

ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА И РИСКА НА НЕРЕЗЕРВИРАНА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА

1. Постановка на задачата

Зададено:

- структурна схема на електронната система във вид на основно (последователно в смисъл на надеждност) свързване на елементите;
- n – брой елементи на системата;
- λ_i – интензивност на отказ на i -тия елемент на системата, $i = 1, 2, \dots, n$;
- r_i – риск поради отказ на i -тия елемент на системата, $i = 1, 2, \dots, n$;
- R – допустим риск;
- T – сумарно време на работа на системата.

Да се определят:

показателите на надеждността на системата:

- $P_c(t)$ – вероятност за безотказна работа на системата за време t , при $t = T$ и $t = T_1$
- T_1 – средно време на безотказна работа на системата;
- $R_c(t)$ – риск на системата като функция на времето; стойност на риска при $t = T$ и $t = T_1$
- Възможност за определяне на риска по приближена формула ($R_c^*(t)$).

Вариантите на заданието са дадени в разд. 5.

2. Теория

Основните показатели на надеждност на нерезервирана невъзстановяема електронна система са: $P_c(t)$ – вероятност за безотказна работа на системата за време t , T_1 – средно време на безотказна работа. При постоянни интензивности на отказите на елементите

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}, T_1 = \frac{1}{\lambda_c}$$

където $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ - интензивност отказите на системата.

Рискът на системата и $R_c^*(t)$ се изчисляват съответно по точна $R_c(t)$ и по приближена формула $R_c^*(t)$ както е дадено по-долу:

$$R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i,$$

$$R_c^*(t) = \sum_{i=1}^n q_i(t) r_i,$$

$$G_R(t, n) = \frac{R_c(t)}{R_c^*(t)} = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n(1 - e^{-\lambda t})}.$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} G_R(t, n) = 1, \lim_{t \rightarrow \infty} G_R(t, n) = \frac{1}{n}$$

Това означава, че с увеличаване продължителността на работа на системата грешката $G_R(t, n)$ в приближената формула се увеличава.

3. Последователност на изпълнение на работата

Лабораторната работа се извършва в следната последователност:

1. Изчисляват се показателите на надеждност на системата $P_c(t)$ и T_1 . Стойността на вероятността за безотказна работа $P_c(t)$ следва да се получи при $t = T$ и $t = T_1$.
2. Изследва се функцията риск на системата по точната формула, за да се:
 - получи формулата на риска за зададените n, λ_i, r_i .
 - изследва зависимостта $R_c(t)$, представяйки функцията във вид на графика и таблица;
 - изчислява се стойността на риска за изходните данни при $t = T$ и $t = T_1$.
3. Изследват се зависимостта $G_R(t, n)$ при допускане, че елементите на системата са равнонадеждни и интензивността на отказите на всеки елемент е равна на тяхната средна интензивност на отказите, т. е.

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

4. Правят се изводи.

По резултатите от лабораторната работа се представя отчет, в който са задължителни следните пунктове:

1. Постановка на задачата.
2. Формули за пресмятане.
3. Числени стойности на показателите на надеждност и на риска на изследваната електронна система.
4. Стойности на времето на непрекъсната работа на системата, при което се осигурява необходимата стойност на риска.
5. Графики и таблици на функцията на риска.
6. Изводи от резултатите на изследването.

4. Пример за изпълнение на лабораторната работа

Нека е дадена система със следните изходни данни:

- Брой елементи на системата $n = 10$;
- Време на непрекъсната работа $T = 1000$ часа;
- Допустим риск $R = 5000$ условни единици.

Стойностите на риска и интензивностите на отказите са дадени в табл. 1.

По-нататък се дава последователността на изпълнение на работата. Изследванията се провеждат с помощта на програмата Microsoft Excel.

Таблица 1. Изходни данни за примера.

Изходни данни										
Номер на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda \cdot 10^{-5}, \text{ час}^{-1}$	1,2	0,8	0,5	1	1,5	0,6	0,09	0,05	1	1,5
$r, \text{ усл. ед.}$	2000	300	8000	1000	1200	60	5000	6000	100	120

4.1. Определяне показателите на надеждност на системата

Интензивността на отказите на системата е равна на $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

Поставяйки в този израз стойността на интензивността на отказите на елементите от табл. 1, получаваме: $\lambda_c = 8,24 \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$ (технологията на изчисляване на λ_c е показана в раздел 4.2).

