**«Определение единичных показателей надежности невосстанавливаемых объектов»**

**Цель:** научить студентов определять показатели безотказности по статистическим данным

**Задачи обучения:**

* ознакомить с показателями безотказности и основными методами их определения;
* привить навыки определения показателей безотказности невосстанавливаемых объектов;
* обучить давать характеристику находимых показателей безотказности.

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

**Материально- техническое оснащение:**

Калькулятор или компьютер с программами EXCEL или MathCAD.

**Задания и методические указания к их выполнению:**

Работа студента на занятии оценивается в 1-3 балла в зависимости от его активности при решении задач и ответах на поставленные преподавателем вопросы.

**Пример 1.1.** На промысловые испытания поставлено 60 буровых лебедок. Испытания проводились в течение 2000 часов. В ходе испытаний отказало 6 буровых лебедок. Определить статистическую оценку вероятности безотказной работы изделий за время 2000 часов.

**Решение.**

***Вероятность безотказной работы R(t1, t2)*** – вероятность выполнить требуемую функцию при данных условиях в интервале времени *(t1, t2)*. Вероятность безотказной работы определяется в предположении, что в начале интервала времени (момент начала исчисления наработки) изделие находится в работоспособном состоянии.

Статистическая оценка вероятности безотказной работы определяется по формуле

,

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, так как характеризует только одно свойств – безотказность;

- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;

- групповым, так как характеризует надежность партии изделий.

**Пример 1.2.** На промысловые испытания поставлено 60 буровых лебедок. Испытания проводились в течение 2000 часов. Зафиксированы отказы буровых лебедок в моменты времени *t1*= 1210 *ч*; *t2*= 480 *ч*; *t3* = 900 *ч*; *t4* = 700 *ч*; *t5* = 1900 *ч*; *t6*= 1100 *ч*; остальные буровые лебедки не отказали. Найти статистическую оценку среднего значения наработки до первого отказа.

**Решение**:

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

Средняя наработка до первого отказа по статистическим данным определяется по формуле

*~ 1905 ч*

**Ответ:** Средняя наработка до первого отказ *Т0* = 1905 *ч*. Средняя наработка до первого отказа является:

- показателем безотказности;

- единичным, так как характеризует только одно свойств – безотказность;

- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;

- групповым, так как характеризует надежность партии изделий.

**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

;

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 (1.2)

,

.

Плотность распределения отказов во времени определяем по формуле (1.3)

 *1*/*ч*.

Оценку интенсивности отказов можно определить по формуле (1.4)

*1*/*ч*.

**Ответ:** ; ; ; ;  *1*/*ч*; *1*/*ч*. Данные показатели являются:

- показателями безотказности;

- единичными, так как характеризуют только одно свойств – безотказность;

- экспериментальными, так как определяются по результатам испытаний;

- групповыми, так как характеризуют надежность партии изделий.

*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 *час* и *t2* = 2100 *час*;

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

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

**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 *час* и *t2* = 4050 *час*.

**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 *час* и *t2* = 520 *час*.

**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 *час* и *t2* = 1250 *час*; 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 час; t2 = 720 час; t3 = 860 час; t4 = 550 час; t5 = 780 час; t6 = 830 час; t7 = 910 час; t8 = 850 час; t9 = 840 час; t10 = 750 час. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

**Задача 1.9.** На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 2000 ч отказало 70 изделий. За последующие 100 часов отказало ещё 10 изделий. Требуется определить:

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

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

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

**Задача 1.10.** На испытание поставлено 200 однотипных изделий. За 5000 часов работы отказало 75 изделий. Определить статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы 5000 часов.

**Задача 1.11.** На испытание поставлено 375 однотипных изделий. За 2000 часов работы отказало 17 изделий. За последующие 200 часов еще 3 изделий. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 2000 *час* и *t2* = 2200 *час*.

**Задача 1.12.** В течение 250 часов работы из 50 буровых насосов отказало 4. За интервал времени 250 – 280 часов отказал еще один буровой насос. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 250 *час* и *t2* = 280 *час*.

**Задача 1.13.** На испытание поставлено 3000 подшипников качения. За первые 1000 часов отказало 70 изделий. За интервал времени 1000 – 1500 часов отказало еще 15 подшипников. Требуется определить статистическую оценку вероятности безотказной работы за время 1000 часов.

З**адача 1.14.** В течение 1500 часов работы из 50 буровых насосов отказало 7. За интервал времени 1500 – 1580 часов отказал еще один буровой насос. Требуется определить статистическую оценку вероятности отказа за время 1580 часов.

