

Вероятность безотказной работы

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$

$$Q(t) + P(t) = 1.$$

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

## Частота отказов

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(\tau) d\tau . \quad f(t) = \frac{n(t)}{N_0 \Delta t} .$$

## Интенсивность отказов

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_{-\infty}^{t_2} f(t) dt - \int_{-\infty}^{t_1} f(t) dt = Q(t_2) - Q(t_1)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_{t_1}^{\infty} f(t) dt - \int_{t_2}^{\infty} f(t) dt = P(t_1) - P(t_2) .$$

$$\frac{P(t_1) - P(t_2)}{(t_2 - t_1)P(t_1)} = \frac{P(t) - P(t + \Delta t)}{\Delta t P(t)}$$

$$[t_1, t_2] = [t, t + \Delta t].$$

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{\text{ф}}(t)\Delta t},$$

**Методика расчёта параметров надёжности оборудования**

1.

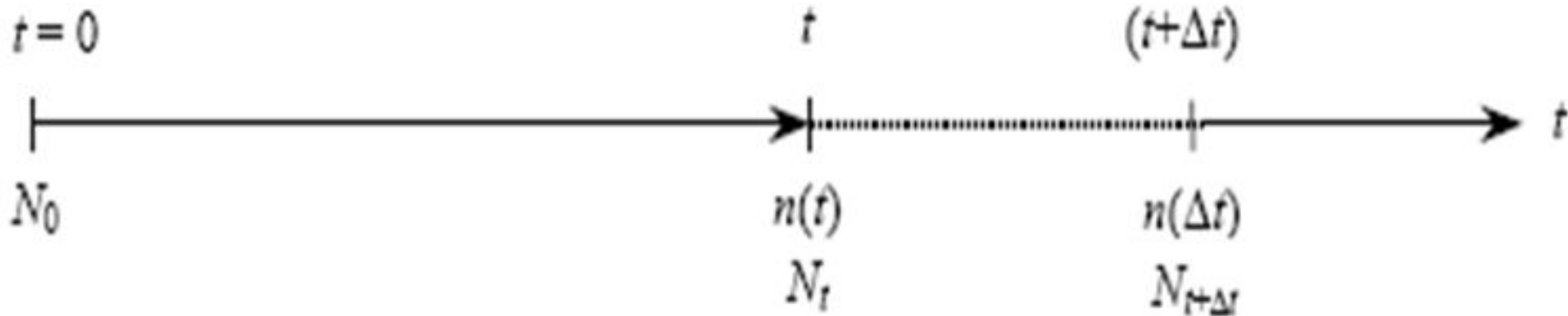


Рис. 1 Схема работы оборудования

2.

Вероятность безотказной работы за время  $t$

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} .$$

3.

Вероятность безотказной работы за время  $(t + \Delta t)$

$$P(t + \Delta t) = \frac{N_0 - n(\Delta t)}{N_0} .$$

4.

Среднее количество изделий, действующих в период времени  $(t + \Delta t)$

$$N_{\text{ср}} \left( t + \frac{1}{2} \Delta t \right) = N_0 - \left( n(t) + \frac{1}{2} n(\Delta t) \right) ,$$

где  $n \left( t + \frac{1}{2} \Delta t \right)$  – среднее количество изделий,  
отказавших в период времени  $(t + \Delta t)$ .

$$n\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right) = n(t) + \frac{1}{2}n(\Delta t)$$

5 Вероятность безотказной работы за время  $\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right)$

$$P\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right) = \frac{N_0 - n\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right)}{N_0}.$$

6 Частота отказов,  $\text{с}^{-1}$

$$f\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right) = \frac{n(\Delta t)}{N_0\Delta t}.$$

7 Интенсивность отказов,  $\text{с}^{-1}$

$$\lambda\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right) = \frac{n(\Delta t)}{N_{\text{ф}}\left(t + \frac{1}{2}\Delta t\right)\Delta t}.$$

## Лекция 2

Рассмотрим, как меняются основные характеристики надёжности функционирования оборудования в течение достаточно длительного промежутка времени. Для этого заданное количество единиц оборудования, не подлежащего ремонту, было подвергнуто испытанию. Отказы оборудования регистрировались через равные промежутки времени.

### 1 Вероятность безотказной работы

$$P(t_i) = \frac{N_0 - n(t)_i}{N_0},$$

где  $N_0$  – общее количество образцов неремонтируемой аппаратуры;  $n(t)_i$  – количество отказов, произошедших в наблюдаемый промежуток времени;  $t_i$  – текущее время испытаний, ч

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t_i.$$

2 Частота отказов, ч<sup>-1</sup>

$$f(\bar{t}_i) = \frac{n(\Delta t)_i}{N_0 \Delta t},$$

где  $\bar{t}_i$  – среднее время, ч


$$\bar{t}_i = \bar{t}_{i-1} + \frac{1}{2} \Delta t_i.$$

3 Интенсивность отказов, ч<sup>-1</sup>

$$\lambda(\bar{t}_i) = \frac{n(\Delta t)_i}{\bar{N}_i \Delta t},$$

где  $\bar{N}_i$  – среднее количество единиц исправного оборудования к среднему моменту времени  $t_i$

$$\bar{N}_i = \bar{N}_{i-1} + \frac{1}{2} n(\Delta t)_i.$$

 Графическая зависимость вероятности безотказной работы строится как функция текущего времени  $P(t_i) = f(t_i)$ , частоты и интенсивности отказов – как функции среднего текущего времени  $f(\bar{t}_i)$ ,  $\lambda(\bar{t}_i)$ .

