

JUSTIFICAREA ADAPTĂRII PRODUCȚIEI VEHICULELOR FEROVIARE MOTOARE ÎN FUNCȚIE DE INDICATORII TEHNICI ȘI ECONOMICI

JUSTIFICATION OF THE ADAPTATION FOR MOTOR RAILWAY VEHICLE PRODUCTION ACCORDING TO TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS

Mirela Mihaela I. MĂNTESCU AMROLLAHI (KOOCHHEBUKY)¹

¹Universitatea Politehnica București, Splaiul Independenței nr. 290, sectorul 6, București, România, e_mail: mirelamantescu@yahoo.com;

Rezumat: Studiile și cercetarea de natură tehnico-economică reprezintă acte de concepție cu implicații definitorii și hotărâtoare în stabilirea parametrilor tehnici și economici ai unui produs și/sau al unui serviciu feroviar, iar tema de proiectare trebuie să conțină toate datele în măsură să exprime concret, exact și complet o comandă în această privință. Totodată, în acest context trebuie luat în considerație faptul că dezvoltarea, fabricația, întreținerea și utilizarea unui echipament trebuie tratate ca o unitate și în acest sens se în vedere conceptul de lanț tehnologic. Dacă unele mărimi variabile depind nu numai de valorile instantanee ale celorlalte variabile, ci și de viteza de variație a acestora, este necesar ca măsurătorile să se efectueze în regim dinamic, adică în condiții care să corespundă cât mai mult cu cele reale, în care va lucra componenta în cauză.

Cuvinte cheie: performanță, calitate, conformitate, indicatori, proiectare, analiză, producție, repartiție, dispersie, produse, fiabilitate, funcționare, exploatare, mentenanță, defectare.

Abstract: Studies and research of a technical and economic nature represent acts of conception with defining and decisive implications in establishing the technical and economic parameters of a product and or a railway service, and the design theme must contain all the data capable of expressing a concrete, exact and complete order in this regard. At the same time, in this context it must be taken into account that the development, manufacture, maintenance and use of an equipment must be treated as a unit and in this sense the concept of technological chain is considered. If some variable quantities depend not only on the instantaneous values of the other variables, but also on their rate of variation, it is necessary that the measurements at the terminals be carried out in dynamic mode, that is, in conditions that correspond as much as possible to the real ones, in which the component in question will work.

Keywords: performance, quality, conformity, indicators, design, analysis, production, distribution, dispersion, products, reliability, operation, exploitation, maintenance, failure.

1. Introducere

Dinamismul tehnologiei a condus la dezvoltarea unei teorii a calității, capabile să dea o măsură exactă a calității produselor care se axează pe păstrarea unui nivel controlabil al calității, optim din punct de vedere economic, iar pentru definirea indicatorilor de calitate și de conformitate este necesară o interpretare statistică conform căreia caracteristica măsurabilă y , este o variabilă aleatoare continuă, caracterizată de o anumită densitate de probabilitate $f(y)$.

Modelarea comportării unei componente începe cu o analiză teoretică a comportării fizice și cu interpretarea măsurătorilor, iar bazat pe acest fundament pot fi descrise fenomenele caracteristice printr-un grup de expresii funcționale, ale căror variabile inclusiv vitezele de variație ale valorilor acestora în funcție de timp, fac la rândul lor obiectul analizei

teoretice a comportării fizice și a interpretării măsurătorilor, în regim dinamic, adică în condiții care să corespundă cât mai mult cu cele reale, în care va lucra o componentă a sistemului considerat în cauză.

2. Proiectarea constructivă și tehnologică a modulelor (subansamblurilor) și ansamblurilor generale

Densitatea $f(y)$ de probabilitate a performanței reprezintă limita raportului între probabilitatea ca performanța să fie situată în intervalul $(y; y+\Delta y)$ și mărimea acestui interval, când $\Delta y \rightarrow 0$, respectiv:

$$f(y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{P(y \leq Y < y + \Delta y)}{\Delta y} \Rightarrow \mu = \int_0^{\infty} y \cdot f(y) dy \Rightarrow \quad (1)$$

$\Rightarrow$	$\sigma = \int_0^{\infty} (y - \mu)^2 f(y) dy$	$\Rightarrow$	$p = \int_0^{T_i} f(y) dy + \int_{T_s}^{\infty} f(y) dy$	(2)
---------------	--	---------------	--	-------

Media caracteristicii măsurabile μ reprezintă valoarea medie a performanței produsului, iar dispersia caracteristicii măsurabile σ reprezintă dispersia performanței produsului, în condițiile în care proporția defectelor p reprezintă probabilitatea ca performanța să fie în afara limitelor de toleranță T_i și T_s . Se reține faptul că performanța y se modifică printr-un proces aleator nestaționar, atingând la un moment dat limita câmpului de toleranță, moment de la care începând, se produce defectarea produsului, iar durata de la un moment inițial oarecare (la care se știe că produsul este corespunzător) până la defectare este o variabilă aleatoare, care caracterizează statistic fiabilitatea produsului considerat.

