

1. Жүйе екі құрылғыдан тұрады. $t=100$ сағат уақыт ішінде олардың әрқайсысының ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы тең: $p_1(100)=0,95$; $p_2(100)=0,97$. Сенімділіктің экспоненциалды заңға бағынады. Жүйенің бірінші істен шығуына дейінгі орташа уақытты табу керек ($t_{cp,c}$)

Берілгені:

Табу керек: $t_{cp,c}$

$$N=2$$

$$t=100 \text{ сағат}$$

$$p_1(100) = 0.95$$

$$p_2(100) = 0.97$$

Шешімі:

Өнімнің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын анықталады:

$$P_c(100) = p_1(100) * p_2(100) = 0.95 * 0.97=0.92$$

Өнімнің бұзылу коэффициенті мына формуламен анықталады:

$$P_c(100) = e^{-\lambda_c 100}$$

$$\lambda_c = -\frac{\ln 0.92}{100} = 8.3 * 10^{-4} \text{ сағат}^{-1}$$

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{8.3 * 10^{-4}} \approx 1205 \text{ сағат}$$

1 есеп вариантары	N	t	P ₁	P ₂
1	2	100	0.92	0.96
2	2	120	0.95	0.94
3	2	150	0.96	0.92
4	2	125	0.94	0.93
5	2	90	0.96	0.98
6	2	110	0.97	0.95
7	2	200	0.92	0.94
8	2	150	0.97	0.96
9	2	125	0.98	0.95
10	2	100	0.95	0.97
11	2	200	0.96	0.98
12	2	80	0.94	0.94
13	2	120	0.92	0.95
14	2	150	0.97	0.96
15	2	100	0.95	0.93
16	2	105	0.95	0.98
17	2	120	0.93	0.97
18	2	150	0.98	0.96

2. $N=1000$ элемент сынаққа қойылды. Ақаулар саны әрбір $\Delta t=500$ сағат сынақ уақыт интервалында тіркелді. Уақыт функциясы ретінде ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын, істен шығу жиілігін және істен шығу қарқындылығын анықтау керек, осы функциялардың графиктерін құрып, сонымен қатар элементтердің бірінші істен шығуына дейінгі орташа уақытты табу қажет.

Элемент ақаулығы туралы деректер:

Δt_i , сағат	$n(\Delta t_i)$
0-500	145
500-1000	86
1000-1500	77
1500-2000	69
2000-2500	62
2500-3000	56
3000-3500	51
3500-4000	45
4000-4500	41
4500-5000	37
5000-5500	33
5500-6000	35
6000-6500	60
6500-7000	75
7000-7500	62
7500-8000	42
8000-8500	16

Шешімі:

$P(t)$ мәндерін келесі формулалар бойынша есептейміз:

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

$$P(500) = \frac{1000 - 145}{1000} = 0.855; \quad P(1000) = \frac{1000 - 231}{1000} = 0.769;$$

$$P(1500) = \frac{1000 - 308}{1000} = 0.692;$$

$$P(2000) = \frac{1000 - 377}{1000} = 0.623; \quad P(2500) = \frac{1000 - 439}{1000} = 0.561;$$

$$P(3000) = \frac{1000 - 495}{1000} = 0.505;$$

$$P(3500) = \frac{1000 - 546}{1000} = 0.454; \quad P(4000) = \frac{1000 - 591}{1000} = 0.409;$$

$$P(4500) = \frac{1000 - 632}{1000} = 0.368;$$

$$P(5000) = \frac{1000 - 669}{1000} = 0.331; \quad P(5500) = \frac{1000 - 702}{1000} = 0.298;$$

$$P(6000) = \frac{1000 - 737}{1000} = 0.263;$$

$$P(6500) = \frac{1000 - 797}{1000} = 0.203; \quad P(7000) = \frac{1000 - 872}{1000} = 0.128;$$

$$P(7500) = \frac{1000 - 934}{1000} = 0.066;$$

$$P(8000) = \frac{1000 - 976}{1000} = 0.024; \quad P(8500) = \frac{1000 - 992}{1000} = 0.008;$$