Тогава вероятността и средното време за безотказна работа ще бъдат равни на:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} t}$$

$$T_1 = \frac{1}{\lambda_c} = 12316, \text{ час.}$$

$$\text{При } t = T = 1000 \text{ часа, } P_c(1000) = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3} = 0,92$$

$$\text{При } t = T_1 = 12316 \text{ часа, } P_c(12316) = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} \cdot 12316} = 0,367$$

4.2. Определяне риска на системата по точна формула

Отначало е нужно да се въведат изходните данни (предложени от преподавателя) така както е показано на фиг. 2.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2				въведете изходните данни										
2	n=	10		λ=	1,2	0,8	0,5	1	1,5	0,6	0,09	0,05	1	1,5
3	T=	1000		r=	2000	300	8000	1000	1200	60	5000	6000	100	120
4	R=	5000												

Фиг. 2.1

Забележка: данните може да се въведат и в други клетки, но в дадения текст ще се използват указания за тези конкретни клетки.

Изчисляването на интензивността на откази на системата λ_c се осъществява така:

Тъй като $\lambda_{\bar{n}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ то избираме клетка C8 и въвеждаме: =SUM(E2:N2)*0,00001

За изчисляване на сумата $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$ е необходимо да се получи скалярно произведение на векторите λ и r , затова в клетка E5 въвеждаме: =E2*E3

и повтаряме тези действия за всички стойности на λ_i и r_i (диапазона от клетки от E5 до N5)

След това изчисляваме $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$. В клетка C10 въвеждаме: =SUM(E5:N5)*0,00001

В резултат получаваме следното: (фиг. 2.2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	n=	10		λ=	1,2	0,8	0,5	1	1,5	0,6	0,09	0,05	1	1,5	
3	T=	1000		r=	2000	300	8000	1000	1200	60	5000	6000	100	120	
4	R=	5000													
5				λ*t=	2400	240	4000	1000	1800	36	450	300	100	180	
6															
7															
8		Σλ=	0,0000824				T ₁ =	12135,92		P _c (T)=	0,920904				
9										P _c (T ₁)=	0,367879				
10		Σλ*r=	0,10506							R _c (T)=	100,848				
11										R _c (T ₁)=	805,9537				
12															

Фиг. 2.2

вероятността и средното време за безотказна работа са равни на:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} t}, \text{ час.} \quad T_1 = \frac{1}{\lambda_c}$$

За изчисление на T_1 в клетка H8 въвеждаме: =1/C8

За изчисление на $P_c(t)$ при $t= T$, в клетка K8 въвеждаме: =EXP(-C8*V3)

За изчисление на $P_c(t)$ при $t= T_1$, в клетка K9 въвеждаме: =EXP(-C8*H8)

Сега е необходимо да се намери стойността на функцията на риска при $t = T$ и $t = T_1$

Функцията на риска е: $R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$,

Тъй като $Q_c(t) = 1 - P_c(t) = 1 - e^{-\lambda_c t}$, $\lambda_c = 8,24 \cdot 10^{-5}$, $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = 0,10506$, то в съответствие с дадения израз за $R_c(t)$ функцията на риска ще бъде равна на:

$$R_c(t) = \frac{1 - e^{-8,24 \cdot 10^{-5} t}}{8,24 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,10506,$$

За изчисляване на $R_c(t)$ при $t = T$, в клетката K10 се въвежда: $= (1 - \text{EXP}(-\text{C8} * \text{B3})) / \text{C8} * \text{C10}$

За изчисляване на $R_c(t)$ при $t = T_1$, в клетка K11 се въвежда: $= (1 - \text{EXP}(-\text{C8} * \text{H8})) / \text{C8} * \text{C10}$

За $t = T_1 = 12136$ часа стойността на риска е $R_c(t) = 805,953$. От получените стойности на $R_c(t)$ се вижда, че рискът на изследваната система е под допустимата стойност, равна на 5000 условни единици.

