

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКАТА НА ПОТОКА НА ОТКАЗИТЕ НА МАШИНИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЛОГИСТИЧНА СИСТЕМА

Йовко Йовков, Боряна Делийска, Георги Тасев
Лесотехнически университет – София

Предложен е математически модел за определяне и изучаване на характеристиките на потока на отказа на машините с цел мениджмънт на логистичната система.

Изследвано е влиянието на основните фактори на динамиката на характеристиките на потока на отказа.

Ключови думи: машини, надеждност, поток на отказите, логистична система

Key words: machines, reliability, refusal flow characteristics, logistic system

На съвременния етап на развитие на техниката и ремонта на машините резервните части са не само условие за поддържане на машините в работоспособно състояние, но и един от необходимите и решаващи фактори за повишаване на ефективността на производството. В този аспект изследването на характера на потока на отказите е актуален теоретичен въпрос с широко практическо приложение.

С изследването на характеристиката на потока на отказите са се занимавали редица изследователи [1, 2, 3], но това е проблем, който непре-

къснато поставя нови и нови въпроси, свързани с усъвършенстване на решението на основното уравнение на теорията на възстановяването, предложена от Кокс и Смит [1].

Целта на изследването на настоящата работа е да се изследва характеристиката на рекурентни потоци на откази на елементите.

По характер на процеса на отстраняване на отказите на елементите, те се разделят на две групи: елементи с внезапни и елементи с постепенни откази.



Фиг. 1 Класификация и взаимовръзка на рекурентните потоци

На фиг. 1 е дадена класификацията на рекурентните потоци на отказите на елементите на машините, като подробно се разглежда рекурентен поток на внезапните и постепенни откази и техните разновидности на равнище машина.

И тъй като при по-голяма част от елементите на механичните системи (машини и механизми) се наблюдават постепенни откази и унимодални разпределения, то възниква необходимостта от разработване на универсални (общи за основните унимодални разпределения) пълни и точни функции на характеристиката на потока на отказите за да може да се определи необходимия фонд от резервни части за поддържане на работоспособността на машините.

Ето защо ще разгледаме рекурентен поток на постоянни откази, като поток на дискретни случайни събития с непрекъснато време (общ и специален поток на Ерланг). Като приемем, че разпреде-

лението е гама-разпределение с плътност:

$$f(t) = \frac{\rho^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\rho t},$$

където ρ е нормираният по дисперсията среден ресурс; α - порядъкът на разпределението, обратен на квадрата на коефициента на вариация на ресурса; $\rho(\alpha)$ - пълната гама-функция на порядъка α .

Това разпределение обхваща широк кръг унимодални разпределения. При $\alpha = 1$, то се превръща в показателно, при целочислена стойност на α то е тъждествено с разпределението на Ерланг.

Ще разгледаме рекурентен поток на отказите (плътността на разпределение на базовите и всички последващи резервни елементи са равни).

При рекурентен поток на постепенните откази характеристиката на потока на отказите има вида:

$$(1) \quad H_{\Pi}(\lambda, s, t) = \lambda t - s/2 + (1-s) \sum_{i=1}^m \exp \left[-\frac{\lambda t}{1-s} 2 \sin^2 \pi i (1-s) \right] \frac{1}{\sin \pi i (1-s)} \cdot \left[\frac{\lambda t}{1-s} 2 \sin^2 \pi i (1-s) + \pi i (1-s) \right] + \frac{1-s}{2} \exp \left[-\frac{2\lambda t}{1-s} \cos^2 \frac{\pi}{2(1-s)} \right],$$

където s е стабилността на ресурса (показател, характеризиращ мярката на разсейване на ресурса около средната му стойност) и $s = (\alpha - 1) / \alpha = 1 - v^2$;

α - порядъкът на гама-разпределението (α е цяло число на разпределението на Ерланг);

v - коефициентът на вариация на ресурса;

m - броят на хармониците и $m = (\alpha - 1 - \cos^2(\pi \alpha / 2)) / 2 = [s / (1-s) - \cos^2(\pi / (2(1-s)))] / 2$.

