РЕШАВАНЕ НА ПРИМЕРНИ КАЗУСИ

<u>Пример 1.</u> *В процеса на изпитване на 1000 електролитни кондензатора отказват 2 от тях през първите 100 часа от изпитването. През следващите 200 часа на изпитването отказват още 5 от тях. Да се намери вероятността за безотказна работа (time to failure -TTF) на кондензаторите в интервала от 100 до 300 часа.*

***Решение*:**

Използва се формулата за определяне на условна вероятност за безотказна работа

$$P(100,300)=\frac{N(t_2)}{N(t_1)}=\frac{N_0-(n_1-n_2)}{N_0-n_1}=\frac{1000-7}{1000-2}=\frac{993}{998}=0,995$$

<u>Пример 2.</u> *Зависимостта на честотата на отказите от времето за хибридна интегрална схема (ХИС) има вида*

$$\varphi(t)=C_1\lambda_1\exp(-\lambda_1 t)+C_2\lambda_2\exp(-\lambda_2 t)$$

Да се определи вероятността за безотказна работа (time to failure -TTF) на ХИС за време 1000 часа, ако $C_1=0,9$; $C_2=0,1$;$\lambda_1=5.10^{-4}$ 1/ч; $\lambda_2=2.10^{-4}$ 1/ч.

***Решение*:**

От съществуващите зависимости между показателите на надеждността може да се запише

$$P(t)=1-\int_o^t \varphi(t)dt=1-\int_0^t\left[C_1\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+C_2\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right]=$$

$$=1-\left[-C_1 e^{-\lambda_1 t}\Big|_0^t-C_2 t^{-\lambda_2 t}\Big|_0^t\right]=$$

$$=1-(C_1+C_2)+C_1 e^{-\lambda_1 t}+C_2 t^{-\lambda_2 t}=$$

$$=C_1 e^{-\lambda_1 t}+C_2 t^{-\lambda_2 t}$$

Откъдето

$$P(1000)=0,9e^{-5.10^{-4}.10^3}+0,1e^{-5.10^{-4}.10^3}=0,627$$

Пример 3. *На изпитване са подложени N_0=100 образци на електронни модули. Данните за отказите са показани в Табл.1. Да се изчислят показателите на надеждността P(t), f(t), λ(t), T_1.*

Табл.1. Изходни данни за отказите

Интервал, час	0÷100	100÷200	200÷300	300÷400	400÷500	500÷600	600÷700	700÷800
Продължителност Δt, час	100	100	100	100	100	100	100	100
Брой отказали образци $N(t, t+\Delta t)$	1	2	1	3	2	2	1	3
$P(t)$	0,99	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,85
$F(t).10^{-4}$, час$^{-1}$	1	2	1	3	2	2	1	3
$\lambda(t).10^{-4}$, час$^{-1}$	1,01	2,03	1,04	3,17	2,20	2,22	1,12	3,47

***Решение*:**

1. **Изчисляване на $P(t)$**

Достоверно не ни е известен момента на отказите в интервал от време с дължина Δt. Затова предполагаме, че отказите настъпват в средата на този интервал, т.е. в моменти от време t = 50, 150, 250 и т.н. В първия интервал е настъпил един отказ. Тогава вероятността за безотказна работа ще бъде

$$P(50) = \frac{N_0 - n(100)}{N_0} = \frac{100-1}{100} = 0{,}99$$

Във втория интервал са настъпили 2 отказа, а общо за двата интервала с дължина Δt – 3 отказа. Тогава

$$P(150) = \frac{N_0 - n(200)}{N_0} = \frac{100-3}{100} = 0{,}97$$

Резултатите са показани в четвъртия ред на Табл.1.

2. **Изчисляване на $f(t)$**

Изчисляването се извършва по формулата

$$f(50) = \frac{n(t, t+\Delta t)}{N_0 \Delta t} = \frac{1}{100.100} = 1.10^{-4}\,\text{час}^{-1}$$

$$f(150) = \frac{2}{100.100} = 2.10^{-4}\,\text{час}^{-1}$$

В дадения случай броят на отказите в интервал с дължина Δt не се сумира с броя на отказите в предходните интервали, т.е. функцията $f(t)$ е точкова. Резултатите от изчисленията са показани в пети ред на Табл.1.