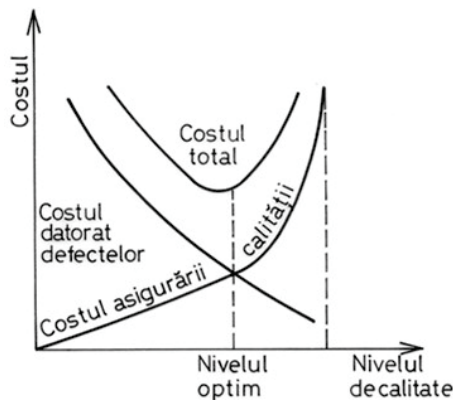


Fig. 1. Diagrama de variație a nivelului optim al calității

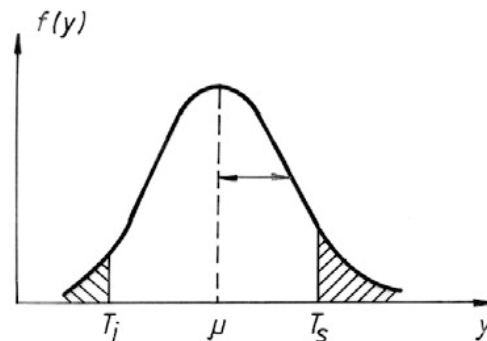


Fig. 2. Diagrama de variație gauss-iană a indicatorilor de conformitate

Densitatea de probabilitate $f(y)$ asociată caracteristicii y descrie complet conformitatea produsului și poate fi exprimată prin media μ și dispersia σ ale caracteristicii, interpretate ca variabile aleatoare și prin proporția de defecte p , dată de probabilitatea de depășire a limitelor de toleranță, în condițiile în care proporția p de defecte este cu atât mai redusă cu cât media este mai apropiată de centrul câmpului de toleranță și cu cât dispersia este mai mică.

De asemenea, indicatorii de fiabilitate sunt mărimi caracteristice ale acestei variabile aleatoare, cum ar fi: funcția de repartiție, densitatea de probabilitate, media, dispersia, iar

JUSTIFICAREA ADAPTĂRII PRODUCȚIEI VEHICULELOR FEROVIARE MOTOARE ÎN FUNCTIE DE INDICATORII TEHNICI ȘI ECONOMICI

dintre acești indicatori, cea mai mare importanță pentru caracterizarea produselor feroviare critice o au funcția de fiabilitate $R(t)$, rata de defectare $z(t)$ și media timpului de funcționare m , iar funcția de fiabilitate $R(t)$ este un indicator care reprezintă probabilitatea de bună funcționare într-un interval de timp bine determinat, iar indicatorii de fiabilitate pot fi exprimați în număr de acționări, cicluri de funcționare etc.

Totdată, funcția $F(t)$ de repartiție a timpului de funcționare reprezintă probabilitatea ca un produs să se defecteze în intervalul $(0; t)$, iar funcția $R(t)$ de fiabilitate reprezintă probabilitatea ca un produs să funcționeze fără defectare în intervalul $(0; t)$, în condiții determinate. Tot în acest context, densitatea $f(t)$ de probabilitate a timpului de funcționare este o funcție variabilă definită de limita raportului dintre probabilitatea de defectare în intervalul deschis de valori $(y; y+\Delta y)$ și mărimea acestui interval, când $\Delta y \rightarrow 0$, iar rata $z(t)$ de defectare respectiv intensitatea de defectare reprezintă limita raportului dintre probabilitatea de defectare în intervalul deschis de timp $(t; t+\Delta t)$, care este condiționată de buna funcționare în intervalul deschis $(0; t)$ și de mărimea intervalului Δt , respectiv atunci când $\Delta t \rightarrow 0$. În mod similar, media m a timpului de funcționare fără defectări se determină prin calcul integral ca valoare medie a timpului, obținându-se astfel valoarea variabilă a produsului scalar dintre timpul t și densitatea $f(t)$ de probabilitate a timpului de funcționare raportată la diferențiala timpului t considerat.