**Задача 1.15.** На испытание поставлено 775 изделий. За время 1895 часов вышло из строя 375 штук изделий. За последующий интервал времени 1895 – 2350 часов вышло из строя еще 13 изделий. Необходимо определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы *t1* = 1895 *час* и *t2* = 2350 *час*; оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 1895 *час* и *t2* = 2350 *час*.

**Задача 1.16.** На испытание поставлено 17 однотипных изделий. Получены следующие значения времени безотказной работы: t1 = 370 час; t2 = 550 час; t3 = 910 час; t4 = 1015 час; t5 = 1215 час; t6 = 1250 час; t7 = 1310 час; t8 = 1360 час; t9 = 1410 час; t10 = 1460 час. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

**Задача 1.17.** На испытание поставлено 960 однотипных изделий. За 4897 часов работы отказало 23 изделий. Определить статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы 4897 часов.

**Задача 1.18.** На испытание поставлено 375 однотипных изделий. За 395 часов работы отказало 17 изделий. За последующие 10 часов еще 3 изделий. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 395 *час* и *t2* = 405 *час*.

**Задача 1.19.** В течение 879 часов работы из 101 буровых насосов отказало 11. За интервал времени 879 – 1879 часов отказал еще 5 буровых насосов. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 879 *час* и *t2* = 1879 *час*.

**Задача 1.20.** На испытание поставлено 7800 подшипников качения. За первые 5469 часов отказало 548 изделий. За интервал времени 5469 – 5698 часов отказало еще 125 подшипников. Требуется определить статистическую оценку вероятности безотказной работы за время 5469 часов.

З**адача 1.21.** В течение 4254 часов работы из 98 буровых насосов отказало 11. За интервал времени 4254 – 4554 часов отказал еще один буровой насос. Требуется определить статистическую оценку вероятности отказа за время 4554 часов.

**Задача 1.22.** На испытание поставлено 6541 изделий. За время 6589 часов вышло из строя 402 штук изделий. За последующий интервал времени 6589 – 6789 часов вышло из строя еще 13 изделий. Необходимо определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы *t1* = 1895 *час* и *t2* = 2350 *час*; оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 1895 *час* и *t2* = 2350 *час*.

**Задача 1.23.** На испытание поставлено 613 однотипных изделий. Получены следующие значения времени безотказной работы: t1 = 327 час; t2 = 569 час; t3 = 589 час; t4 = 609 час; t5 = 739 час; t6 = 779 час; t7 = 809 час; t8 = 910 час; t9 = 1056 час; t10 = 1156 час. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

**Задача 1.24.** На испытание поставлено 987 однотипных изделий. За 4512 часов работы отказало 32 изделий. Определить статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы 4512 часов.

**Задача 1.25.** На испытание поставлено 31275 однотипных изделий. За 11562 часов работы отказало 1260 изделий. За последующие 500 часов еще 89 изделий. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 11562 *час* и *t2* = 12062 *час*.

**Задача 1.26.** В течение 173 часов работы из 45 буровых насосов отказало 9. За интервал времени 173 – 193 часов отказал еще один буровой насос. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 173 *час* и *t2* = 193 *час*.

**Задача 1.27.** На испытание поставлено 8789 подшипников качения. За первые 1250 часов отказало 720 изделий. За интервал времени 1250 – 3500 часов отказало еще 205 подшипников. Требуется определить статистическую оценку вероятности безотказной работы за время 1250 часов.

З**адача 1.28.** В течение 7805 часов работы из 879 буровых насосов отказало 103. За интервал времени 7805 – 9805 часов отказал еще один буровой насос. Требуется определить статистическую оценку вероятности отказа за время 9805 часов.

**Задача 1.29.** На испытание поставлено 5645 изделий. За время 6502 часов вышло из строя 1375 штук изделий. За последующий интервал времени 6502 – 7810 часов вышло из строя еще 302 изделий. Необходимо определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы *t1* = 6502 *час* и *t2* = 7810 *час*; оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между *t1* = 6502 *час* и *t2* = 7810 *час*.

**Задача 1.30.** На испытание поставлено 897 однотипных изделий. Получены следующие значения времени безотказной работы: t1 = 569 час; t2 = 689 час; t3 = 890 час; t4 = 1302 час; t5 = 1450 час; t6 = 1560 час; t7 = 1798 час; t8 = 2103 час; t9 = 2540 час; t10 = 3120 час. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

**Контрольные вопросы:**

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