A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

UNELE MODALITĂŢI DE ESTIMARE A FIABILITĂŢII SUBSTANŢELOR CHIMICE ORGANICE SPECIALE

Elena-Bianca AVĂDANEI, Constantin AVĂDANEI

SOME WAYS TO ESTIMATE OF THE RELIABILITY OF THE CHEMICALS SPECIAL ORGANIC

This paper presents some ways to estimate the reliability of pyrotechnic substances, explosives, fuels for rocket engines, both in storage and during their use. Adequate valuation leads to good prevention during operation, storage, handling, and storage and city life.

Cuvinte cheie: explozivi, combustibil, fiabilitate, funcţia de fiabilitate, intensitatea defectelor, densitate de repartiţie
Keywords: explosives, fuel, reliability, dependability, fault, intensity distribution density

1. Introducere

Pentru substanţele chimice cu anumite roluri speciale, noţiunea de fiabilitate semnifică nu numai capacitatea de a-şi păstra proprietăţile iniţiale pentru care au fost produse, ci şi pentru a-şi păstra la un nivel acceptabil siguranţa în exploatare, în manipulare, depozitare, transport.

Compuşii organici complecşi au tendinţa naturală de a se descompune în timp. Această caracteristică determină acordarea unei atenţii sporite de către factorii responsabili pentru a evalua timpii şi condiţiile de păstrare, precum şi modul de control şi evaluare a defectelor premature care pot apărea pe timpul păstrării sau utilizării acestora.

Orice neglijenţă sau inexactitate în evaluarea acestor riscuri pot conduce la catastrofe cu urmări imprevizibile. Fiabilitatea a devenit o condiţie tehnică, un criteriu major, de care se ţine seama în proiectarea, fabricarea şi exploatarea produselor.

Analiza fiabilităţii în cazul de faţă, se referă la un sistem de elemente care îndeplinesc anumite funcţii pe o perioadă determinată, atât prin proiectare cât şi statistic.

Evaluarea corectă a fiabilităţii elementelor care compun sistemul, presupune identificarea tuturor factorilor care afectează fiabilitatea, precum şi alocarea de resurse adecvate pe timpul exploatării şi fabricării cu eficienţă a acestor produse.

La evaluarea fiabilităţii compuşilor chimici cu utilizări speciale se au în vedere o serie de particularităţi distincte: - siguranţă mărită în exploatare; - durată de viaţă dinamică foarte scurtă; - o unică întrebuinţare pentru rachete, explozivi etc.; - nereparabile după iniţierea funcţionării; - dezvoltarea unor energii foarte mari care necesită modalităţi speciale de dirijare în vederea obţinerii efectelor dorite.

2. Funcţia de fiabilitate a unui compus chimic special

Conform literaturii de specialitate funcţia de fiabilitate exprimă o probabilitate ca un produs (compus chimic) să funcţioneze fără defecţiuni în intervalul de timp dat (0,t) şi este de forma [2], [3]: $R(t)=P(T>t)$ (1) unde T - este variabila aleatoare care reprezintă timpul de funcţionare fără defecţiuni.

Probabilitatea ieşirii din funcţiune a unui produs, în intervalul de timp dat(t) se exprimă sub forma [3]:

$$F(t)=P(T\leq t) \qquad (2)$$

numită funcţie de repartiţie a timpului de funcţionare. Funcţiile R(t) şi F(t) au reprezentare grafică în figura 1.