Dispersia D a timpului de funcționare rezultatul obținut prin calculul primitivei funcției $f(t)$ a densității de probabilitate a timpului de funcționare raportată la diferențiala timpului t considerat și abaterea medie pătratică σ a timpului de funcționare se determină prin extragerea rădăcinii pătrate din dispersia D a timpului de funcționare, iar cuantila t_F a timpului de funcționare reprezintă durata de timp în care un produs sau un serviciu feroviar critic (având totodată și un grad de complexitate / clasă de risc) k maxim) funcționează cu o anumită probabilitate, concluzionându-se astfel că funcția de fiabilitate reprezintă probabilitatea de bună funcționare într-un interval de timp bine determinat, un astfel de indicator fiind mai puțin util decât indicatorul media timpului de funcționare până la defectare, în condițiile în care acest din urmă indicator nu necesită precizări suplimentare pentru definirea lui și permite o ierarhizare comodă a componentelor din punctul de vedere al fiabilității.

$$F(t) = P(T \leq t) \Rightarrow R(t) = P(T > t) \quad \text{iar} \quad \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow \quad \text{dacă:} \quad (3)$$

$$\Rightarrow f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (4)$$

$$\text{De asemenea,} \quad \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t / T > t)}{\Delta t} \Rightarrow \quad \text{dacă:} \quad (5)$$

$$\Rightarrow m = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \Rightarrow D = \int_0^{\infty} (t - m)^2 f(t) dt \Rightarrow \sigma = \sqrt{D} \Rightarrow \quad (6)$$

$$\Rightarrow P(T \leq t_F) = F \Rightarrow R(t_1, t_2) = \frac{R(t_2)}{R(t_1)} \quad (7)$$

Totodată, se mai reține și faptul că în loc de ore, indicatorii de fiabilitate pot fi exprimați în număr de acționări și/sau în cicluri de funcționare, iar media timpului de funcționare reprezintă valoarea medie a timpului de funcționare până la defectare, în cazul

produselor nereparabile, sau până la prima defectare în cazul produselor reparabile, iar dacă repararea poate fi asimilată cu înlocuirea, reprezintă valoarea medie a timpului de funcționare între două defectări succesive. O altă concluzie care se reține o reprezintă faptul că rata de defectare prezintă importanță deoarece permite o distincție între tipurile de uzură ale produselor și/sau a serviciilor feroviare critice, în special a celor încadrate în clasa de risc maxim.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \Rightarrow F(t) = \Phi\left(\frac{t - m_0}{\sigma_0}\right) \Rightarrow F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \Rightarrow \quad (8)$$

$$\Rightarrow F(t) = \Phi\left(\frac{\ln(t) - m_0}{\sigma_0}\right) \quad (9)$$

$$\text{Dar: } R(t) = e^{-\lambda t} \Rightarrow R(t) = \Phi\left(\frac{m_0 - t}{\sigma_0}\right) \Rightarrow R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \Rightarrow \quad (10)$$

$$\Rightarrow R(t) = \Phi\left(\frac{m_0 - \ln(t)}{\sigma_0}\right) \quad (11)$$

$$m = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow m = m_0 \Rightarrow m = \gamma + \eta\gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \Rightarrow m = \exp\left(m_0 + \frac{\sigma_0^2}{2}\right) \Rightarrow \quad (12)$$

$$D = \frac{1}{\lambda^2} \Rightarrow D = \sigma_0^2 \Rightarrow D = \eta^2 \left[\gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) + \gamma^2\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \right] \Rightarrow \quad (13)$$

$$\Rightarrow D = \exp(2m_0 + \sigma_0^2) \cdot [\exp(\sigma_0^2) - 1] \quad (14)$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \sigma = \sigma_0 \Rightarrow \sigma = \eta \sqrt{\gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) + \gamma^2\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)} \Rightarrow \quad (15)$$

$$\Rightarrow \sigma = \exp\left(m_0 + \frac{\sigma_0^2}{2}\right) \sqrt{\exp(\sigma_0^2) - 1} \quad (16)$$

$$t_F = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{1}{1 - F} \Rightarrow t_F = m_0 + \Phi^{-1}(F)\sigma_0 \Rightarrow t_F = \gamma + \eta \sqrt{\ln \frac{1}{1 - F}} \Rightarrow \quad (17)$$

$$\Rightarrow t_F = \exp[m_0 + \Phi^{-1}(F)\sigma_0] \quad (18)$$

Se mai reține de altfel și că rata de defectare prezintă importanță deoarece permite o distincție între tipurile de uzură ale produselor și/sau ale serviciilor considerate.

JUSTIFICAREA ADAPTĂRII PRODUCȚIEI VEHICULELOR FERoviARE MOTOARE ÎN FUNCTIE DE INDICATORII TEHNICI ȘI ECONOMICI

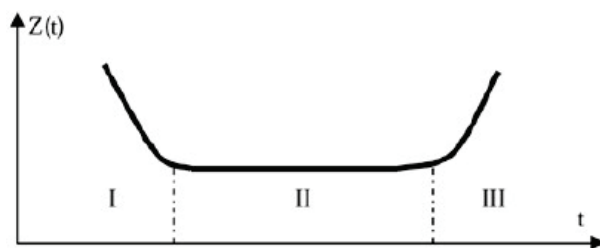


Fig. 3. Diagrama de variație a ratei $z(t)$ de defectare în funcție de evoluția timpului t (de funcționare).

