

Задания по теме №2. Основные понятия надежности

По этой теме нужно выполнить три задания (2.1, 2.2 и 2.3). После выполнения каждого задания необходимо составить отчет о проделанной работе, который должен содержать:

- 1) номер задания и номер варианта (см. файл «Варианты заданий»);
- 2) формулы, результаты счета и построенные графики (при необходимости);
- 3) текст программы при выполнении расчетов на ЭВМ;
- 4) выводы, сделанные на основании анализа полученных результатов.

Задание 2.1. Изучение надежности невосстанавливаемых объектов

На испытании находилось N_0 образцов невосстанавливаемых объектов. Отказы фиксировались через каждые Δt часов работы. Данные о распределении числа отказов n_i по интервалам времени Δt_i представлены в виде таблицы (см. ниже для соответствующего варианта).

Требуется:

- 1) построить зависимости от времени статистических оценок вероятности безотказной работы $P^*(t)$, вероятности отказа $Q^*(t)$, плотности распределения наработки до отказа $f^*(t)$ и интенсивности отказов $\lambda^*(t)$;
- 2) вычислить среднюю наработку до отказа T_0^* ;
- 3) выполнить анализ полученных результатов;
- 4) составить отчет о проделанной работе.

Вариант 1

$N_0 = 1000$; $\Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	50	1000–1100	15	2000–2100	12
100–200	40	1100–1200	14	2100–2200	13
200–300	32	1200–1300	14	2200–2300	12
300–400	25	1300–1400	13	2300–2400	13
400–500	20	1400–1500	14	2400–2500	14
500–600	17	1500–1600	13	2500–2600	16
600–700	16	1600–1700	13	2600–2700	20
700–800	16	1700–1800	13	2700–2800	25
800–900	15	1800–1900	14	2800–2900	30
900–1000	14	1900–2000	12	2900–3000	40

Вариант 2

$N_0 = 500; \Delta t = 50$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–50	25	500–550	8	1000–1050	6
50–100	20	550–600	7	1050–1100	7
100–150	16	600–650	7	1100–1150	6
150–200	13	650–700	6	1150–1200	6
200–250	10	700–750	7	1200–1250	7
250–300	8	750–800	7	1250–1300	8
300–350	8	800–850	6	1300–1350	10
350–400	8	850–900	7	1350–1400	12
400–450	7	900–950	7	1400–1450	15
450–500	7	950–1000	6	1450–1500	20

Вариант 3

$N_0 = 900; \Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	52	1000–1100	17	2000–2100	14
100–200	42	1100–1200	16	2100–2200	15
200–300	34	1200–1300	16	2200–2300	14
300–400	27	1300–1400	15	2300–2400	15
400–500	22	1400–1500	16	2400–2500	16
500–600	19	1500–1600	15	2500–2600	18
600–700	18	1600–1700	15	2600–2700	22
700–800	18	1700–1800	15	2700–2800	27
800–900	17	1800–1900	16	2800–2900	32
900–1000	16	1900–2000	14	2900–3000	42

Вариант 4

$N_0 = 200; \Delta t = 20$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–20	10	180–200	2	360–380	2
20–40	8	200–220	3	380–400	3
40–60	6	220–240	2	400–420	3
60–80	5	240–260	2	420–440	4
80–100	4	260–280	2	440–460	5
100–120	4	280–300	3	460–480	6
120–140	3	300–320	2	480–500	8
140–160	3	320–340	2	–	–
160–180	3	340–360	3	–	–

Вариант 5

$N_0 = 2000; \Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	100	1000–1100	30	2000–2100	24
100–200	80	1100–1200	28	2100–2200	26
200–300	65	1200–1300	28	2200–2300	28
300–400	50	1300–1400	26	2300–2400	32
400–500	40	1400–1500	26	2400–2500	40
500–600	34	1500–1600	26	2500–2600	50
600–700	32	1600–1700	27	2600–2700	60
700–800	33	1700–1800	24	2700–2800	80
800–900	30	1800–1900	24	–	–
900–1000	29	1900–2000	25	–	–

Вариант 6

$N_0 = 1600; \Delta t = 150$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–150	75	1200–1350	23	2400–2550	22
150–300	60	1350–1500	21	2550–2700	20
300–450	48	1500–1650	23	2700–2850	21
450–600	38	1650–1800	21	2850–3000	24
600–750	30	1800–1950	22	3000–3150	30
750–900	26	1950–2100	23	3150–3300	38
900–1050	24	2100–2250	21	3300–3450	45
1050–1200	24	2250–2400	20	3450–3600	60