Получават се следващите резултати: (фиг. 2.3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	n=	10		$\lambda =$	1,2	0,8	0,5	1	1,5	0,6	0,09	0,05	1	1,5		
3	T=	1000		r=	2000	300	8000	1000	1200	60	5000	6000	100	120		
4	R=	5000														
5				$\lambda * t =$	2400	240	4000	1000	1800	36	450	300	100	180		
6																
7																
8		$\Sigma \lambda =$	0,0000824				$T_1 =$	12135,92		$P_c(T) =$	0,920904					
9										$P_c(T_1) =$	0,367879					
10		$\Sigma \lambda * r =$	0,10506							$R_c(T) =$	100,848					
11										$R_c(T_1) =$	805,9537					
12																

Фиг. 2.3

4.3. Изследване функцията на риска

Предполагайки, че всички елементи на системата са равнонадеждни, а интензивността на отказите на всеки елемент

$\lambda = \frac{\lambda_c}{n} = 0,824 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹ (се изчислява като поставим в клетка F14 формулата: $= \text{C8} / \text{B2}$), получаваме за риска от следния израз:

$$R_c(t) = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n\lambda} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = \frac{1 - e^{-0,824 \cdot 10^{-5} n t}}{0,824 \cdot 10^{-5} n} \cdot 10506 \cdot 10^{-5} = 12750 \cdot \frac{1 - e^{-0,824 \cdot 10^{-5} n t}}{n}$$

Намираме зависимостта на $R_c(t)$ при различни стойности на n във вид на графика и таблица, използвайки възможностите на Excel.

Отначало въвеждаме времевия диапазон t (виж фиг. 3.1)

	V	B	C	D	E	Љ	Е	H	I	Г	K	Г	W	И	O	b
17																
18			№	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
19			време t	0	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10500	12000				
20																

Фиг. 3.1

По-нататък ще въведем в клетка D20 формулата за намиране на $R_c(t)$ при n :

$$=(1-EXP(-\$B\$2*\$F\$14*D19))/\$B\$2/\$F\$14*\$C\$10$$

”пренасяме” тази формула по целия диапазон на времето t (клетки D20:L20), виж фиг. 3.2

Въвеждаме в клетка D21 формулата за намиране на $R_c(t)$ при $3n$:

$$=(1-EXP(-3*\$B\$2*\$F\$14*D19))/3/\$B\$2/\$F\$14*\$C\$10$$

”пренасяме” тази формула по целия диапазон от време t (клетки D21:L21), виж фиг. 3.2

Въвеждаме в клетка D22 формулата за намиране на $R_c(t)$ при $5n$:

$$=(1-EXP(-5*\$B\$2*\$F\$14*D19))/5/\$B\$2/\$F\$14*\$C\$10$$

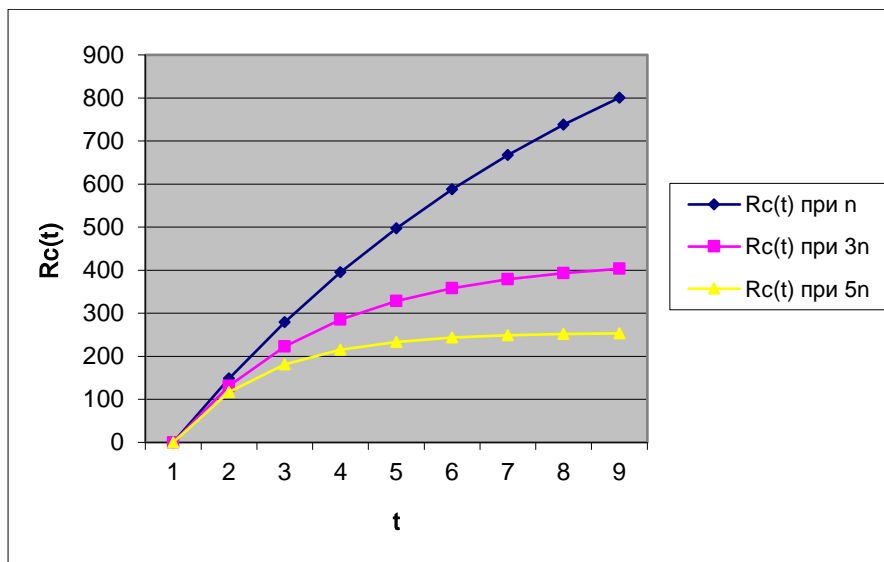
”пренасяме” тази формула по целия диапазон от време t (клетки D22:L22), виж фиг. 3.2

