + T, \quad (4.1)$$

где k - коэффициент, учитывающий влияние наработки исправных изделий;

S - среднее квадратическое отклонение, м-ч,

T - наработка, в течение которой ведутся наблюдения, м-ч.

$$k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right)^2}{\left(T - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right)^2}; \quad (4.2)$$

б) среднее квадратическое отклонение:

$$S = \frac{T - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}{\frac{N-n}{n} f_1(k) - k}, \quad (4.3)$$

где N - количество изделия, находящихся под наблюдением;

n - число изделий, отказавших к моменту T ;

$f_1(k)$ - находят из табл. 9 приложения.

В практических задачах теории надёжности зачастую требуется не только определить показатели надёжности, но и установить вид теоретического закона распределения, поскольку он характеризует определённую модель отказов. Кроме того, определение теоретического закона распределения позволяет «выровнять» эмпирическое распределение, построение по ограниченному числу экспериментальных данных. «Выравнивание» позволяет получить генеральные характеристики без увеличения объёма экспериментальных исследований и тем самым более точно определить показатели надёжности.

Существует ряд методов определения параметров теоретического распределения по эмпирическим данным. Наиболее простой состоит в следующем.

По значению коэффициента вариации и внешнему виду графика эмпирической плотности распределения задаются определённым законом:

При $v = 1$ – экспериментальный закон распределения;

$V \leq 0,33$ – нормальный закон распределения;

$0,33 < v < 1$ – закон распределения Вейбулла-Гнеденко.

Далее параметры статистического распределения приравниваются к соответствующим параметрам теоретической плотности распределения.

1. Для экспоненциального однопараметрического распределения необходимо определить один параметр λ . Для этого закона показатели надёжности рассчитываются по следующим формулам:

а) вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (4.4)$$

где $e^{-\lambda t}$ – приведены в табл. 1 приложения;

б) интенсивность отказов:

$$\lambda(t_i) = \frac{m}{\sum_{i=1}^n t_i - (N - m)T} \quad (4.5)$$

2. Для нормального закона определённые по экспериментальным данным значения \bar{T} и S принимаются равными параметрам $M(t)$ и σ теоретического распределения времени безотказной работы.

Показатели надёжности этого закона определяются из соотношений:

а) вероятность безотказной работы:

$$P(t) = 1 - F_0\left(\frac{\bar{T} - t_i}{S}\right), \quad (4.6)$$

где $F_0(t)$ - табулированное значение функции распределения отказов, (табл. 2 приложения);

б) интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (4.7)$$

где $f(t) = f_0\left(\frac{t_1 - T}{S}\right)$ - табулированная плотность распределения времени безотказной работы

(табл. 3 приложения).

3. Для закона Вейбулла-Гнеденко определяют коэффициент вариации по эмпирическим данным и приравнивают к теоретическому значению.

На графике (рис. 8) $b = f(v)$ определяют параметр b , а на $C_b = f(v)$ коэффициент C_b .

Расчётом из выражения $t_0 = \frac{S}{C_b}$ - определяют параметр t_0 .

Показателями надёжности подсчитываются по следующим выражениям:

а) вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{t_0}\right)^b} \quad (4.8)$$

или

$$P(t) = 1 - F(t), \quad (4.9)$$

где $F(t)$ – табулированное значение функции распределения отказов в зависимости от $\frac{t}{t_0}$ и b (табл. 4 приложения);

б) интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \frac{b}{t_0} \left(\frac{t}{t_0}\right)^{b-1}. \quad (4.10)$$

4. Для параметров распределений и показателей надёжности, вычисленных по результатам наблюдений в условиях эксплуатации, должны быть указаны точечные оценки параметров и показателей надёжности, их доверительные границы с указанием принятой доверительной вероятности.

2. Порядок выполнения работы

2.1. В таблицу 1 внести исходные данные, полученные на моделирующей установке или заданные преподавателем и определить параметры статистических распределений.

Таблица 1

Схема расчёта параметров статистического распределения
При [NUT] $N = T - n$

Наработка до отказов t_i	t_i^2	Расчётные формулы для T, S, V
		$\bar{T} = kS + T =$
		$K = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i\right)^2}{\left(T - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i\right)^2} =$
		$S = \frac{T - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}{\frac{N-n}{n} f_1(k) - K} =$
		$V = \frac{S}{T}$

$\sum_{i=1}^n t_i$	$\sum_{i=1}^n t_i^2$	
--------------------	----------------------	--

2.2. По значению коэффициента вариации (v) установить закон распределения наработки до отказа.