От формула (1) следва, че средният брой постепенни откази на елементите се определя по интензивността на отказите и стабилността на ресурса им.

За аналитични цели и практически изчисления тази формула може да се упрости, приемайки, че всички членове на сумарния хармоник са равни и са допълнени с първия (основния) хармоник

$$(2) \quad H_{\Pi}(\lambda, s, t) = \lambda t - s/2 \left[1 - \exp \left[-\frac{\lambda t}{1-s} 2 \sin^2 \pi (1-s) \right] \frac{1}{\sin \pi (1-s)} \sin \left[\frac{\lambda t}{1-s} 2 \sin^2 \pi (1-s) + \pi (1-s) \right] \right].$$

където d е средният ресурс на елементите на машината и

$$d = (1/N_n) \sum \mu_i = \int_0^s \mu f(\mu) d\mu ;$$

$\bar{\lambda}$ - средната интензивност на отказите на елементите на машината;

$\bar{\lambda} = 1/dr$, където r е равнотрайността на елементите на машината;

$$r = (\beta_0 - 1)/\beta_0,$$

където β_0 е порядъкът на гама-разпределенията на средния ресурс;

\bar{s} - средната стабилност на ресурса на еле-

ментите на машината

$$\bar{s} = (1/n_n) \sum s_i = (\tilde{a}_c - 1) / \tilde{a}_c ,$$

където γ_c и ν_c са среднохармоничният и средният порядък на гама-разпределението на ресурса на елементите;

\bar{m}_r - средният брой на хармониците и $m_r = (\alpha/2) - 3/4$.

За аналитичните цели и практически пресмятания може да бъде използвана приблизителна формула на формулата на общия рекурентен поток на постепенните откази на елементите на машините, която се получава от формулата (4) при допускане на равенство на всички хармоници и експоненциален член на първия (основен) член на реда във вида:

$$(5.) \quad H_{\Sigma_r}^{\Sigma}(t) = N_n \left\{ t/dr - \bar{s}/2 \left[1 - ((dr\beta)^2 / (\sin^2 \pi(1-\bar{s}) t/(1-\bar{s}) (t/(1-\bar{s}) + dr\beta) + \right. \right. \\ \left. \left. + (dr\beta)^2) \right)^{\beta/2} \frac{1}{\sin \pi n(1-\bar{s})} \sin \left(\beta \arcsin \left(\frac{(\sin^2 \pi(1-\bar{s}) t / (1-\bar{s}) / \sin^2 \pi (1-\bar{s}))}{\sin \pi n(1-\bar{s})} \right) \right) \right. \\ \left. \left. \cdot t/(1-\bar{s}) (t/(1-\bar{s}) + dr\beta) + (dr\beta)^2 \right)^{1/2} + \pi(1-\bar{s}) \right] \right\}$$

или с по-грубо приближение, без отчитане на хармоника:

$$(6.) \quad H_{\Sigma_{np}}^{\Sigma}(t) = N_n \left\{ t/dr - \bar{s}/2 \left[1 - ((dr\beta)^2 / (4\sin^2 \pi(1-\bar{s}) t/(1-\bar{s}) (t/(1-\bar{s}) + dr\beta) + \right. \right. \\ \left. \left. + (dr\beta)^2) \right)^{\beta/2} \right] \right\} .$$

От формулите (4.– 6.) следва, че средният брой на постепенните откази на елементите на машините еднозначно се определя от:

а) сумарната интензивност на отказите на елементите на системата, или средната за системата интензивност на отказите и броят на елементите в системата (машината) или броят на елементите и тяхната трайност и равнотрайност

$$(\lambda^{\Sigma} = N_{\Pi} \lambda = N_{\Pi} / dr);$$

б) сумарната стабилност на ресурса на елементите на машината (система), или средната стабилност на ресурса на елементите на машината и техният брой

$$(s^{\Sigma} = N_{\Pi} s);$$

в) порядъкът b на гама-разпределението на интензивността на отказите на елементите.

