

По итогам выполнения каждой контрольной работы оформляется отчет, содержащий:

- титульный лист установленного образца;
- цель работы;
- ход выполнения работы (условие задачи, исходные данные к ней и решение);
- выводы по работе.

**На графиках обязательно должны быть указаны обозначения и размерности величин, откладываемых по осям!**

Отчеты предъявляются преподавателю для проверки и допуска к зачетному собеседованию.

Зачетное собеседование производится по контрольным вопросам, приведенным в конце указаний к каждой практической работе.

# РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

## 1. Цель работы

Изучение основных показателей безотказности. Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по результатам испытаний на надежность.

## 2. Сведения из теории

**Надежностью** называется свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [2]. Например, надежность световой лампы можно определить как ее способность давать свет определенной силы при номинальном напряжении.

Применительно к железнодорожной технике используется также следующее определение надежности: **надежность** – это способность железнодорожной техники выполнять предусмотренные техническими требованиями функции в течение определенной наработки или периода эксплуатации при установленных в нормативной и (или) технической документации условиях применения, технического содержания, хранения и транспортирования [3].

При этом под **техническим содержанием** понимается совокупность работ по техническому обслуживанию и ремонту железнодорожной техники [3].

Надежность объекта оценивается не только во время непосредственной эксплуатации, но и во время хранения, транспортирования и ремонтов. Поэтому надежность является сложным свойством и состоит из сочетания следующих свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость [1].

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

**Долговечность** – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

**Ремонтпригодность** – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.

**Сохраняемость** – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования

**Невосстанавливаемыми** являются объекты, которые после отказа не ремонтируют и больше не используют по назначению [2].

К числу наиболее широко применяемых количественных критериев надежности для невосстанавливаемых систем и элементов относятся:

- вероятность безотказной работы  $P(t)$ ;
- вероятность отказа  $Q(t)$ ;
- частота отказов  $f(t)$ ;
- интенсивность отказов  $\lambda(t)$ ;
- средняя наработка до отказа  $T$ .

**Вероятностью безотказной работы  $P(t)$**  называется вероятность того, что в пределах заданной наработки  $t$  отказ объекта не возникает [2]:

$$P(t) = P(t < t_{\text{от}}),$$

где  $t$  – время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы;

$t_{\text{от}}$  – время работы объекта от его включения до первого отказа (наработка до отказа).

Практически статистическая оценка вероятности безотказной работы  $P^*(t)$  может быть вычислена по результатам статистических испытаний по следующему выражению:

$$P^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (1.1)$$

где  $N_0$  – число объектов, поставленных на испытание;

$n(t)$  – число объектов, отказавших за время  $t$ .

**Вероятностью отказа  $Q(t)$**  называется вероятность того, что наработка до отказа меньше  $t$ , или вероятность того, что за время  $t$  объект откажет:

$$Q(t) = P(t > t_{\text{от}}).$$

Исправная работа и отказ в течение времени  $t$  являются несовместными событиями. Поэтому

$$P(t) + Q(t) = 1. \quad (1.2)$$

Статистическая оценка вероятности отказа  $Q^*(t)$  может быть определена по выражению

$$Q^*(t) = \frac{n(t)}{N_0}. \quad (1.3)$$

**Частотой отказов  $f(t)$**  называется отношение числа отказавших объектов в единицу времени к первоначальному числу испытываемых объектов при условии, что все вышедшие из строя объекты не восстанавливаются. Статистическая оценка частоты отказов  $f^*(t)$  определяется по выражению

$$f_i^*(t) = \frac{n(\Delta t_i)}{N_0 \Delta t_i}, \quad (1.4)$$

где  $n(\Delta t)_i$  – число объектов, отказавших на интервале времени от  $t_i - \frac{\Delta t_i}{2}$  до  $t_i + \frac{\Delta t_i}{2}$ ,  
 $\Delta t_i$  – интервал времени, для которого определяется частота.

**Интенсивностью отказов**  $\lambda(t)$  называется отношение числа отказавших объектов в единицу времени к среднему числу объектов, исправно работающих в данный интервал времени при условии, что отказавшие объекты не восстанавливаются и не заменяются исправными.

