Лабораторная работа № 1

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ ИСПЫТАНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ, ПОДЧИНЯЮЩИМСЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ

**Цель работы.**

Закрепить теоретические знания, полученные в разделе «Единичные показатели надежности» по вопросу «Показатели безотказности».

Получить практические навыки расчета показателей безотказности на конкретных примерах.

Изучить методы построения основных показателей надежности изделий на основе экспериментальных данных.

Разработать программный комплекс обработки статистических данных по отказам изделий в процессе испытаний на надежность или в процессе их эксплуатации.

**Методы и формы обучения и преподавания:** индивидуальная работа, работа в парах; ситуационные задачи.

1. **показатели безотказности**

***Безотказность –*** свойство объекта непрерывное сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

Показателями безотказности по ГОСТ 27.102-2021, применяемыми к невосстанавливаемым объектам, являются вероятность безотказной работы, гамма-процентная наработка до отказа, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов.

***Вероятность безотказной работы Р(t)***– вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. Вероятность безотказной работы определяется в предположении, что в начале интервала времени (момент начала исчисления наработки) изделие находится в работоспособном состоянии.

***Гамма-процентная наработка до отказа*** – наработка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ, выраженной в процентах.

***Средняя наработка до отказа*** – математическое ожидание наработки объекта до отказа.

***Интенсивность отказов*** – условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

В определении показателей безотказности используются следующие временные понятия (не являются показателями надежности):

- наработка – продолжительность или объем работы объекта:

- наработка до отказа – наработка объекта от начала его эксплуатации или от момента его восстановления до отказа;

- наработка до первого отказа – наработка объекта от начала его эксплуатации до первого отказа (частный случай наработки до отказа).

1. **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Статистическая оценка вероятности безотказной работы на период наработки от 0 до t определяется по формулам

, (1.1)

или

 (1.2)

где *N* – количество объектов, работоспособных в начальный момент времени; *N(t)* – количество объектов, работоспособных на момент времени *t*; *п(t)* – количество объектов, отказавших на отрезке от 0 до t.

Статистическая оценка вероятности отказа на соответствующие моменты времени определяется по формуле

, (1.3)

или

. (1.4)

Средняя наработка до отказа (MTTF) по статистическим данным определяется по формуле

*,* (1.5)

Плотность распределения отказов во времени определяем по формуле

 (1.6)

Оценку интенсивности отказов можно определить по формуле

*.* (1.7)

1. **ТОЧЕЧНЫЕ ОЦЕНКИ И ДОВЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ДЛЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Для получения точечной оценки необходимо выполнить следующую процедуру.

Фиксируют количество отказов r и суммарную наработку за время испытаний .



Для получения точечной оценки (интенсивность отказов) используют следующую формулу:



Формулы для определения границ доверительного интервала для с уровнем доверия 100(1- ) %.

Аналогично вычисляют границы доверительного интервала для средней наработки до отказа

где (1-) - уровень доверия (например, 0,90 или 90%).

Значение определяют по таблице D.1 (приложение D ГОСТ Р 50779.26-2007) или в пакете Mathcad с помощью функции:

qchisq(p,d) – квантили обратного Хи-квадрат распределения;

 где p — вещественная вероятность, 0 ≤ p ≤ 1.

d — положительное целое число — число степеней свободы.

**Программа работы.**

Выполнение данной лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

1. Изучение методики определения показателей надежности по экспериментальным данным.

2. Ввод в программу выборки tk – значений моментов времени выхода из строя всех рассматриваемых изделий, где k = (1…N) и ее сортировка по возрастанию. Выборка в индивидуальном варианте читается слева направо и сверху вниз.

3. Выбор величины n и интервалов Δti , i = (0…( n −1)).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

При этом

n=26; 10; 5.

4. Разработка и программирование алгоритма определения значений Δri и ri , i = (0, n −1).

Где Δri- количество отказов изделий, приходящихся на каждый i-й интервал времени.

- число объектов, отказавших в интервале времени (0; )

5.Разработка и программирование алгоритма вычисления показателей надежности по формулам (2), (4), (5), (6).

Статистическая оценка интенсивности отказов, соответствующая каждому i-му интервалу времени:

|  |  |
| --- | --- |
| i = (0…( n −1)). | (2) |

Где i = (0…( n −1)).

 - среднее число исправно работающих образцов в интервале

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

— число исправно работающих образцов в начале интервала

- число исправно работающих образцов в конце интервала

Статистическая оценка плотности распределения отказов определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| i = (0…( n −1)). | (4) |

Статистическая оценка функции надежности:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Средняя наработка до отказа:

|  |  |
| --- | --- |
| image010 | (6) |

6. Программирование процедуры контроля правильности вычислений с использованием выражения (7).

Для проверки правильности определения оценок показателей надежности используется связь между показателями λ(t), P(t) и f((t).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

7. Вывод результатов расчета осуществлять в виде таблицы:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы | Кол-во отказов | Интенсивность отказов | Плотность распределения | Функция надежности | Контроль |
| (ti ,ti+1) | Δri |  |  |  |  |

Средняя наработка до отказа =… часов.

8. Вычисление интервальных оценок показателей надежности при односторонней доверительной вероятности Р=0,9; 0,95; 0,99: средней наработки до отказа, интенсивности отказов по формулам п.5.2 ГОСТ Р 50779.26-2007 (МЭК 60605-4:2001) Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения (см. Раздел 3) или таблиц 46, 47 РД 50-690 Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным (см. Приложение 1).

9. Проведение расчетов показателей надежности для трех вариантов значений n .

**Содержание отчета.**

1. Постановка задачи.

2. Блок-схема алгоритма определения показателей надежности.

3. Графики четырѐх функций

Δri(ti),(ti), (ti), (ti).