Төмендегі формула бойынша істен шығу жиілігін табаймыз:

$$f(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}$$

$$f(250) = \frac{145}{1000 \cdot 500} = 0,29 \cdot 10^{-3}; \quad f(750) = \frac{86}{1000 \cdot 500} = 0,17 \cdot 10^{-3};$$

$$f(1250) = \frac{77}{1000 \cdot 500} = 0,15 \cdot 10^{-3}; \quad f(1750) = \frac{69}{1000 \cdot 500} = 0,14 \cdot 10^{-3};$$

$$f(2250) = \frac{62}{1000 \cdot 500} = 0,12 \cdot 10^{-3}; \quad f(2750) = \frac{56}{1000 \cdot 500} = 0,11 \cdot 10^{-3};$$

$$f(3250) = \frac{51}{1000 \cdot 500} = 0,10 \cdot 10^{-3}; \quad f(3750) = \frac{45}{1000 \cdot 500} = 0,09 \cdot 10^{-3};$$

$$f(4250) = \frac{41}{1000 \cdot 500} = 0,08 \cdot 10^{-3}; \quad f(4750) = \frac{37}{1000 \cdot 500} = 0,07 \cdot 10^{-3};$$

$$f(5250) = \frac{33}{1000 \cdot 500} = 0,06 \cdot 10^{-3}; \quad f(5750) = \frac{35}{1000 \cdot 500} = 0,07 \cdot 10^{-3};$$

$$f(6250) = \frac{60}{1000 \cdot 500} = 0,12 \cdot 10^{-3}; \quad f(6750) = \frac{75}{1000 \cdot 500} = 0,15 \cdot 10^{-3};$$

$$f(7250) = \frac{62}{1000 \cdot 500} = 0,12 \cdot 10^{-3}; \quad f(7750) = \frac{42}{1000 \cdot 500} = 0,08 \cdot 10^{-3};$$

$$f(8250) = \frac{16}{1000 \cdot 500} = 0,03 \cdot 10^{-3}$$

Келесі формула арқылы істен шығу қарқындылығын табамыз:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t \cdot N_{cp}}$$

Әрбір уақыт интервалындағы қызмет көрсетілетін заттардың орташа санын анықтаймыз:

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

$$\lambda(250) = \frac{145}{500 \cdot \left(\frac{1000+855}{2}\right)} = 3,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(750) = \frac{86}{500 \cdot \left(\frac{855+769}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(1250) = \frac{77}{500 \cdot \left(\frac{769+692}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(1750) = \frac{69}{500 \cdot \left(\frac{692+623}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(2250) = \frac{62}{500 \cdot \left(\frac{623+561}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(2750) = \frac{56}{500 \cdot \left(\frac{561+505}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(3250) = \frac{51}{500 \cdot \left(\frac{505+454}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(3750) = \frac{45}{500 \cdot \left(\frac{454+409}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(4250) = \frac{41}{500 \cdot \left(\frac{409+368}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(4750) = \frac{37}{500 \cdot \left(\frac{368+331}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(5250) = \frac{33}{500 \cdot \left(\frac{331+298}{2}\right)} = 2,1 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(5750) = \frac{35}{500 \cdot \left(\frac{298+263}{2}\right)} = 2,5 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(6250) = \frac{60}{500 \cdot \left(\frac{263+203}{2}\right)} = 5,2 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(6750) = \frac{75}{500 \cdot \left(\frac{203+128}{2}\right)} = 9,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(7250) = \frac{62}{500 \cdot \left(\frac{128+66}{2}\right)} = 12,8 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(7750) = \frac{42}{500 \cdot \left(\frac{66+24}{2}\right)} = 18,7 \cdot 10^{-4};$$

$$\lambda(8250) = \frac{16}{500 \cdot \left(\frac{24+8}{2}\right)} = 20 \cdot 10^{-4};$$

Барлық Δt_i үшін есептелген $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ мәндері