Вариант 7

$N_0 = 1200; \Delta t = 120$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–120	60	1080–1200	17	2160–2280	16
120–240	48	1200–1320	15	2280–2400	17
240–360	38	1320–1440	16	2400–2520	19
360–480	30	1440–1560	14	2520–2640	24
480–600	24	1560–1680	15	2640–2760	30
600–720	20	1680–1800	14	2760–2880	36
720–840	19	1800–1920	14	2880–3000	49
840–960	19	1920–2040	16	–	–
960–1080	18	2040–2160	14	–	–

Вариант 8

$N_0 = 700; \Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	60	700–800	24	1400–1500	23
100–200	56	800–900	22	1500–1600	25
200–300	50	900–1000	23	1600–1700	30
300–400	26	1000–1100	24	1700–1800	37
400–500	24	1100–1200	23	1800–1900	45
500–600	25	1200–1300	22	1900–2000	58
600–700	23	1300–1400	24	–	–

Вариант 9

$N_0 = 250; \Delta t = 200$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–200	18	1800–2000	7	3600–3800	10
200–400	15	2000–2200	8	3800–4000	7
400–600	9	2200–2400	9	4000–4200	9
600–800	7	2400–2600	10	4200–4400	12
800–1000	10	2600–2800	8	4400–4600	15
1000–1200	8	2800–3000	10	4600–4800	6
1200–1400	9	3000–3200	9	4800–5000	5
1400–1600	10	3200–3400	10	–	–
1600–1800	7	3400–3600	8	–	–

Вариант 10

$N_0 = 1200; \Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	60	900–1000	30	1800–1900	45
100–200	55	1000–1100	45	1900–2000	38
200–300	45	1100–1200	48	2000–2100	35
300–400	40	1200–1300	50	2100–2200	50
400–500	30	1300–1400	40	2200–2300	55
500–600	35	1400–1500	50	2300–2400	60
600–700	30	1500–1600	40	2400–2500	64
700–800	40	1600–1700	47	2500–2600	70
800–900	37	1700–1800	40	–	–

Вариант 11

$N_0 = 250; \Delta t = 100$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–100	29	600–700	7	1200–1300	8
100–200	17	700–800	9	1300–1400	10
200–300	15	800–900	8	1400–1500	9
300–400	10	900–1000	7	1500–1600	8
400–500	8	1000–1100	9	1600–1700	7
500–600	9	1100–1200	7	–	–

Вариант 12

$N_0 = 1300; \Delta t = 500$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–500	150	3000–3500	65	6000–6500	65
500–1000	91	3500–4000	69	6500–7000	67
1000–1500	65	4000–4500	64	7000–7500	70
1500–2000	74	4500–5000	68	7500–8000	75
2000–2500	67	5000–5500	70	8000–8500	80
2500–3000	70	5500–6000	65	–	–

Вариант 13

$N_0 = 1700; \Delta t = 750$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–750	218	4500–5250	72	9000–9750	90
750–1500	129	5250–6000	68	9750–10500	113
1500–2250	85	6000–6750	74	10500– 11250	120
2250–3000	70	6750–7500	66	11250– 12000	128
3000–3750	75	7500–8250	70	–	–
3750–4500	69	8250–9000	65	–	–

Вариант 14

$N_0 = 2000; \Delta t = 500$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–500	290	3000–3500	102	6000–6500	120
500–1000	172	3500–4000	92	6500–7000	150
1000–1500	154	4000–4500	104	7000–7500	124
1500–2000	100	4500–5000	89	7500–8000	84
2000–2500	90	5000–5500	95	8000–8500	32
2500–3000	95	5500–6000	100	–	–

Вариант 15

$N_0 = 1000; \Delta t = 250$ ч

Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i	Δt_i , ч	n_i
0–250	73	1500–1750	26	3000–3250	30
250–500	43	1750–2000	27	3250–3500	38
500–750	39	2000–2250	28	3500–3750	31
750–1000	35	2250–2500	25	3750–4000	21
1000–1250	31	2500–2750	26	4000–4250	8
1250–1500	28	2750–3000	27	–	–

Задание 2.2. Изучение надежности восстанавливаемых объектов

Имеются данные о распределении периодов времени работы t_{pi} , восстановления t_{Bi} и организационных простоев t_{oi} трех объектов, а также данные о суммарной продолжительности ремонтов $t_{рем}$ и технического обслуживания $t_{ТО}$ (номера объектов для каждого варианта см. в табл.).

Требуется:

- 1) вычислить среднюю наработку на отказ T^* , среднее время восстановления T_B^* , коэффициенты готовности K_r^* , оперативной готовности $K_{ог}^*$ и технического использования $K_{ти}^*$ для каждого объекта;
- 2) выполнить сравнительный анализ надежности объектов;
- 3) составить отчет о проделанной работе.