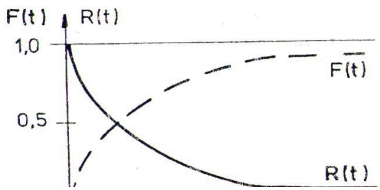

Fig. 1 Funcţiile de fiabilitate R(t) şi de repartiţie F(t)

3. Legi de repartiţie care modelează stabilitatea compuşilor chimici speciali

a) Legea exponenţială negativă

Funcţia de fiabilitate asociată unui compus chimic este de tip exponenţial (negativ), dacă rata defectelor este constantă [1], [3]:

$$\lambda(t) = \lambda = ct. \tag{3}$$

Deci, funcţia de fiabilitate poate fi scrisă sub forma:

$$R(t) = R(t_0) \cdot e^{\int_{t_0}^{t} \lambda(t)dt} = e^{-\lambda t} \tag{4}$$

Pentru variabila aleatoare T cu distribuţie exponenţial negativă, se pot calcula valoarea medie şi dispersia:

$$M(t) = m = \frac{1}{\lambda}$$

$$D^2(T) = M\left[(T-m)^2\right] = \frac{1}{\lambda^2} \tag{5}$$

$$\sigma(T) = \frac{1}{\lambda}$$

Timpul mediu de funcţionare fără defecţiuni este: $M_{TTF} = 1/\lambda$ (6)

Reprezentarea grafică a indicatorilor de fiabilitate R(t) şi λ(t) pentru legea exponenţială se arată în figura 2.

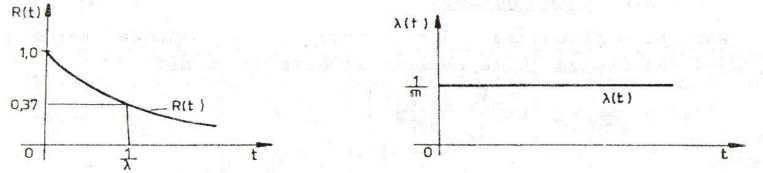

Fig. 2 Reprezentarea grafică a indicatorilor de fiabilitate

b) Legea Weibull

Acest model matematic acoperă un număr destul de mare de repartiţii ale duratei de păstrare a compuşilor chimici speciali [2], [3].

Legea Wiebull are mai multe forme analitice, iar în acest caz, de interes este forma triparametrică, care reprezintă varianta completă a acestei distribuţii. Pe lângă parametrii de formă (β) şi de scară (η) mai apare un al treilea parametru γ, numit parametru de iniţializare.

Parametru de iniţializare γ are semnificaţia unui timp de la care încep să apară defecţiunile, până în acest moment probabilitatea de apariţie a unei instabilităţi în compuşii chimici fiind nulă.

Funcţia de fiabilitate se va defini astfel [3]:

$$R(t)=\begin{cases}1 \quad , \quad t\le\gamma \\ \exp\left[-\left(\dfrac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}\right], \quad t>\gamma\end{cases} \tag{7}$$

Pentru cazul când $\beta=1$, şi $t>\gamma$, relaţia (7) devine:

$$R(t)=\exp\left(-\frac{t-\gamma}{\eta}\right) \tag{8}$$

În cazul când β=1, expresia (8) pentru $t>\gamma$ devine:

$$R(t)=\exp\left(-\frac{t-\gamma}{\eta}\right) \tag{9}$$

sau:

$$R(t)=e^{-\frac{t}{\eta}}\cdot e^{\frac{\gamma}{\eta}}=e^{-\frac{t}{\eta}}=e^{-\lambda t} \tag{10}$$

unde: $\eta=1/\lambda$; $t=0$; $\gamma=0$

În studiul fiabilităţii compuşilor chimici speciali s-a urmărit evoluţia densităţii de repartiţie a legii Weibull în funcţie de parametrul de formă β. Relaţia densităţii de repartiţie este de forma [1], [2]:

$$f(t)=\frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}\cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}, \text{ pentru } t>\gamma \tag{11}$$

Pentru studiu s-a presupus $\eta=1$ iar densitatea de repartiţie este de forma:

$$f(t)=\frac{\beta}{1}\left(\frac{t-\gamma}{1}\right)^{\beta-1}\cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{1}\right)^{\beta}} \tag{12}$$

Parametrul γ semnifică o durată de stabilitate sigură a compuşilor chimici speciali.