	V	B	C	D	E	Љ	Е	H	I	Г	K	Г	W	И	O
18			№	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
19			време t	0	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10500	12000			
20			$R_c(t)$ при n	0	148,2401	279,2448	395,018	497,3306	587,7477	667,6523	738,2666	800,6709			
21			$R_c(t)$ при $3n$	0	131,6727	222,5508	285,2732	328,5631	358,441	379,0622	393,2945	403,1175			
22			$R_c(t)$ при $5n$	0	117,5495	180,9113	215,0646	233,474	243,397	248,7457	251,6288	253,1829			
23															

Фиг. 3.2

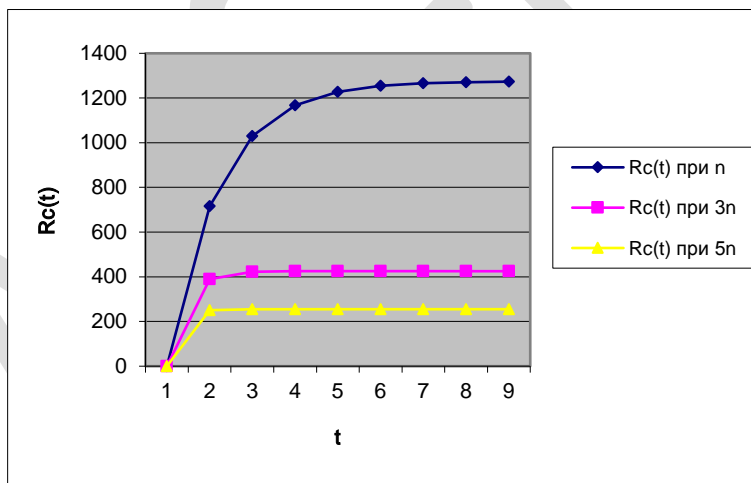
От ред 20 е видно, че рискът нараства с увеличаване на времето на работа на системата t . Така например, с увеличаване на времето на работа от 1500 до 12000 часа рискът се увеличава примерно от 150 до 800 условни единици.

Построяваме графика:



Фиг. 3.3

Забележка: Ако графиката не е явна, то може да се изменят стойностите на t (необходимо е да се съблюдава избраната стъпка Δt).



Фиг. 3.4 $R_c(t)$ в диапазон $t[0; 80000]$ със стъпка $\Delta t= 10000$

От графиката се вижда, че с увеличаване на времето t на работа на системата техногенният риск на функциониране на електронната система се увеличава и при $t \rightarrow \infty$ се стреми към постоянна стойност, равна на средната стойност на риска.

Определяне на критичното време на работа на системата

Тъй като $R_c(t)$ нараства с нарастването на t , то представлява интерес пределното (граничното) време, след което рискът ще превишава допустимата стойност. Решението на задачата се свежда до определяне корена на уравнението

$$R = \frac{Q_c(\tau)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i.$$

Тъй като в разглеждания случай

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = 10506 \cdot 10^{-5}, \quad \lambda_c = 8,24 \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}, \quad R = 5000, \text{ то, поставяйки тези стойности}$$

в последния израз, получаваме:

$$5000 = 1275(1 - e^{-8.24 \cdot 10^{-5} \tau})$$

Решавайки това уравнение получаваме критичната стойност τ .

В клетка C16 въвеждаме: $=-LN(1-B4*C8/C10)/C8$

В нашият пример няма реален корен. Това значи, че при всяко t рискът на системата не превъзхожда допустимата стойност.

4.4. Изследване на зависимостта $G_R(t, n)$

За анализ на зависимостта $G_R(t, n)$ представяме тази функция във вид на графика и таблица. Графиките позволяват да се направи качествен анализ, а таблиците - количествен. По-долу се описва процедура за представяне на функцията във вид на графика и таблица в Excel.