На каждом графике должно быть по 3 кривых – для трѐх вариантов величин. (n=26;10; 5).

4. Расчеты доверительных интервалов

4. Выводы:

 − каково влияние величины n на значения показателей надежности;

− дать заключение о виде закона распределения наработки до отказа.

1. **Контрольные вопросы**
2. Что такое безотказность?
3. Какие показатели надежности являются показателями безотказности?
4. Что такое вероятность безотказной работы?
5. Что такое вероятность отказа?
6. Как определяются статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа?
7. Как определяется плотность распределения наработки?
8. Что такое интенсивность отказов?
9. Кривая зависимости интенсивности отказа во времени.
10. Дайте определение средней наработки до отказа и средней наработки до первого отказа.

**5. Задания для самостоятельной работы**

**Задача 1.1.** На испытание поставлено 200 однотипных изделий. За 2000 ч отказало 50 изделий. За последующие 100 часов отказало ещё 5 изделий. Требуется определить:

1. статистическую оценку вероятности безотказной работы за время работы *t1* = 2000 *ч* и *t2* = 2100 *ч*;

2. статистическую оценку вероятности отказа за время работы *t1* = 2000 *ч* и *t2* = 2100 *ч*;

3. оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1*= 2000 *ч* и *t2*= 2100 *ч*.

**Задача 1.2.** На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов работы отказало 50 изделий. Определить статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы 4000 часов.

**Задача 1.3.** На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов работы отказало 50 изделий. За последующие 50 часов еще 5 изделий. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1*= 4000 *ч* и *t2*= 4050 *ч*.

**Задача 1.4.** В течение 500 часов работы из 20 буровых насосов отказало 2. За интервал времени 500 – 520 часов отказал еще один буровой насос. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1*= 500 *ч* и *t2*= 520 *ч*.

**Задача 1.5.** На испытание поставлено 2000 подшипников качения. За первые 3000 часов отказало 80 изделий. За интервал времени 3000 – 4000 часов отказало еще 50 подшипников. Требуется определить статистическую оценку вероятности безотказной работы за время 4000 часов.

З**адача 1.6.** В течение 500 часов работы из 20 буровых насосов отказало 2. За интервал времени 500 – 520 часов отказал еще один буровой насос. Требуется определить статистическую оценку вероятности отказа за время 520 часов.

**Задача 1.7.** На испытание поставлено 600 изделий. За время 1200 часов вышло из строя 125 штук изделий. За последующий интервал времени 1200 – 1250 часов вышло из строя еще 13 изделий. Необходимо определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы *t1* = 1200 *ч* и *t2* = 1250 *ч*; оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1*= 1200 *час* и *t2*= 1250 *час*.

**Задача 1.8.** На испытание поставлено 10 однотипных изделий. Получены следующие значения времени безотказной работы: t1 = 580 ч; t2 = 720 ч; t3 = 860 ч; t4 = 550 ч; t5 = 780 ч; t6 = 830 ч; t7 = 910 ч; t8 = 850 ч; t9 = 840 ч; t10 = 750 ч. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

**Пример 1.1.** На стендовые испытания поставили 60 насосов. Испытания проводились в течение 2000 часов. В ходе испытаний отказало 6 насосов. Определить статистическую оценку вероятности безотказной работы изделий за время 2000 часов.

**Решение:**

***Вероятность безотказной работы Р(t)***– вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет.

Статистическая оценка вероятности безотказной работы определяется по формуле (1.1)

,

где *N* – число объектов, работоспособных в начальный момент времени; *п(t)* – число объектов, отказавших на отрезке от 0 до t.

Подставляем исходные данные в формулу (1.1)

.

**Ответ.** Вероятность безотказной работы . Вероятность безотказной работы является:

- показателем безотказности;

- единичным.

**Пример 1.2.** В ходе промысловых испытаний 60 буровых лебедок зафиксированы отказы в следующие периоды наработки *t1*= 1210 *ч*; *t2*= 480 *ч*; *t3* = 900 *ч*; *t4* = 700 *ч*; *t5* = 1900 *ч*; *t6*= 1100 *ч*; остальные буровые лебедки не отказали. Испытания проводились в течение 2000 часов. Найти статистическую оценку среднего значения наработки до первого отказа.

**Решение**:

Средняя наработка до отказа – это математическое ожидание наработки до отказа.

Средняя наработка до отказа по статистическим данным определяется по формуле (1.5)

*~ 1905 ч*

**Ответ:** Средняя наработка до отказа *Т1* = 1905 *ч*. Средняя наработка до первого отказа является:

- показателем безотказности;

- единичным.

**Пример 1.3.** На испытания поставили 200 изделий. За 100 часов работы отказало 25 изделий. За последующие 10 часов отказало еще 7 изделий. Определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа на моменты времени *t1*= 100 *ч* и *t2* = 110 *ч*, оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1*= 100 *ч* и *t2*= 110 *ч*.

**Решение.** Статистическую оценку вероятности безотказной работы на момент времени *t1*= 100 *ч* определяем по формуле (1.1)

;

Определяем количество отказавших изделий на момент времени *t2*= 110 *ч*

*изд*.

и вероятность безотказной работы на момент времени *t2*= 110 *ч*

.

Статистическая оценка вероятности отказа на соответствующие моменты времени определяется по формуле (1.3)

,

.

Плотность распределения отказов во времени определяем по формуле (1.6)

*1*/*ч*.

Оценку интенсивности отказов можно определить по формуле (1.7)

*1*/*ч*.

**Ответ:**; ; ; ; *1*/*ч*; *1*/*ч*.

Данные показатели являются:

- показателями безотказности;

- единичными.

Приложение 1