Сложните машини (трактори, автомобили) като правило са изградени от елементи с постепенни и внезапни откази. Затова характеристиката на обединения общ рекурентен поток с внезапни ($H_{\Sigma_B}^{\Sigma}(t)$) и постепенни ($H_{\Sigma_{\Pi}}^{\Sigma}(t)$) откази ще бъде:

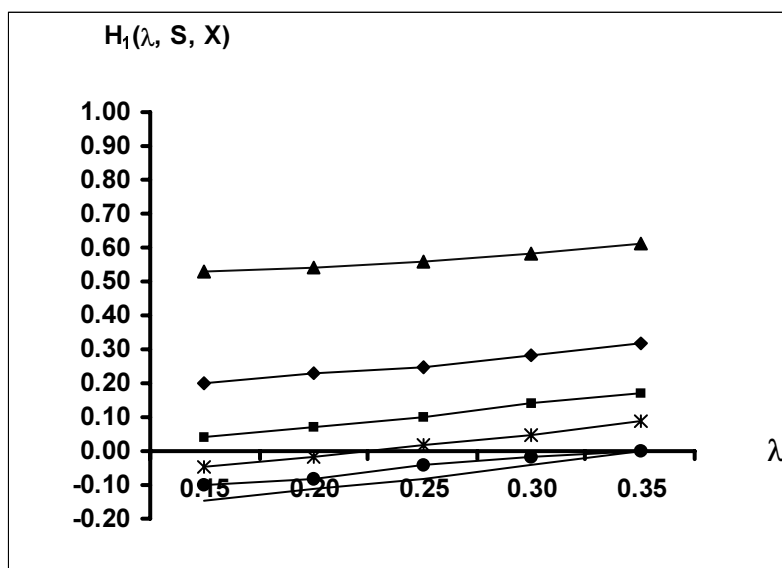
$$H_{\Sigma_C}^{\Sigma}(t) = H_{\Sigma_B}^{\Sigma}(t) + H_{\Sigma_{\Pi}}^{\Sigma}(t).$$

Характеристиката на рекурентен поток на отказите на елементите $H_1(\lambda, S, X)$, определена по формула (1) е изследвана при $\alpha = 2-7$, което е параметъра на формата на гама – разпределението ($\alpha = 1/x^2$, където x е коефициентът на вариация на ресурса на елемента); при $x = 0,8; 1,5; 10,0; 14,0$.

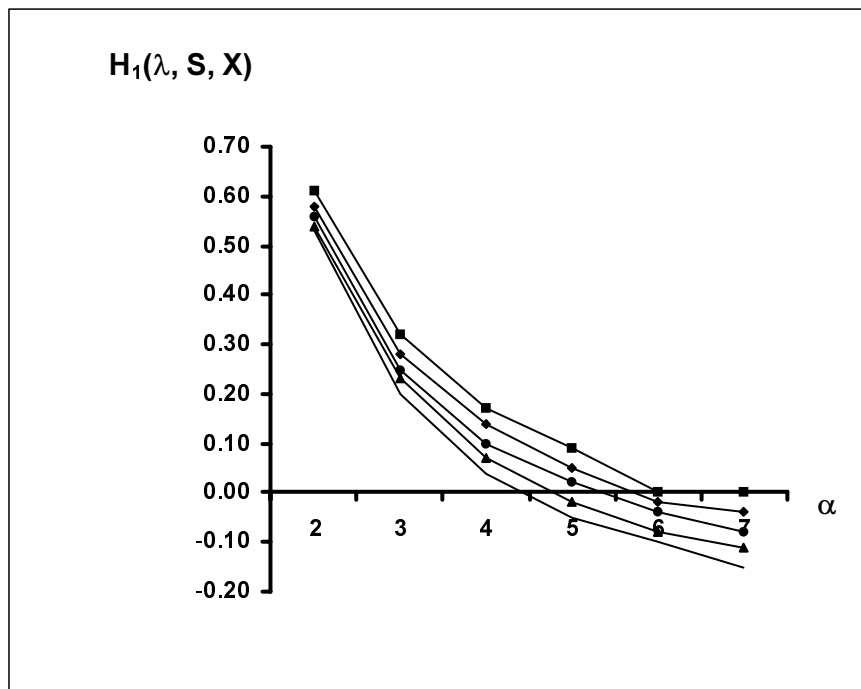
При изследване на характеристиките на потока на отказите $H_1(\lambda, S, X)$ с изменение на параметъра α в границите 2 ч 7 установяваме, че $H_1(\lambda, S, X)$ във функция на λ за стойности на $\lambda = 0,15$ ч $0,35$ растяща и близка до линейна (фиг.1).