Предполагаме, че системата се състои от n равнонадеждни елементи, всеки от които има интензивност на отказите λ . Тогава функцията $G_R(t, n)$ ще се изразява с формулата

$$G_R(t, n) = \frac{R_c(t)}{R_c^*(t)} = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n(1 - e^{-\lambda t})}.$$

Отначало въвеждаме времевия диапазон на t (виж фиг. 4.1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
5				Изследване зависимостта на $G_R(t, n)$										
6			№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7			време t	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	

Фиг. 4.1

След това въвеждаме в клетка D48 формулата за намиране на $G_R(t, n)$ при n :

$$=(1-EXP(-\$B\$2*\$F\$14*D47))/\$B\$2/(1-EXP(-\$F\$14*D47))$$

”пренасяме” тази формула по целия диапазон на времето t (клетки D48:M48). Виж фиг. 4.2

Въвеждаме в клетка D49 формулата за намиране на $G_R(t, n)$ при $3n$:

$$=(1-EXP(-3*\$B\$2*\$F\$14*D47))/3/\$B\$2/(1-EXP(-\$F\$14*D47))$$

”пренасяме” тази формула по целия диапазон на времето t (клетки D49:M49). виж фиг. 4.2

Въвеждаме в клетка D50 формулата за намиране на $G_R(t, n)$ при $5n$:

$$=(1-EXP(-5*\$B\$2*\$F\$14*D47))/5/\$B\$2/(1-EXP(-\$F\$14*D47))$$

”пренасяме” тази формула по целия диапазон на времето t (клетки D50:M50) виж фиг. 4.2

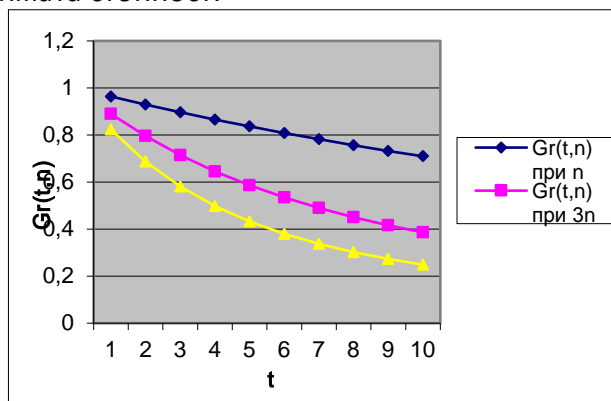
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
45				Изследване зависимостта на $G_R(t, n)$										
46			№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
47			време t	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	
48			$G_R(t, n)$ при n	0,963869	0,929564	0,896981	0,866024	0,836601	0,808627	0,78202	0,756706	0,732613	0,709673	
49			$GR(t, n)$ при $3n$	0,88964	0,795482	0,71487	0,645614	0,585899	0,534222	0,489334	0,450197	0,415944	0,385851	
50			$GR(t, n)$ при $5n$	0,822983	0,68685	0,581117	0,498148	0,432351	0,379613	0,336886	0,301898	0,272948	0,248748	
51														

Фиг. 4.2

От таблицата на фиг. 4.2 се вижда, че функцията $G_R(t, n)$ е намаляваща. Това означава, че с увеличаване на времето и с увеличаване на броя на елементите грешката от приближената формула нараства. Построяваме графика за 3 стойности на n : за $n, 3n, 5n$, където n – брой елементи на системата.

В резултат получаваме семейство криви, от които може да се направят два важни извода (Фиг. 4.3):

1. Колкото са повече елементите n и колкото е по-голямо времето на работа на системата, толкова е по-голяма грешката от приближената формула.
2. Приближената формула може да се ползва в случая, когато времето на работа на системата е малко и рискът, изчислен по приближената формула, не превишава допустимата стойност.



Фиг.4.3 Графика на функцията $G_R(t, n)$

4. Задачи за изпълнение

За изпълнение на долните задачи трябва да ползвате данни от съответния вариант, по схемата за разпределение на вариантите:

Разпределението на данните за самостоятелна работа е както следва:

Поредния ви номер в списъка на групата съответства на варианта, съответно при поредни номера в списъка на групата от 1 до 15. Поредни номера от 16 нагоре се разпределят както следва:

Пор № в списъка	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
№ на вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1. Определете показателите на надеждност на системата
2. Определете и изследвайте риска на системата
3. Определяне на критичното време на работа на системата
4. Изследвайте зависимостта $G_R(t, n)$

6. Варианти на задания за лабораторното упражнение

В заданията са приети следните означения:

T — сумарно време на работа на системата, час.