3. Изчисляване на $\lambda(t)$

В първия интервал е възникнал един отказ, при това в началото на интервал изправните образци са $N(0) = N_0 = 100$, а в края на интервала $N(100) = N_0 - 1 = 99$. Тогава

$$\lambda(50) = \frac{n(t, t+\Delta t)}{Ncc\Delta t} = \frac{1}{\frac{100+99}{2}100} = 1{,}01.10^{-4}\,час^{-1}$$

Аналогично за втория интервал

$$\lambda(150) = \frac{2}{\frac{99+97}{2}100} = 2{,}03.10^{-4}\,час^{-1}$$

Стойностите на $\lambda(t)$ са дадени в последния ред на Табл.1.

4. Изчисляване на средното време за безотказна работа T_1

Изчисляваме по формулата

$$T_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_i = \frac{1.50 + 2.150 + 1.250 + 3.350 + 2.450 + 2.550 + 1.650 + 3.750}{15} = 437\,час$$

В дадения случай изпитването завършва при отказ на 15 от 100 образци.

Очевидно, че полученият резултат е съществено по-нисък от действителната стойност на средното време за безотказна работа като математическо очакване на случайната величина.

__Пример 4.__ *Времето за безотказна работа на електронен елемент се подчинява на експоненциално разпределение с параметър $\lambda = 0{,}02 час^{-1}$. Намерете вероятността елементът да работи безотказно в продължение на 10 часа и в продължение на 50 часа.*

***Решение*:**

Използва се функцията надеждност $P(t) = e^{-\lambda t}$

тогава решението е:

$$P(10) = e^{-0{,}02 \times 10} = e^{-0{,}2} = 0{,}8187$$

$$P(50) = e^{-0{,}02 \times 50} = e^{-1} = 0{,}3679$$

<u>Пример 5.</u> *Времето за безотказна работа на елемента се подчинява на нормално разпределение с параметри $m = 80$час $\sigma = 20$час . Намерете вероятността елементът да работи безотказно в продължение на 60 часа.*

***Решение*:**

Тъй като при нормално разпределение надеждностната функция се дава с

$$P(t) = 0{,}5 - \Phi_0\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)$$

$$P(60) = 0{,}5 - \Phi_0\left(\frac{60-80}{20}\right) = 0{,}5 - \Phi_0(1) = 0{,}8413$$

<u>Пример 6.</u> Определете средното време до отказ (Time To Failure- TTF) *Tср и интензивността на отказите $\lambda(t)$ за електронна система, времето за безотказна работа на която се подчинява на Вейбуловото разпределение с параметри $\beta = 1{,}5$ и $\lambda = 10^{-4}$ 1/час за време на работа $t = 100$ часа.*

***Решение*:**

За определяне значението на Tср се използва зависимостта за вейбуловото разпределение

$$T_{cp} = \lambda^{\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = \left(10^{-4}\right)^{-0{,}67} \Gamma(1{,}67)$$

От таблица за стойности на гама-функция се намира Г(1,67) = 0,9033.
Тогава след заместване се изчислява стойност Tср ~ 418 часа
От зависимостта

$$\lambda(t) = \lambda\beta t^{\beta-1}$$

се получава

$$\lambda(100) = \lambda\beta(100)^{\beta-1} = 1{,}5 \times 10^{-3} 1/\text{час}$$

Пример 7. *TTF на сложна електронна система се описва с експоненциално разпределение с параметри λ = 10^-4^ 1/час. Определете p(t) и ω(t) на системата за време на работа t = 2000часа. Определете средното време на работа до отказ Тср.*

***Решение*:**

Съгласно зависимостта $p(t) = e^{-\lambda t}$

$$p(2000) = e^{-10^{-4} \times 2000} = 0{,}819$$

Съгласно зависимостта

$$\omega(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

може да се намери, че

$$\omega(2000) = 10^{-4} e^{-10^{-4} 2000} = 8{,}19 \times 10^{-6} 1/\text{час}$$

От израза за средното време се получава

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} = 10^4 \text{час}$$