На фиг. 2 характеристиката на потока на отказите $H_1(\lambda, S, X)$ е намаляваща в зависимост от параметъра на формата на гама разпределението (α)

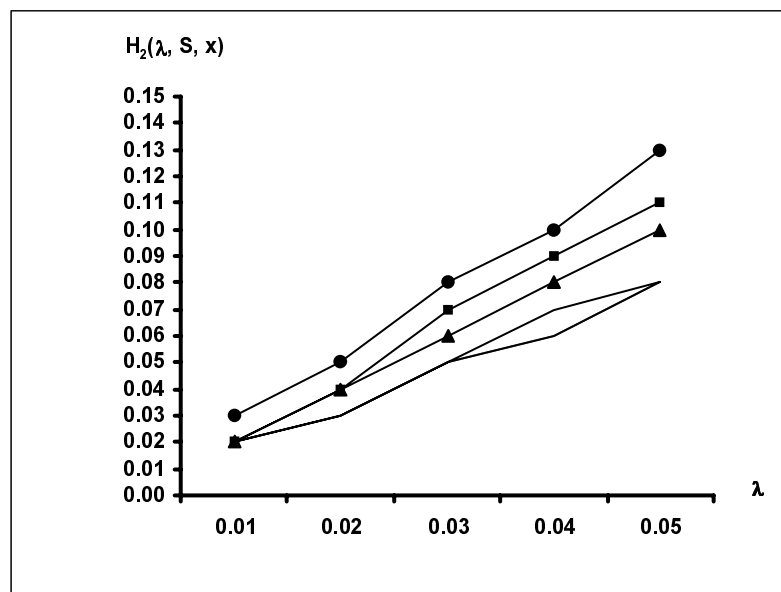
Резултатите от изследването на $H_2(\lambda, S, X)$ са дадени на фиг. 3. От анализа на графичните зависимости следва, че с увеличаване на интензивността на отказите характеристиките на потока на отказите нараства почти по линейна зависимост.



Фиг. 1 Изменение на характеристиките на рекурентен поток откази $H_1(\lambda, S, X)$, в зависимост от интензивността на отказа (λ) и от хармоника $m = 1-5$



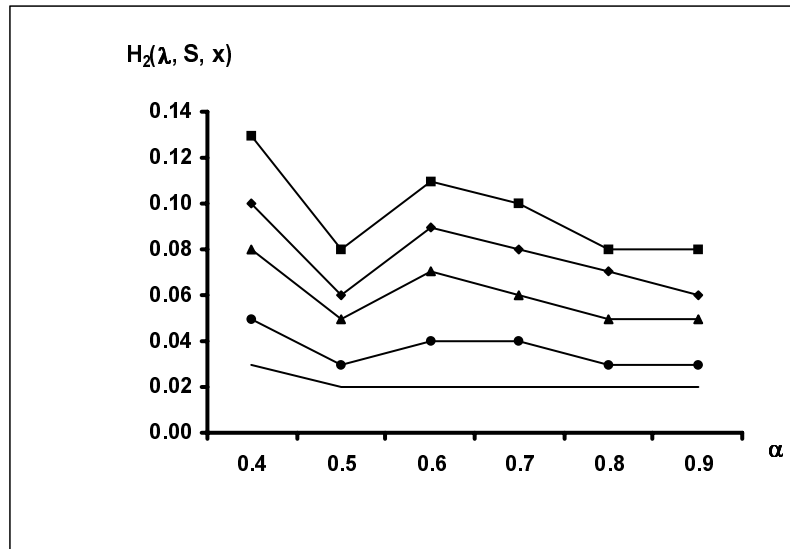
Фиг. 2 Изменение на характеристиките на рекурентен поток откази $H_1(\lambda, S, X)$, в зависимост от параметъра на формата на гама-разпределение (α) и от хармоника $m = 1-5$



