

Математически модели за прогнозиране на техническото състояние на елементите на машините по диагностичните параметри

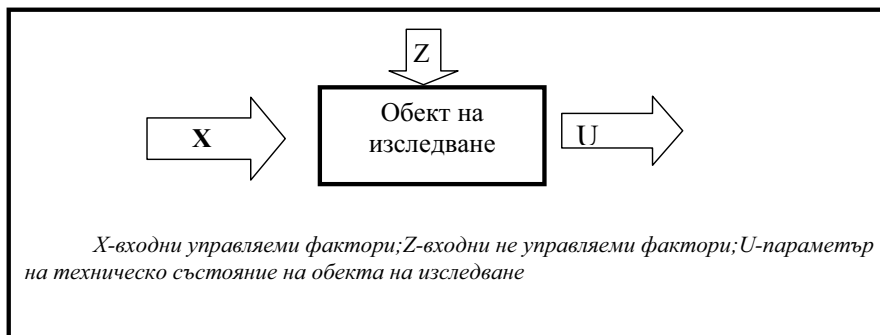
Красимир Кръстев

Modeling the dynamics of the technical condition of elements of machines based on the assumption that aging is an individual, a dynamic process having a stochastic character. Approximating the actual process of amending the diagnostic parameter with a mathematical function, we strive to find intezivnost of denials, the probability of trouble-free operation.

Key words: *Mathematical model, reliability, diagnostic parameters.*

В процеса на експлоатация свойствата на сложните машини, съставени от голям брой агрегати, детайли и т.н. , каквито са тракторите и сложните машини, се изменят в нежелана посока. Влошаването на характеристиките на качеството и надеждността на машините представлява един напълно естествен и закономерен процес на деградация, след който настъпват неизправности. Под влияние на околната среда или в резултат на вътрешните физико-химични процеси в елементите на машините протичат изменения, които водят до изменение на параметрите , характеризиращи работоспособността на системата.

Процесът на изменение на техническото състояние на машините при използване протича под въздействието на управляемите (X) и неуправляеми (Z), а изходният параметър е (U) и $U = F(X, Z)$ показва характеристиките на качеството на обекта и неговата работоспособност (фиг.1)



Фиг. 1. Кибернетичен модел на обекта на изследване

Моделирането на динамиката на техническото състояние на елементите на машините се базира върху основата на следните предпоставки:

- ◆ всеки обект е стареещ;
- ◆ началното състояние на всеки обект е индивидуално;
- ◆ стареенето е динамичен процес, който има стохастичен характер.

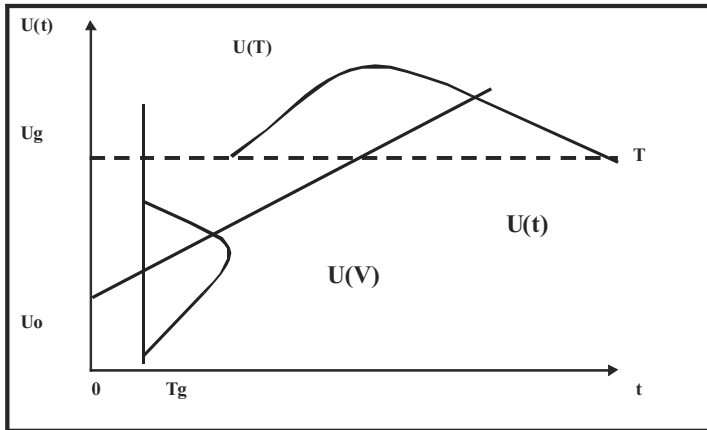
Положението на всяка реализация зависи от една случайна величина (скоростта v) на изменение на параметъра на състояние. Отчитайки това обстоятелство в работите [1;2;3;4;5] за апроксимиране на реалния процес на изменение на параметрите на състоянието се предлага функция от вида:

$$U(t) = U_0 + V_c t, \quad (1)$$

където U_0 е случайната величина, характеризираща сработването на елемента, която числено е равна на ординатата при $t = 0$;

V_c -случайният коефициент, характеризиращ интензивността на изменението на параметъра на състояние ;

Как да се намери плътността на разпределение $g(U)$ на $U = F(T)$?



Фиг.2. Плътност на разпределение на параметъра на състояние $U(t)$

От уравнение (1) при граничния случай, когато $U = U_p$ получаваме:

$$V_c = \frac{U_p - U_0}{t} = \psi(t) \quad (2)$$

$$t \in (0, \infty)$$

Намираме плътността на разпределението на $\psi(t)$, като функция на случаен аргумент t .

$$\psi'(t) = -\frac{U_p - U_0}{t^2} \quad (3)$$

$$|\psi'(t)| = \left| \frac{U_p - U_0}{t^2} \right| \quad (4)$$

Заместваме (3) и (4) в израза за $g(t) = f[\Psi(T)]|\Psi'(T)|$ и получаваме:

$$g(t) = \frac{a^{-b} \cdot b \cdot \left(\frac{U_p - U_0}{t}\right)^b \cdot \exp\left[-\left(\frac{U_p - U_0}{a \cdot t}\right)^b\right]}{t} \quad (5)$$

или окончателно получаваме

$$g(t) = \begin{cases} \frac{a^{-b} \cdot b \cdot \left(\frac{U_p - U_0}{t}\right)^b \cdot \exp\left[-\left(\frac{U_p - U_0}{a \cdot t}\right)^b\right]}{t}, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