2.3. Определить точечные оценки и доверительные границы для параметров установленного закона распределения и их доверительные границы.

Схема расчёта приведена в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Определение точечной оценки параметров законов распределений и их доверительных границ

Законы распределений	Формулы для определений		
	параметров распределений	двусторонних доверительных границ	
		нижняя граница	верхняя граница
Экспоненциальный	$\hat{\lambda} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i - (N-n)T}$	$\lambda_n = \frac{\hat{\lambda} N \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2n}^2}{n \left(2N - n + \frac{1}{2} \chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2n}^2 \right)}^*$	$\lambda_n = \frac{\hat{\lambda} N \chi_{\frac{1+\beta}{2}, 2n+2}^2}{n \left(2N - n + \frac{1}{2} \chi_{\frac{1+\beta}{2}, 2n+2}^2 \right)}$
Нормальный	$\bar{T} = kS + t$	$\bar{T}_n = \bar{T} - Z_\beta \frac{S}{\sqrt{N}} \sqrt{f_2(k)}^{**}$ ***	$\bar{T}_n = \bar{T} - Z_\beta \frac{S}{\sqrt{N}} \sqrt{f_2(k)}$ ** ***
	$\hat{S} = \frac{t - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}{\frac{N-n}{n} f_1(k) - K}$ ***	$S_i = \hat{S} - Z_\beta \frac{S}{\sqrt{N}} \sqrt{f_3(k)}$ ***	$S_i = \hat{S} + Z_\beta \frac{S}{\sqrt{N}} \sqrt{f_3(k)}$ ***
Вейбулла-Гнеденко	b и t_0 определяются из графика, рис. 1	По приближенным формулам ГОСТ 17509-72 (в данной работе не определяются)	

* $\chi_{\frac{1-\beta}{2}, 2n}^2$; $\chi_{\frac{1+\beta}{2}, 2n+2}^2$ - находят по табл. 5 приложения, в которой $p = \frac{1-\beta}{2}$;

$$p = \frac{1+\beta}{2};$$

** Z_β - находят по табл. 10 приложения;

*** $f_1(k)$; $f_2(k)$; $f_3(k)$ - находят по табл. 9 приложения.

Определение точечных оценок показателей надёжности
и их доверительных границ

Законы распределения	Формулы для определения						
	средней наработки до отказа \bar{T}_0	среднего ресурса \bar{T}	среднего срока сохранения \bar{T}_c	гамма-процентного ресурса Γ_{γ}	гамма-процентного срока сохранения $\Gamma_{\gamma c}$	вероятности безотказной работы, P(t)	интенсивности отказов $\lambda(t)$
Экспоненциальный	$\frac{1}{\hat{\lambda}}$			$\frac{1}{\hat{\lambda}} \left(-\ln \frac{\gamma}{100} \right)$		$e^{-\hat{\lambda}t}$ *	$\hat{\lambda}$
Нормальный		\hat{T}		$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} F_0 \left(\frac{t_i - \hat{T}}{\hat{S}} \right) = \frac{\gamma}{100}$ **		$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} F_0 \left(\frac{t - \hat{T}}{S} \right)$	$\frac{1}{S} f_0 \left(\frac{t - \hat{T}}{S} \right)$ ** $\frac{1}{2} - \frac{1}{2} F_0 \left(\frac{t - \hat{T}}{S} \right)$ *
Вейбулла-Гнеденко	$\hat{T} = t_0 \Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right)$ ***			$\left[t_0^b \left(-\ln \frac{\gamma}{100} \right) \right]^{\frac{1}{b}}$		$e^{-\left(\frac{t}{t_0} \right)^b}$	$\frac{b}{t_0} \left(\frac{t}{t_0} \right)^{b-1}$
	$\bar{T}_i = \hat{T} \sqrt{r_3}$ ****				Доверительные границы в данной работе не определяются		
		$\bar{T}_e = \hat{T} \sqrt{r_1}$					

* $e^{-\lambda t}$ - находят по табл. 1 приложения;

** $F_0(t)$ – находят по табл. 2 приложения;

*** $f_0(t)$ - находят по табл. 3 приложения;

**** $\Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right)$ - находят по табл. 7 приложения;

***** $r_1; r_3$ - находят по табл. 8 приложения.

3. Содержание отчёта

1. В отчёт вносятся: наименование и цель лабораторной работы.
2. Нарботки изделий до отказов (исходную информацию) заносят в табл. 1. Форму табл. 1 и расчёты привести в отчёте.
3. Результаты последующих расчётов также должны быть представлены в отчёте в следующей последовательности: указывается наименование раздела, приводятся формулы и результаты расчётов.