Фиг. 3 Изменение на характеристиките на рекурентен поток откази $H_2(\lambda, S, X)$, в зависимост от интензивността на отказа (λ) и от хармоника $m = 1-5$

Изменението на $H_2(\lambda, S, X)$, в зависимост от параметъра на гама- разпределението, който в същност изразява характеристиката на потока на отказите в зависимост от коефициента на вариация на ресурса, показва, че намаляването на коефициента на вариация на ресурса x , т.е. с увеличаването на параметъра a - $H_2(\lambda, S, X)$ намалява

(фиг.4), което показва, че за по-качествените елементи, т.е. с по-малко разсейване на ресурса, ще са необходими по-малко по брой резервни елементи. Това води до извод, който трябва да се вземе под внимание от конструктори, технолози и специалисти по управление на качеството и елементите на машините.

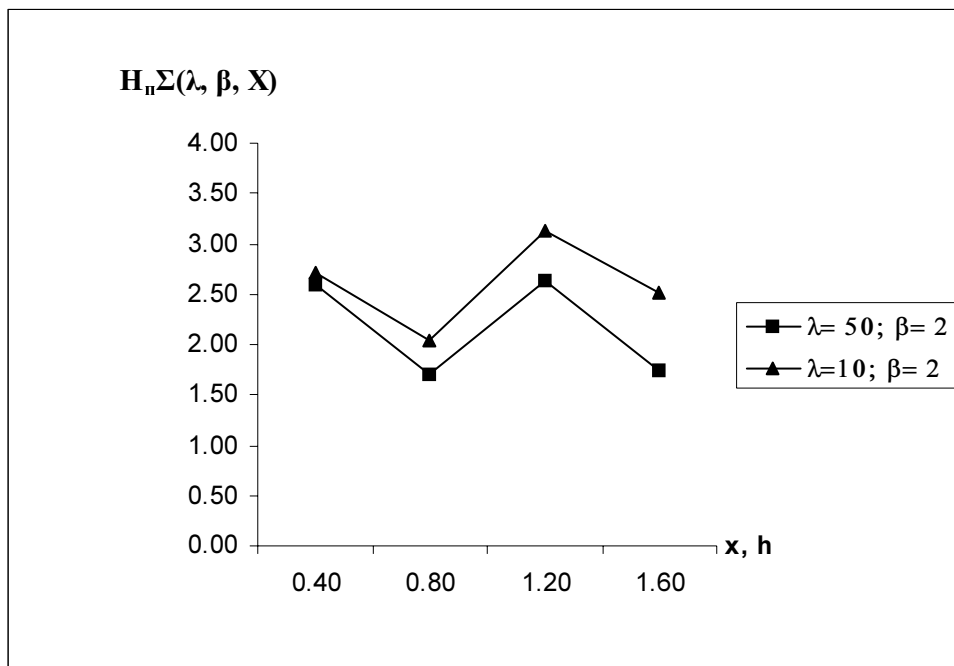


Фиг. 4 Изменение на характеристиките на рекурентен поток откази $H_2(\lambda, S, X)$, в зависимост от параметъра на формата на гама-разпределение (α) и от хармоника $m = 1-5$