Т а б л и ц а Исходные данные для расчетов

Вариант	Номера объектов для сравнения	Вариант	Номера объектов для сравнения	Вариант	Номера объектов для сравнения
1	1, 2, 3	6	3, 4, 5	11	2, 3, 7
2	1, 4, 5	7	3, 6, 8	12	1, 7, 8
3	1, 6, 7	8	4, 7, 8	13	2, 6, 8
4	2, 4, 6	9	5, 6, 7	14	3, 5, 7
5	2, 5, 7	10	1, 2, 8	15	4, 6, 8

Объект 1

t_{pi} , ч	172	176	180	184	188	190	193	198	202
t_{Bi} , ч	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
t_{oi} , ч	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3

$t_{рем} = 17$ ч, $t_{ТО} = 8$ ч

Объект 2

t_{pi} , ч	151	157	160	165	169	170	171	172	175	178	183	189
t_{Bi} , ч	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
t_{Oi} , ч	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4

$$t_{\text{рем}} = 15 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 6 \text{ ч}$$

Объект 3

t_{pi} , ч	59	60	65	67	68	70	71	76	79	80	84	85
t_{Bi} , ч	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
t_{Oi} , ч	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2

$$t_{\text{рем}} = 10 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 5 \text{ ч}$$

Объект 4

t_{pi} , ч	490	492	496	502	521	530	535	536	542
t_{Bi} , ч	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
t_{Oi} , ч	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2

$$t_{\text{рем}} = 20 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 9 \text{ ч}$$

Объект 5

t_{pi} , ч	60	64	70	71	74	75	80	81	85	88	92	96
t_{Bi} , ч	0,5	0,7	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2
t_{Oi} , ч	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6

$$t_{\text{рем}} = 11 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 6 \text{ ч}$$

Объект 6

t_{pi} , ч	45	46	48	50	60	64	65	66	69
t_{Bi} , ч	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	2
t_{Oi} , ч	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5

$$t_{\text{рем}} = 9 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 5 \text{ ч}$$

Объект 7

t_{pi} , ч	120	122	125	128	130	133	139	142	144	147	150	152
t_{Bi} , ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1,1	1,2
t_{Oi} , ч	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5

$$t_{\text{рем}} = 16 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 8 \text{ ч}$$

Объект 8

t_{pi} , ч	45	47	50	53	60	64	65	69	71
t_{Bi} , ч	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1
t_{Oi} , ч	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4

$$t_{\text{рем}} = 10 \text{ ч}, t_{\text{ТО}} = 5 \text{ ч}$$

Задание 2.3. Изучение влияния элементов системы на ее надежность

В результате наблюдения за работой m восстанавливаемых систем в течение времени t_H установлено, что отказы происходят из-за элементов трех типов. Каждая система содержит N_1 элементов первого типа, N_2 элементов второго типа и N_3 элементов третьего типа. Информация о распределении числа отказов элементов каждого типа n_i ($i = \overline{1,3}$) во времени представлена в таблице (см. ниже для соответствующего варианта).

Требуется:

- 1) построить зависимости от времени статистических оценок параметра потока отказов $\omega_i^*(t)$ для элементов каждого типа и для системы $\omega_c^*(t)$;
- 2) дать заключение о влиянии элементов системы на ее надежность;
- 3) ответить на контрольные вопросы по теме «Основные понятия теории надежности» (см. стр. 12 этого файла)
- 4) составить отчет с результатами расчетов и ответами на вопросы.

Вариант 1

$m=40$; $t_H=2000$ ч; $N_1=50$; $N_2=40$; $N_3=30$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000
1	n_1	11	9	4	4	3	4	3	4	4	3
2	n_2	6	7	5	6	5	6	7	5	6	5
3	n_3	12	10	7	8	7	7	8	7	11	13

Вариант 2

$m=50$; $t_H=3000$ ч; $N_1=45$; $N_2=55$; $N_3=60$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500	1500-1800	1800-2100	2100-2400	2400-2700	2700-3000
1	n_1	12	10	5	5	4	5	4	4	5	4
2	n_2	13	11	8	9	8	7	9	8	12	14
3	n_3	7	8	6	7	6	7	8	6	8	6

Вариант 3

$m=30$; $t_H=1000$ ч; $N_1=55$; $N_2=42$; $N_3=56$.