Δt_i , ч	$P(t)$	$f(t)$, ч	$\lambda(t)$, ч
0 – 500	0,855	0,00029	0,00031
500 – 1000	0,769	0,00017	0,00021
1000 – 1500	0,692	0,00015	0,00021
1500 – 2000	0,623	0,00014	0,00021
2000 – 2500	0,561	0,00012	0,00021
2500 – 3000	0,505	0,00011	0,00021
3000 – 3500	0,454	0,00010	0,00021
3500 – 4000	0,409	0,00009	0,00021
4000 – 4500	0,368	0,00008	0,00021
4500 – 5000	0,331	0,00007	0,00021
5000 – 5500	0,298	0,00007	0,00021
5500 – 6000	0,263	0,00007	0,00025
6000 – 6500	0,203	0,00012	0,00052
6500 – 7000	0,128	0,00015	0,00091
7000 – 7500	0,066	0,00012	0,00128
7500 – 8000	0,024	0,00008	0,00187
8000 – 8500	0,008	0,00003	0,00200

Бірінші істен шығуға дейінгі орташа уақытты табамыз. Бұл жағдайда мынаны ескере отыру қажет:

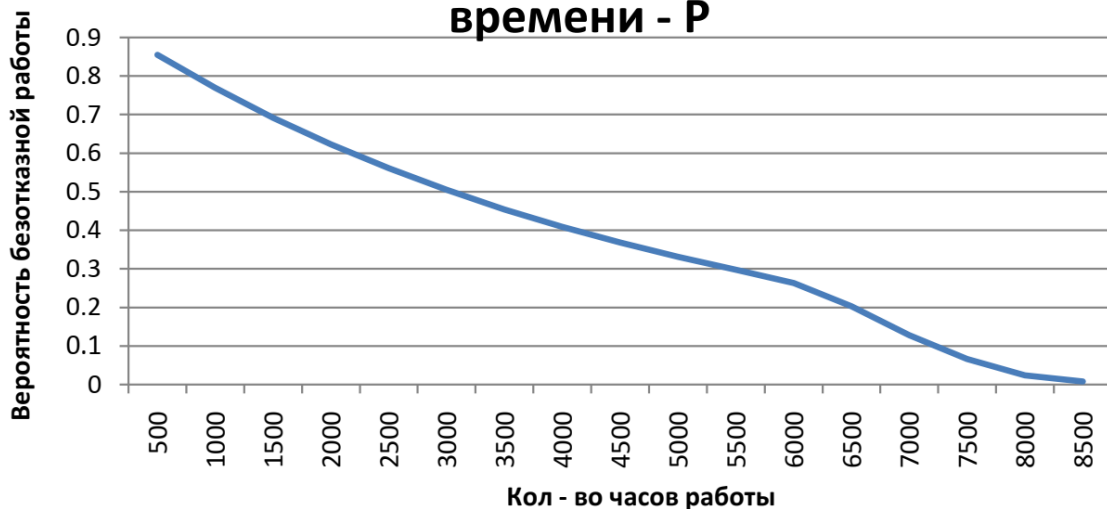
$$m = t_k / \Delta t = 8500 / 500 = 17;$$

