

# 1. Оценка показателей надежности невосстанавливаемого объекта

## 1.1. Теоретические сведения

Для оценки надежности невосстанавливаемых объектов используют вероятностные характеристики случайной величины – *наработки объекта до отказа*. Под наработкой понимают продолжительность или объем работы объекта, измеряемые в часах, циклах или других единицах. Например, это могут быть километры пробега, число киловатт часов переработанной электроэнергии, число проходов электрического подвижного состава. Когда наработку до отказа выражают в единицах времени, то используют термин *время безотказной работы*.

Основными показателями надежности невосстанавливаемых объектов являются:

- функция надежности (вероятность безотказной работы);
- функция ненадежности (вероятность отказа);
- плотность распределения наработки до отказа;
- интенсивность отказов;
- вероятность безотказной работы в течение заданного интервала наработки;
- средняя наработка до отказа.

Вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах

$\hat{P}(t)$  оценивается выражением:

$$\hat{P}(t) = \frac{n(t)}{N}, \quad (1)$$

где  $n(t)$  – число изделий, не отказавших к моменту времени  $t$ ;

$N$  – число изделий, поставленных на испытания;

Для вероятности отказа по статистическим данным  $\hat{Q}(t)$  справедливо соотношение:

$$\hat{Q}(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (2)$$

где  $N - n(t)$  – число изделий, отказавших к моменту времени  $t$ ;

Частота отказов по статистическим данным об отказах  $\hat{f}(t)$  определяется выражением:

$$\hat{f}(t) = \frac{\Delta n(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

где  $n(t)$  – число отказавших изделий на участке времени  $(t, t + t)$ ;

$t$  – интервал времени.

Интенсивность отказов по статистическим данным об отказах  $\hat{\lambda}(t)$  определяется формулой:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t \cdot n(t)}, \quad (4)$$

где  $n(t)$  – число изделий, не отказавших к моменту времени  $t$ ;

$\Delta n(t)$  – число отказавших изделий на участке времени  $(t, t + t)$ ;

Среднее время безотказной работы изделия по статистическим данным

$\hat{m}_t$  оценивается выражением:

$$\hat{m}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (5)$$

где  $t_i$  – время безотказной работы  $i$ -го изделия;

$N$  – общее число изделий, поставленных на испытания;

Для определения  $\hat{m}_t$  по формуле (5) необходимо знать моменты выхода из строя всех  $N$  изделий. Можно определять  $\hat{m}_t$  из уравнения

$$\hat{m}_t \approx \sum_{i=1}^m n_i t_{cpi}, \quad (6)$$

где  $n_i$  – количество вышедших из строя изделий в  $i$ -ом интервале времени.

$$t_{cp.i} = (t_{i-1} + t_i) / 2;$$

$$m = t_k / t;$$

$$t = t_{i+1} - t_i,$$

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

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

$t_k$  – время испытаний;

$t$  – интервал времени контроля работоспособности изделий.

Дисперсия времени безотказной работы изделия по статистическим данным  $\hat{D}_t$  определяется формулой:

$$\hat{D}_t = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \hat{m}_t)^2, \quad (7)$$

## 1.2. Условия задачи и исходные данные

На испытании находится  $N$  однотипных объектов. Число отказавших объектов учитывается через каждые 100 часов работы. Определить эмпирически функцию вероятности безотказной работы  $P(t)$ , функцию частоты (плотности) отказа  $f(t)$ , функцию интенсивности отказа  $\lambda(t)$ , среднюю наработку до  $i$ -го отказа. Построить графики функций.

Исходные данные к задаче 1 приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Исходные данные к задаче 1

Вариант	Кол-во объектов на испыт	Наработка, час										
		0–100	100–200	200–300	300–400	400–500	500–600	600–700	700–800	800–900	900–1000	сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1, 31	1200	122	62	47	43	41	39	38	38	50	95	575
2, 32	1200	127	64	46	41	39	37	38	37	50	100	579
3, 33	1200	130	62	45	39	37	35	36	36	52	103	575
4, 34	1200	117	60	48	45	43	41	34	39	50	90	567
5, 35	1200	114	56	49	47	45	43	40	40	48	87	569
6, 36	1200	110	56	42	39	37	35	42	34	45	86	526
7, 37	1200	115	58	41	37	35	33	34	33	45	91	522
8, 38	1200	118	56	40	35	33	31	32	32	47	94	518
9, 39	1200	105	54	43	41	39	37	30	35	45	81	510
10, 40	1200	102	68	44	43	41	39	36	36	43	78	530
11	1200	134	68	52	47	45	43	38	42	55	105	629
12	1200	139	70	51	45	43	41	31	41	55	110	626
13	1200	142	68	50	43	41	39	40	40	57	113	633

*Окончание таблицы 1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	1200	129	66	53	49	47	45	38	43	55	100	625
15	1200	126	61	55	51	49	47	44	44	53	97	627
16	1200	121	61	54	50	48	46	46	42	49	96	613
17	1200	126	63	52	48	46	44	45	43	49	99	615
18	1200	129	61	49	46	40	40	43	42	52	102	604
19	1200	116	59	52	55	42	42	37	40	52	90	585
20	1200	113	55	43	44	44	38	31	42	50	93	553
21	1200	109	55	40	34	40	37	44	24	48	77	508
22	1100	114	57	42	44	38	31	43	38	45	104	556
23	1100	117	55	49	58	32	33	37	37	44	105	567
24	1100	104	53	48	56	34	35	39	36	44	112	561
25	1100	101	61	45	52	36	43	30	39	47	100	554
26	1100	132	67	43	51	44	40	37	40	43	96	593
27	1100	138	69	42	42	42	34	35	34	43	95	574
28	1100	141	67	51	50	38	36	29	33	51	99	595
29	1100	128	65	41	24	37	40	31	32	51	95	544

30	1100	125	65	12	10	40	38	33	35	50	94	502
----	------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