Статистическая оценка интенсивности отказов  $\lambda^*(t)$  определяется по выражению

$$\lambda_i^*(t) = \frac{n(\Delta t_i)}{N_{cp\ i} \Delta t_i}, \quad (1.5)$$

где  $N_{cp\ i}$  – среднее число исправно работающих объектов в интервале  $\Delta t_i$ ,  
 времени

$$N_{cp\ i} = \frac{N_{i-1} + N_i}{2};$$

$N_{i-1}$  – число объектов, исправно работающих в начале интервала  $\Delta t_i$ ;  
 времени  $\Delta t_i$ .

– число объектов, исправно работающих в начале интервала  
 времени

**Средней наработкой до отказа**  $T$  называется математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.

Статистическая оценка средней наработки до отказа  $T^*$  по результатам испытаний, если отказали все испытываемые элементы, вычисляется по формуле

$$T^* = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (1.6)$$

где  $t_i$  – время безотказной работы  $i$ -го объекта.

На практике для сокращения расходов на процесс испытаний, зачастую, испытания производятся не до отказа всех объектов, а все время испытаний разбивается на  $k$  интервалов. В этом случае среднюю наработку до отказа определяют по выражению [4]

$$\sum_{i=1}^k [n(\Delta t_i) \cdot t_{cp\ i}]$$

$$+ t_k [N_0 - n(t_k)]$$

$$T^* \approx \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N_0}, \quad (1.7)$$

где  $t_{\text{cp } i} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$  – среднее время работы объектов в  $i$ -м интервале времени;

$t_{i-1}$  – время начала  $i$ -го интервала времени;

$t_i$  – время конца  $i$ -го интервала времени;

$n(\Delta t_i)$  – число объектов, отказавших за время  $\Delta t_i$ .

### 3. Задание на контрольную работу

На испытание поставлено  $N_0 = 1600$  образцов неремонтируемой аппаратуры. Число отказов  $n(\Delta t)$  фиксировалось через каждые 100 часов работы ( $\Delta t = 100$  ч). Данные об отказах приведены в табл. 1.1. При этом к величине  $n(\Delta t)$  необходимо прибавить  $j$  – номер варианта (задается преподавателем).

Требуется определить следующие показатели надежности:

- вероятность безотказной работы  $P^*(t)$ ;
- вероятность отказа  $Q^*(t)$ ;
- частоту отказов  $f^*(t)$ ;
- интенсивность отказов  $\lambda^*(t)$ ;
- среднюю наработку до отказа  $T^*$ .

Построить графики зависимостей  $P^*(t)$ ,  $Q^*(t)$ ,  $f^*(t)$ ,  $\lambda^*(t)$ .

Результаты расчетов рекомендуется свести в таблицу (см. табл. 1.2).

Таблица 1.1

Данные об отказах

$i$	Номер группы							
	1		2		3		4	
	$\Delta t_i$ , ч	$n(\Delta t_i)$						
1	0–100	44	0–100	48	0–100	51	0–100	50
2	100–200	42	100–200	44	100–200	46	100–200	43
3	200–300	37	200–300	40	200–300	42	200–300	36
4	300–400	31	300–400	37	300–400	36	300–400	33
5	400–500	28	400–500	33	400–500	32	400–500	30
6	500–600	25	500–600	28	500–600	29	500–600	28
7	600–700	20	600–700	25	600–700	25	600–700	25
8	700–800	17	700–800	22	700–800	20	700–800	20
9	800–900	16	800–900	21	800–900	17	800–900	17
10	900–1000	16	900–1000	22	900–1000	16	900–1000	16
11	1000–1100	15	1000–1100	20	1000–1100	16	1000–1100	16
12	1100–1200	14	1100–1200	19	1100–1200	15	1100–1200	15
13	1200–1300	15	1200–1300	19	1200–1300	16	1200–1300	14
14	1300–1400	13	1300–1400	18	1300–1400	15	1300–1400	15
15	1400–1500	13	1400–1500	18	1400–1500	15	1400–1500	14
16	1500–1600	13	1500–1600	18	1500–1600	14	1500–1600	13
17	1600–1700	12	1600–1700	19	1600–1700	13	1600–1700	12
18	1700–1800	13	1700–1800	18	1700–1800	14	1700–1800	13
19	1800–1900	14	1800–1900	20	1800–1900	15	1800–1900	14
20	1900–2000	15	1900–2000	24	1900–2000	16	1900–2000	15