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
1	n_1	10	8	3	3	2	3	2	3	3	2
2	n_2	5	6	4	5	4	5	6	4	5	4
3	n_3	11	9	8	7	6	7	6	6	10	12

Вариант 4

$m=40$; $t_H=2500$ ч; $N_1=48$; $N_2=29$; $N_3=55$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-250	250-500	500-750	750-1000	1000-1250	1250-1500	1500-1750	1750-2000	2000-2250	2250-2500
1	n_1	12	10	4	3	2	3	3	2	3	2
2	n_2	5	6	4	5	4	5	4	8	10	13
3	n_3	13	11	8	7	6	7	6	6	7	12

Вариант 5

$m=60$; $t_H=2000$ ч; $N_1=57$; $N_2=43$; $N_3=60$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000
1	n_1	14	12	7	7	6	7	6	6	7	7
2	n_2	15	13	10	9	10	11	10	9	14	16
3	n_3	8	9	7	8	7	8	7	11	13	15

Вариант 6

$m=50$; $t_H=3000$ ч; $N_1=54$; $N_2=38$; $N_3=49$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500	1500-1800	1800-2100	2100-2400	2400-2700	2700-3000
1	n_1	15	13	11	8	9	7	9	7	14	16
2	n_2	12	10	6	5	7	5	7	6	7	5
3	n_3	9	7	8	9	8	9	7	10	12	15

Вариант 7

$m=30$; $t_H=1000$ ч; $N_1=36$; $N_2=27$; $N_3=41$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
1	n_1	6	5	6	4	5	6	4	8	10	12
2	n_2	4	3	4	2	3	4	3	2	4	3
3	n_3	13	10	9	5	6	4	5	4	6	4

Вариант 8

$m=40; t_H=2500$ ч; $N_1=38; N_2=40; N_3=51$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-250	250-500	500-750	750-1000	1000-1250	1250-1500	1500-1750	1750-2000	2000-2250	2250-2500
1	n_1	15	13	11	5	6	4	6	5	5	4
2	n_2	10	9	4	3	2	3	3	4	2	3
3	n_3	4	4	6	4	5	4	6	5	10	14

Вариант 9

$m=50; t_H=2000$ ч; $N_1=40; N_2=30; N_3=20$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-400	400-800	800-1200	1200-1600	1600-2000	2000-2400	2400-2800	2800-3200	3200-3600	3600-2000
1	n_1	15	10	8	4	3	5	3	5	4	3
2	n_2	16	11	5	6	5	6	7	10	12	15
3	n_3	13	10	7	6	8	7	8	7	11	14

Вариант 10

$m=30; t_H=3000$ ч; $N_1=33; N_2=47; N_3=54$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500	1500-1800	1800-2100	2100-2400	2400-2700	2700-3000
1	n_1	13	11	5	5	4	5	4	4	5	4
2	n_2	12	10	8	9	8	7	9	8	12	15
3	n_3	8	9	7	8	7	8	9	7	9	7

Вариант 11

$m=30; t_H=1000$ ч; $N_1=35; N_2=22; N_3=46$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
1	n_1	9	7	6	3	2	3	2	2	3	3
2	n_2	5	6	4	5	4	5	6	4	5	4
3	n_3	12	10	7	8	6	7	6	6	11	14

Вариант 12

$m=40$; $t_H=2500$ ч; $N_1=38$; $N_2=36$; $N_3=45$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-250	250-500	500-750	750-1000	1000-1250	1250-1500	1500-1750	1750-2000	2000-2250	2250-2500
1	n_1	13	11	5	4	3	4	3	3	4	4
2	n_2	5	6	4	5	4	5	4	9	11	14
3	n_3	14	11	9	7	6	7	6	6	7	13

Вариант 13

$m=60$; $t_H=2000$ ч; $N_1=56$; $N_2=31$; $N_3=40$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000
1	n_1	15	13	8	6	7	8	6	7	8	7
2	n_2	16	14	10	9	10	11	10	9	12	15
3	n_3	8	9	7	8	7	8	7	10	11	14

Вариант 14

$m=5$; $t_H=4000$ ч; $N_1=54$; $N_2=38$; $N_3=49$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-400	400-800	800-1200	1200-1600	1600-2000	2000-2400	2400-2800	2800-3200	3200-3600	3600-4000
1	n_1	16	14	12	9	10	8	10	9	15	17
2	n_2	13	11	6	5	7	5	7	6	7	5
3	n_3	9	7	8	9	8	9	7	11	13	15

Вариант 15

$m=30$; $t_H=1000$ ч; $N_1=26$; $N_2=37$; $N_3=48$

Тип элемента	Число отказов элементов	Δt_i , ч									
		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
1	n_1	6	5	6	4	5	6	4	7	9	11
2	n_2	4	3	4	2	3	4	3	2	4	3
3	n_3	12	9	8	5	6	4	5	4	6	4

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные понятия теории надежности.
2. Перечислите состояния объектов и отличия различных состояний.
3. Перечислите временные понятия надежности.
4. Чем отличаются понятия дефекта, повреждения, отказа?
5. Перечислите виды отказов.
6. В чем отличие единичных и комплексных показателей надежности?
7. Какие показатели надежности относятся к единичным?
8. Какие показатели надежности относятся к комплексным?