Legile de repartiție cele mai utilizate pentru caracterizarea fiabilității componentelor și a sistemelor se determină cu ajutorul expresiilor indicatorilor de fiabilitate caracteristice pentru fiecare lege de repartiție în parte. Se reține totodată faptul că $\Phi(x)$ reprezintă funcția Laplace, iar Φ^{-1} este inversa acesteia, precum și că $\Gamma(y)$ este funcția Euler de speța întâi, unde:

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad \text{și:} \quad \Gamma(y) = \int_0^{\infty} t^{y-1} \cdot \exp(-t) dt \quad (19)$$

În prima perioadă a curbei de variație specifică ratei de defectare, această rată de defectare scade (fiind caracteristică unui proces de uzură negativă) și probabilitatea de defectare a sistemului tehnologic dat este cu atât mai scăzută cu cât vârsta acestuia este mai mare. În a doua perioadă, caracterizată de o perioadă de defectare constantă, uzura sistemului este nulă, iar în a treia perioadă rata de defectare devine pozitivă. Duratale celor trei perioade diferă de la un produs la altul iar în situația în care, dacă perioada uzurii nulă sau aproape nulă este destul de îndelungată, în timp ce în cazul echipamentelor, cea mai întinsă este, în general, perioada uzurii negative, cu o viteză de scădere mică a ratei de defectare (o pantă mică a curbei de variație), iar în cazul legii de repartiție exponențiale, se obține o rată de defectare constantă și egală cu parametrul λ al legii respective, adică pe cale de consecință, această lege de repartiție este printre cele utilizate în domeniul aprecierii fiabilității componentelor și a sistemelor. De asemenea, se poate aprecia că, în cazul acestei legi, rata de defectare este inversul mediei timpului de funcționare, astfel încât, oricare dintre acești doi indicatori poate fi adoptat pentru caracterizarea sintetică a fiabilității λ a unui sistem și în toate cazurile eliminându-se astfel inconvenientul subiectiv al unor valori ale ratei de defectare.

4. CONCLUZII

Indicatorii de fiabilitate pot fi exprimați în număr de acționări și/sau în cicluri de funcționare, iar media timpului de funcționare reprezintă valoarea medie a timpului de funcționare până la defectare, în cazul produselor nereparabile, sau până la prima defectare în cazul produselor reparabile, iar dacă repararea poate fi asimilată cu înlocuirea, reprezintă valoarea medie a timpului de funcționare între două defectări succesive.

Rata de defectare prezintă importanță deoarece permite o distincție între tipurile de uzură ale produselor și/sau a serviciilor feroviare critice, în special a celor încadrate într-un grad de complexitate maxim, iar funcția de fiabilitate este în esență probabilitatea de bună funcționare într-un interval de timp bine determinat și reprezintă un indicator care este mai puțin util decât indicatorul media timpului de funcționare până la defectare, în condițiile în care acest din urmă indicator nu necesită precizări suplimentare pentru definirea lui și permite o ierarhizare comodă a componentelor din punctul de vedere al fiabilității.

Noțiunea de calitate nu este epuizată prin definirea indicatorilor de conformitate, fiabilitate și mentenabilitate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dumitru George, „*Determinarea isocuantelor producției în sectorul feroviar*”, Simpozionul Național de Material Rulant de Cale Ferată - UPB, ISSN 1843-9888, București, 29-30 Noiembrie 2018.
- [2] Dumitru George, „*Modele matematice pentru calculul structurii locomotivelor seria BR 189 ES 64 F4 Siemens*”, Revista MID-CF, ISSN 1841-1207, pp. 25 - 32, nr. 1 / 2011.
- [3] Dumitru George, „*Locomotive Electrice*”, ISBN 978-606-25-0769-1, Editura MatrixRom, București, 2022.
- [4] Dumitru George, „*Locomotive Diesel*”, ISBN 978-606-25-0768-1, Editura MatrixRom, București, 2022.
- [5] Dumitru George, „*Termodinamica Locomotivelor*”, ISBN 978-606-25-0922-4, Editura MatrixRom, București, 2024.
- [6] Dumitru George, „*Hidrodinamica Locomotivelor*”, ISBN 978-606-25-0949-1, Editura MatrixRom, București, 2024.
- [7] Dumitru George, „*The Phases Process For Putting In Service Authorizations Commissioning*”, on the 14th Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies - VSDIA, 10th – 12th of November 2014, Budapest, Hungary.