$$N_0 = 992;$$

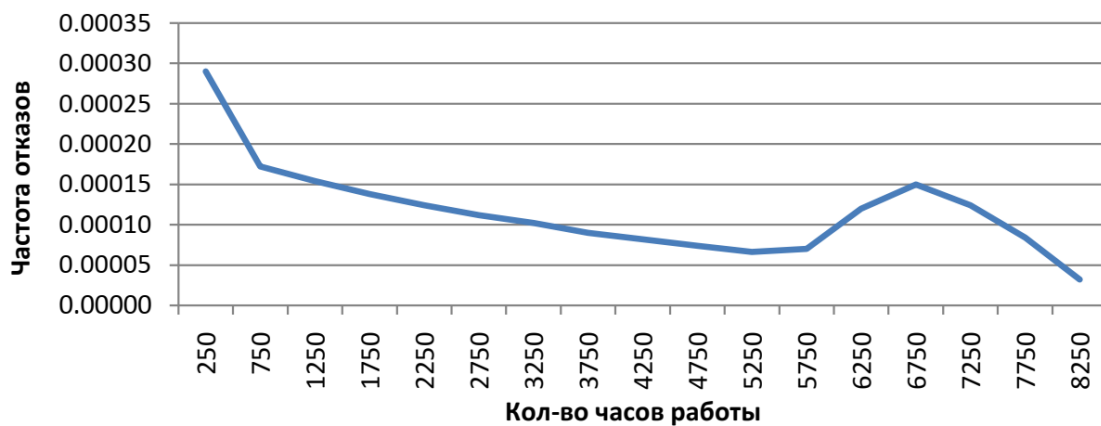
содан

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i t_{cpi}}{N_0} = \frac{145 * 250 + 86 * 750 + 77 * 1250 + \dots + 62 * 7250 + 42 * 7750 + 16 * 8250}{992} = 3486.391$$

Вероятность безотказной работы от времени - P



Частота отказов от времени, f



Интенсивность отказов от времени, λ



Қорытынды: 500 сағаттық сынақтан кейін ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы 0,855 болды және бүкіл тестілеу барысында нөлге дейін төмендеді.

250 сағат жұмыс істегеннен кейін істен шығу көрсеткіші $2,9 \cdot 10^{-4}$ сағатты құрап, 5750 сағат сынаққа дейін төмендеп, $0,7 \cdot 10^{-4}$ сағатқа жетті. Одан кейін 6750 сағат жұмыс істегенде істен шығу жылдамдығы $1,5 \cdot 10^{-4}$ сағатқа дейін өсті. , бақылаулардың соңына дейін жиілік төмендеді және бақылаулар соңында $0,3 \cdot 10^{-4}$ сағатты құрады. 250-ден 5750 сағатқа дейінгі бақылаулар кезінде сәтсіздік деңгейі $2,1 \cdot 10^{-4}$ сағат деңгейінде қалды. Содан кейін, бақылаулардың соңына дейін қарқындылық артып, соңында $20 \cdot 10^{-4}$ сағ.

1-Вариант

$N = 1000$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	75
500-1000	59
1000-1500	54
1500-2000	49
2000-2500	46
2500-3000	62
3000-3500	78
3500-4000	80
4000-4500	43
4500-5000	54
5000-5500	38
5500-6000	44
6000-6500	59
6500-7000	49
7000-7500	36

2-Вариант

$N = 1500$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	85
500-1000	72
1000-1500	82
1500-2000	57
2000-2500	48
2500-3000	54
3000-3500	81
3500-4000	96
4000-4500	61
4500-5000	78
5000-5500	94
5500-6000	102
6000-6500	99
6500-7000	74
7000-7500	69

3-Вариант

$$N = 2000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	123
500-1000	105
1000-1500	96
1500-2000	100
2000-2500	88
2500-3000	60
3000-3500	81
3500-4000	77
4000-4500	94
4500-5000	75
5000-5500	86
5500-6000	101
6000-6500	94
6500-7000	82
7000-7500	75

4-Вариант

$$N = 1000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	61
500-1000	74
1000-1500	66
1500-2000	50
2000-2500	63
2500-3000	51
3000-3500	39
3500-4000	29
4000-4500	41
4500-5000	51
5000-5500	63
5500-6000	47
6000-6500	39
6500-7000	56
7000-7500	60

5-Вариант

$$N = 3000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	169
500-1000	126
1000-1500	159
1500-2000	107
2000-2500	172
2500-3000	173
3000-3500	177
3500-4000	70
4000-4500	151
4500-5000	62
5000-5500	147
5500-6000	105
6000-6500	150
6500-7000	99
7000-7500	140

6-Вариант

$$N = 2000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	85
500-1000	92
1000-1500	103
1500-2000	76
2000-2500	74
2500-3000	104
3000-3500	109
3500-4000	72
4000-4500	65
4500-5000	68
5000-5500	87
5500-6000	69
6000-6500	108
6500-7000	68
7000-7500	58