## Решение типовых задач

*Задача 1* На испытание поставлено  $N_0$  однотипных центробежных насосов. За время  $t$  часов отказало  $n$  насосов. Определить вероятность отказа и вероятность безотказной работы.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 1 приложения.

*Задача 2* На испытание было поставлено  $N_0$  однотипных подшипниковых узлов перемешивающих устройств. За первое время  $t$ , ч, отказало  $n(t)$  изделий. За время  $\Delta t$ , ч, отказало  $n(\Delta t)$  изделий. Определить вероятность безотказной работы за время  $t$ ,  $(t + \Delta t)$  и  $\left(t + \frac{1}{2} \Delta t\right)$ , а также частоту и интенсивность отказов узлов в промежутке времени от  $t$  до  $(t + \Delta t)$  часов.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 1 приложения.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

### 1 Исходные данные для расчета

№ варианта	Данные к задаче 1		Данные к задаче 2				
	$N_0$ , шт.	$n$ , шт.	$N_0$ , шт.	$t$ , ч	$n(t)$ , шт.	$\Delta t$ , ч	$n(\Delta t)$ , шт.
1	450	10	150	2500	32	150	10
2	362	25	125	2200	20	210	18
3	480	36	160	3000	40	250	5
4	940	158	280	3400	60	300	65
5	580	305	130	4100	16	98	35
6	800	104	420	5000	100	125	85
7	300	27	380	4800	62	324	120
8	1000	36	240	5120	58	300	50
9	840	10	190	3420	60	180	10
10	650	65	140	1560	32	82	50
11	950	600	280	2700	26	96	6
12	690	129	640	1450	182	84	10

*Задача 3* На испытании находилось  $N_0$  образцов неремонтируемой аппаратуры. Число отказов  $n(\Delta t)$ ; фиксировалось через каждые  $\Delta t$  часов работы. Данные об отказах приведены в таблице. Определить характеристики надёжности и построить зависимость характеристик от времени:  $P(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $f(t)$ .

Исходные данные для расчета представлены в табл. 3 приложения.

*Задача 4* До начала наблюдения за работой одного экземпляра перемешивающего устройства реактора оно проработало  $t_{\text{н}}$  часов. К концу наблюдения наработка устройства составила  $t_{\text{х}}$  часов. Требуется определить среднюю наработку на отказ, если за период наблюдения зарегистрировано  $n$  отказов.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 4 приложения.

### 3 Исходные данные для расчета

№ вари- анта	N <sub>0</sub> , шт.	Δt, ч	n(Δt) <sub>i</sub>														
1	1000	150	90	57	37	32	29	29	27	27	26	27	26	25	30	45	70
2	1500	200	150	90	52	44	43	43	43	44	44	45	60	83	110	140	–
3	2400	240	250	130	103	101	100	100	99	100	100	120	141	168	200	230	260
4	3000	160	255	146	135	135	135	134	135	134	135	134	135	138	167	230	270
5	1640	180	170	105	77	77	76	76	76	77	80	114	160	186	–	–	–
6	3560	220	310	228	180	162	156	156	155	156	156	155	156	171	223	280	–
7	2480	340	240	160	126	125	125	126	126	125	126	131	140	150	180	220	250
8	2000	400	225	148	121	117	116	115	115	116	120	149	180	210	235	–	–
9	1700	380	176	90	52	38	33	32	33	32	32	33	40	78	118	160	–
10	1820	140	202	123	86	73	71	71	70	71	70	71	72	90	120	150	190
11	2640	160	190	100	94	93	93	93	94	93	94	102	160	205	–	–	–
12	1580	280	192	147	100	72	66	66	65	65	65	66	80	107	130	158	181

**4 Исходные данные для расчета средней наработки на отказ**

№ варианта	$t_{г}$ , ч	$t_{с}$ , ч	$n$ , шт.
1	248	1456	23
2	250	2080	15
3	164	1640	12
4	203	2580	32
5	298	3060	21
6	309	3250	41
7	240	2470	20
8	352	1940	16
9	398	1280	65
10	400	2560	48
11	254	3080	35
12	169	2580	18
13	150	2000	14
14	124	1890	10
15	105	1560	10
16	287	2450	14
17	236	2900	19
18	300	3450	27
19	364	4000	36
20	254	4200	27
21	260	3800	28
22	289	3000	20
23	219	2500	16
24	207	3600	22
25	257	2450	30