R — допустим риск, усл. ед.

λ_i — интензивност на отказите на i -тия елемент, час⁻¹.

r_i — риск на системата поради отказ на i -тия елемент, усл. ед.

Вариант 1

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,1	0,5	3	4,2	3,6	2,1	4,4	4,8
r , усл.ед.	2500	6000	3000	2850	6180	4200	680	1000

$T = 1450$ час, $R = 7500$ усл. ед.

Вариант 2

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	2,1	1,5	3,2	2,2	3,9	2,4	1,4	1,8
r , усл.ед.	6800	9200	2000	20000	6450	5200	1680	160

$T = 1350$ час, $R = 3500$ усл. ед.

Вариант 3

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	0,1	2,5	3,1	1,2	1,6	2,3	0,4	4,6

$T =$

r , усл.ед.	10500	8000	6000	285	6000	5200	68000	1400
---------------	-------	------	------	-----	------	------	-------	------

$T = 2350$ час, $R = 2500$ усл. ед.

Вариант 4

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,6	1,3	2,3	4,1	3,2	2,7	0,4	0,8
r , усл.ед.	3500	6450	3250	28500	6780	4280	2680	1800

$T =$

3500 час, $R = 7000$ усл. ед.

Вариант 5

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,1	2,5	3,7	0,2	2,6	2,4	1,4	3,8
r , усл.ед.	5200	4200	1400	2850	6460	44560	8080	3000

$T =$

4000 час, $R = 7500$ усл. ед.

Вариант 6

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	3,1	1,5	2,9	4,7	3,2	2,9	2,4	1,8
r , усл.ед.	2500	6000	3000	2850	6180	4200	680	1000

$T =$

1450 час, $R = 6500$ усл. ед.

Вариант 7

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,2	2,8	4,3	4,1	0,6	0,1	2,5	1,7
r , усл.ед.	4500	6500	3100	1850	6350	5200	380	1400

$T =$

4350 час, $R = 3500$ усл. ед.

Вариант 8

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	0,8	0,7	2,7	1,9	4,6	2,2	3,4	4,2
r , усл.ед.	500	600	300	285	618	420	680	100

$T =$

4450 час, $R = 6500$ усл. ед.

Вариант 9

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	3,1	2,5	3,2	2,2	2,6	2,4	4,1	3,8
r , усл.ед.	1500	2000	3100	3850	3180	3200	3680	3000

$T =$

2050 час, $R =$

3700 усл. ед.

Вариант 10

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,1	2,5	3	4,4	3,3	2,2	4,6	4,1
r , усл.ед.	3500	6300	3300	3330	6380	4300	6830	1300

$T =$

1290 час, $R = 5700$ усл. ед.

Вариант 11

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	2	0,5	1	4	3	2	4	4
r , усл.ед.	3500	4000	3400	4850	4180	4400	6480	1400

$T =$

1540 час, $R = 5070$ усл. ед.

Вариант 12

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1,1	0,5	3	4,2	3,6	2,1	4,4	4,8
r , усл.ед.	3500	5000	3500	5850	5180	5200	5680	1500

$T =$

4150 час, $R = 5078$ усл. ед.

Вариант 13

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	1	0,2	2,3	2	3,3	2,4	4,6	4,1
r , усл.ед.	3500	6500	5000	2550	6580	4500	6580	1050

$T =$

5450 час, $R = 750$ усл. ед.

Вариант 14

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	3	3,5	2	4	3	2,5	2,4	3,8
r , усл.ед.	5500	6050	3050	5800	6150	4250	6850	1550

$T = 430$

час, $R = 700$ усл. ед.

Вариант 15

Брой на елементите	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}$, час ⁻¹	2,1	2,5	2,3	4,1	4,6	4,1	4,2	4,5
r , усл.ед.	4500	6040	3400	4850	6480	4400	6840	1400

$T =$
1290

час, $R = 550$ усл. ед.