7-Вариант

$N = 2500$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	130
500-1000	63
1000-1500	52
1500-2000	100
2000-2500	70
2500-3000	114
3000-3500	88
3500-4000	84
4000-4500	95
4500-5000	91
5000-5500	138
5500-6000	108
6000-6500	66
6500-7000	74
7000-7500	69

9-Вариант

$N = 5000$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	241
500-1000	186
1000-1500	191
1500-2000	137
2000-2500	59
2500-3000	79
3000-3500	127
3500-4000	137
4000-4500	238
4500-5000	110
5000-5500	65
5500-6000	110
6000-6500	212
6500-7000	203
7000-7500	100

8-Вариант

$N = 1500$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	27
500-1000	32
1000-1500	40
1500-2000	73
2000-2500	61
2500-3000	71
3000-3500	29
3500-4000	57
4000-4500	23
4500-5000	51
5000-5500	25
5500-6000	38
6000-6500	64
6500-7000	32
7000-7500	40

10-Вариант

$N = 1000$

$\Delta t = 500$ ч

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	52
500-1000	44
1000-1500	28
1500-2000	46
2000-2500	58
2500-3000	23
3000-3500	36
3500-4000	49
4000-4500	51
4500-5000	30
5000-5500	48
5500-6000	57
6000-6500	39
6500-7000	29
7000-7500	53

11-Вариант

$$N = 4000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	174
500-1000	154
1000-1500	125
1500-2000	145
2000-2500	131
2500-3000	132
3000-3500	81
3500-4000	79
4000-4500	178
4500-5000	114
5000-5500	108
5500-6000	64
6000-6500	109
6500-7000	95
7000-7500	64

12-Вариант

$$N = 2000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	70
500-1000	80
1000-1500	100
1500-2000	110
2000-2500	96
2500-3000	114
3000-3500	111
3500-4000	45
4000-4500	55
4500-5000	70
5000-5500	56
5500-6000	69
6000-6500	52
6500-7000	76
7000-7500	103

13-Вариант

$$N = 2500$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	118
500-1000	85
1000-1500	90
1500-2000	88
2000-2500	69
2500-3000	140
3000-3500	85
3500-4000	75
4000-4500	94
4500-5000	59
5000-5500	79
5500-6000	83
6000-6500	80
6500-7000	53
7000-7500	68

14-Вариант

$$N = 1500$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	83
500-1000	65
1000-1500	51
1500-2000	75
2000-2500	51
2500-3000	66
3000-3500	56
3500-4000	84
4000-4500	61
4500-5000	63
5000-5500	60
5500-6000	82
6000-6500	69
6500-7000	66
7000-7500	57

15-Вариант

$$N = 1000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	53
500-1000	71
1000-1500	61
1500-2000	75
2000-2500	50
2500-3000	57
3000-3500	64
3500-4000	62
4000-4500	24
4500-5000	32
5000-5500	51
5500-6000	40
6000-6500	37
6500-7000	39
7000-7500	48

16-Вариант

$$N = 1500$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	107
500-1000	98
1000-1500	100
1500-2000	57
2000-2500	83
2500-3000	54
3000-3500	43
3500-4000	95
4000-4500	46
4500-5000	89
5000-5500	47
5500-6000	72
6000-6500	115
6500-7000	75
7000-7500	57

17-Вариант

$$N = 2000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	85
500-1000	120
1000-1500	38
1500-2000	137
2000-2500	104
2500-3000	93
3000-3500	39
3500-4000	36
4000-4500	83
4500-5000	59
5000-5500	70
5500-6000	33
6000-6500	76
6500-7000	33
7000-7500	98

18-Вариант

$$N = 1000$$

$$\Delta t = 500 \text{ ч}$$

Δt_i	$n(\Delta t_i)$
0-500	66
500-1000	79
1000-1500	59
1500-2000	30
2000-2500	52
2500-3000	61
3000-3500	74
3500-4000	57
4000-4500	67
4500-5000	42
5000-5500	34
5500-6000	61
6000-6500	68
6500-7000	53
7000-7500	49