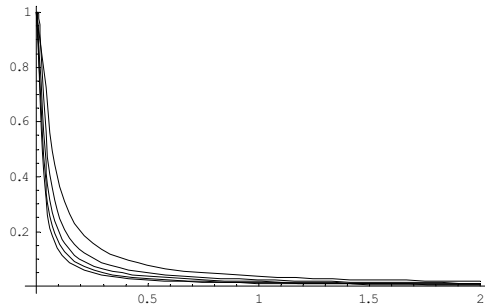
Тук отново можем да направим проверка за правилността на изчисленията си като проверим дали е сходящ несобствения интеграл и дали неговата стойност е равна на единица.

$$\int_0^{\infty} \frac{a^{-b} \cdot b \cdot \left(\frac{U_p - U_0}{t}\right)^b \cdot \exp\left[-\left(\frac{U_p - U_0}{a \cdot t}\right)^b\right]}{t} dt = 1$$

което и трябваше да получим.

Модел на диагностичен параметър от вида $U(t) = U_0 + V_c \cdot t$ и разпределение на стойностите на диагностичния параметър по закона на Вейбул.

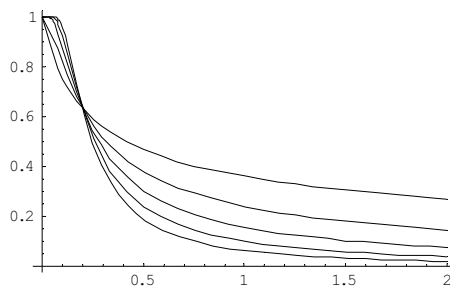
Обект на изследване на влиянието на параметрите на законите на разпределение и функциите на диагностичните параметри върху техническото състояние на елементите е получено по-горе разпределение



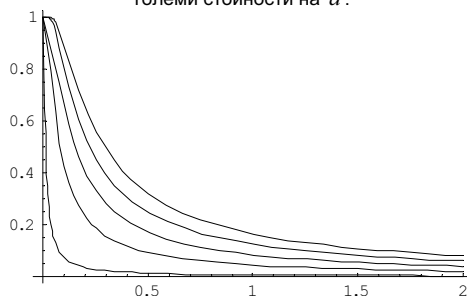
Фиг.3. Графика на вероятността за безотказна работа $P(t) = 1 - \int_0^t g(t) dt$ при вариране на

$a = \overline{20,60}$ $b = 1,1$ $U_p = 2.0$ $U_0 = 1.0$. По-стръмните криви в началото са за по-големи стойности на a .

На фиг.3-5 е показано влиянието на параметрите на закона на разпределение на Вейбул (a, b) и номиналната и гранична стойност на параметъра на диагностика.

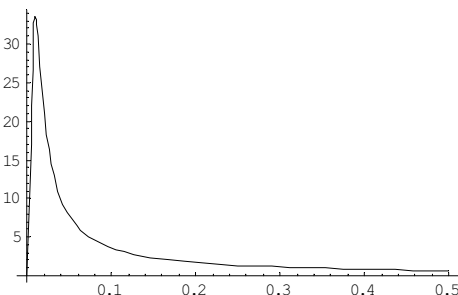


Фиг.4. Графика на вероятността за безотказна работа $P(t) = 1 - \int_0^t g(t)dt$ при вариране на $a = 20$ $b = \overline{0,5,1,7}$ през $0,3$ $U_p = 5,0$ $U_0 = 1,0$. По-стръмните криви в началото са за големи стойности на a .



Фиг.5. Графика на вероятността за безотказна работа $P(t) = 1 - \int_0^t g(t)dt$ при вариране на $a = 20$ $b = 1,1$ $U_p = \overline{1,0,5,0}$ $U_0 = 0,8$. По-стръмните криви в началото са за по-малки стойности на U_p .

Характерът на изменение на интензивността на отказите $\lambda(t)$ е показан на фиг.6.



Фиг.6. Графика на интензивността на отказите $\lambda(t) = \frac{g(t)}{P(t)}$ при стойности за $\alpha = 1,1$ $b = 1,1$ $U_p = 2,0$ $U_0 = 1,0$ $a = 60$ и изчислена стойност за средното време за безотказна работа $\bar{t} = 0,175$.

ИЗВОДИ:

1. Проведеното аналитично изследване показва, че линейната екстраполация на случайния процес на изменение на техническото състояние на елементите на машините, позволява относително просто да се намери разпределението на ресурса им и да се определи моментът на началото на масовите откази.

2. Изведени са аналитични зависимости за прогнозиране на равнището на надеждност на машините по параметрите на техническо състояние с различни функции и закони на разпределение на случайния коефициент V_c , характеризиращ интензивността на изменение на параметъра $U(t)$.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Барзилович Е.,А.Каштанов Оптимизация обслуживания при ограниченной информации о надежности систем.М.,1975.

[2] Михлин В.М. Управление надежностью машин. М., 1984.

[3] Михлин В.М.Прогнозирование технического состояния машин. М.,1976.

[4] Тасев Г. Оптимизиране периодичността на диагностиране и ТО на елементите на машините. Научни трудове на ВТУ "А.Кънчев", 1981, т.ХХIII, серия 3, с.197-202.

[5] Тасев Г. Оптимизиране на ТО на тракторите. Н.тр. на РУ"А.Кънчев",1999,т.37, серия1,с.255-258.

За контакти:

Красимир Кръстев, Катедра "ОПООП", Тракийски университет , Технически колеж -Ямбол, тел.: 0885852919, e-mail: krasikrystev@gmail.com

Докладът е рецензиран.