În studiul privind comportarea acestora în timp s-a introdus un moment de iniţializare $(\gamma\neq 0)$, adică momentul introducerii în depozitare.

Funcţia de defectare în acest caz este dată de relaţia [2]:

$$F(t)=\begin{cases}0, & t \le \gamma \\ 1-e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}, & t > \gamma\end{cases} \tag{13}$$

Intensitatea de defectare, $\lambda(t)$ se calculează cu relaţia:

$$\lambda(t)=\frac{\beta}{\eta^{\beta}}(t-\gamma)^{\beta-1}, \quad \text{pentru } t>\gamma \tag{14}$$

iar timpul mediu de stabilitate în depozitare se poate calcula cu relaţia:

$$M_{TTF}=\eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta}+1\right)+\gamma \tag{15}$$

4. Un mod de evaluare a fiabilităţii compuşilor chimici speciali

Pentru compuşii speciali noţiunea de fiabilitate semnifică nu numai capacitatea de a-şi păstra proprietăţile iniţiale, pentru care au fost produse, ci şi capacitatea de a-şi păstra la un anumit nivel acceptabil siguranţa în exploatare, la manipulare, depozitare, transport.

Compuşii chimici complecşi au o tendinţă naturală de descompunere, viteza acestui fenomen fiind dată de relaţia [1], [2]:

$$v=A\cdot e^{-\frac{\Delta E}{KT}}=A\cdot e^{-\frac{b}{T}} \tag{16}$$

unde, A - este o constantă adimensională, ΔE- diferenţa dintrenivelurile energetice asociate moleculei complexe, K - constanta BoltzmannT - temperatura mediului. Asociind funcţiei de stabilitate, R(t), fracţiunea de substanţă care şi-a păstrat caracteristicile iniţiale, atunci viteza de descompunere ar specifica rata defectelor,

$$\lambda(t)=-\frac{dR}{Rdt}=A\cdot e^{-\frac{b}{T}} \tag{17}$$

de unde: $$R(t)=R_0\exp\left[-\int_0^t A\cdot e^{-\frac{b}{T(t)}}dt\right] \tag{18}$$

Ca de obicei aceste produse sunt păstrate în condiţii deosebite de temperatură constantă şi deci, rezultă că [1], [2]:

$$R(t)=R_0 \exp\left[-At\exp\left(-\frac{b}{T}\right)\right] \tag{19}$$

Pentru $R(0)=R_0=1$, se poate pune în evidenţă relaţia dintre timpul limită de păstrare şi nivelul limită al fiabilităţii acceptat:

$$t_{lim}=\frac{\ln(1/R_{lim})}{A\cdot\exp(-b/T)}; \quad \ln t_{lim}=\ln\left(\ln\frac{1}{R(t)}\right)+\frac{b}{T}-\ln A \tag{20}$$

5. Concluzii

■ Timpii de păstrare în condiţii de depozit sunt de ordinul anilor, până la 30-40 ani, în funcţie de importanţa componentei în compusul chimic dat;

■ Valorile pentru R_{lim} au valori de peste 95 % pentru explozivi, combustibili pentru rachete, compuşi pirotehnici;

■ Alte condiţii de mediu, cum ar fi umiditatea, variaţiile de temperatură, acţiunea razelor solare au efecte foarte dăunătoare, dar se caută a fi eliminat efectul lor prin controlul strict al condiţiilor de depozitare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bodin, C., *Curs de fizica explozivilor*, Editura Academia Militară, Bucureşti, 1972.

[2] Constantin, Gh., Nuţu, V., *Bazele fiabilităţii sistemelor de armament*, Editura Academia Tehnică Militară, Bucureşti, 1996.

[3] Mihoc, Gh., ş.a., *Bazele matematice ale teoriei fiabilităţii*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1976.

Informatician Elena-Bianca AVĂDANEI, Cluj-Napoca
Lector Univ. Dr.ing. Constantin AVĂDANEI,
membru AGIR