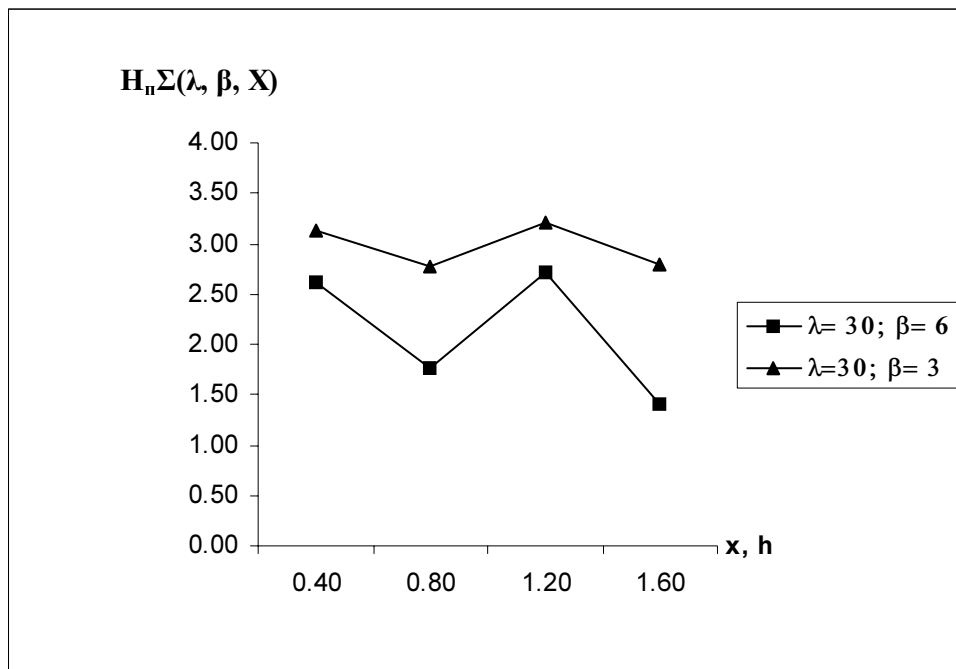
От анализа на графичните зависимости на фиг. 5 и 6 установяваме, че сумарната характеристика на рекурентния поток на отказите

$\alpha \sum \lambda, \beta, X$) за машината е функция, която може приблизително да се приеме за постоянна. Това е потвърждение на известното в теорията на възстановяване твърдение, че за машини, които са съставени от голям брой елементи, може да се приеме, че потокът на отказите им е прост, т.е.

ординарен, стационарен и без последствие. Това потвърждение е важно за планиране на броя на резервните части за поддържане на работоспособността на машините и в същото време ни дава основание да използваме среднестатистическите методи за определяне броя на резервните части за парк от еднакви машини. Тези методи несправедливо се критикуват в някои методики за разработване на нормативи за резервни части.



Фиг. 5 Характер на изменение на $H_n^y(X)$ при $\lambda=10; 50$ и $\beta=2$



Фиг. 6 Характер на изменение на $H_n^y(X)$ при $\lambda=30$ и $\beta=3, 6$

Изводи:

1. Предложен е нов математически модел за определяне характеристиката на потока на отказите при рекурентен поток на отказите.
2. Установено е влиянието на основните фактори върху характеристиките на потока на отказите.

Литература

1. Кокс Д., В. Смит, Теория възстановления. - М., 1967.
2. Тасев Г., Експлоатационни и ремонтни методи за управление надеждността на машините., С., 1983.
3. Методические указания по оценке, прогнозированию и нормированию ресурса и безотказности с.-х.т. М., ГОСНИТИ, 1975.

STUDY OF THE REFUSAL FLOW CHARACTERISTICS OF THE MACHINES FOR MANAGEMENT OF THE LOGISTIC SYSTEM

Yovko Yovkov, Borianna Delijska, Georgi Tasev
University of Forestry – Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

A mathematical model has been proposed for determining and studying the refusal flow characteristics of the machines for management of the logistic system.

The impact of the main factors on the dynamics of the refusal flow characteristics has been studied.