

ОЦЕНКА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА ВЪЗСТАНОВЯЕМИ ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ

Георги Асенов Тасев, Красимир Гораздов Чуканов
Технически колеж – Ямбол
techcol@atil.net

***Tasev G.A., K.G. Chukanov. Evaluation of a residual resource of restorable technical objects** If we consider that the conterminous status of residual object, which is consist of "n" elements is determined from number of refusal "m", then the number of possible conterminous states are C_n^m . Let $R(\tau)$ is an average residual resource under time τ , determined by formula: $R(\tau) = M(\xi_\tau)$. The continuance of process is ignored. Then evaluation of the index $R(\tau)$ is: $\hat{R}(\tau) = (n-k)^{-1} \sum_{i=1}^{n-k} \xi_i^{(i)}$.*

Ако предполагаме, че граничното състояние на възстановяемия обект, състоящ се от "n" елементи се определя от количеството на отказите "m" на елементите, то броят на възможните гранични състояния ще бъде равна на съчетанията от "n" елементи до "m" т.е. C_n^m . Например, за трактор, изграден се от голям брой (от порядъка на 1000), то броя на крайните състояния е $C_{1000}^2 = 4,9 \cdot 10^5$. Ако приемем, че неговото гранично състояние се определя от ресурсните откази на всеки два съставляващи детайла. Ясно е, че това е твърде голяма цифра.

Предполагаме, че граничното състояние на обекта се определя от ресурсните откази на който и да е взет случайно съставляващ елемент може да се изрази с показателя "среден остатъчен ресурс". За обектите се изразява чрез аналогични показатели, в които отказите на обектите се определят от съставляващите ги елементи.

Нека $R(\tau)$ е средният остатъчен ресурс след време τ , определен по формулата:

$$R(\tau) = M(\xi_\tau) \quad (1)$$

където $M(\xi_\tau)$ е математическото очакване на величината $\xi_\tau = \xi - \tau$;

ξ - отработката на обекта до отказа след време τ ($\xi > \tau$).

Тук и след това продължителността на процеса на възстановяване се пренебрегва. Тогава за оценка на показателя (1) се използва израза:

$$\hat{R}(\tau) = (n-k)^{-1} \sum_{i=1}^{n-k} \xi_i^{(i)} \quad (2)$$

където n е броят на еднотипните обекти наблюдавани от началото на експлоатацията;

k - броят на отказалите обекти, до момента от време τ ($k < n$);

$\xi_i^{(i)} = \xi_i - \tau$ - отработката на i -тия обект от началото на наблюдението до отказа след време τ .

Нека m е броят на видовете комплектуващи елементи, за които се наблюдават ресурсни откази на обекта. Тогава израза (2) приема вида:

$$\hat{R}(\tau) = \left[\sum_{j=1}^m (n_j - k_j) \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^{n_1 - k_1} \xi_i^{(1)}(\tau) + \sum \xi_i^{(2)}(\tau) + \dots + \sum_{i=1}^{n_m - k_m} \xi_i^{(m)}(\tau) \right], \quad (3)$$

където n_j е броят на обектите на които ресурсните откази са станали в резултат от отказите на j тия елемент от началото на наблюдението;

k_j – броят на обектите, на които ресурсните откази наблюдавани до момента τ в резултат на отказа на j тия тип елементи ($k_j < n_j$);

$\xi_i^{(j)}(\tau)$ – остатъчният ресурс на i тия обект след време τ , отказа на който е станал по вина на отказа на j тия тип комплектуващ елемент ($j=1, 2, \dots, m$) $\xi_i^{(j)}(\tau) = \xi_i^{(j)} - \tau$.

От съотношението (2) следва, че статистическата оценка на средния остатъчен ресурс на обекта след време τ , отказите които са станали в резултат на ресурсните откази на j -тия тип елемен се изразява с уравнението:

$$\hat{R}_j(\tau) = (n_j - k_j)^{-1} \sum_{i=1}^{n_j - k_j} \xi_i^{(j)}(\tau),$$

от където следва, че $\sum_{i=1}^{n_j - k_j} \xi_i^{(j)}(\tau) = (n_j - k_j)^{-1} \hat{R}_j(\tau)$.

Нека заместим получения резултат в съотношение (3), тогава

$$\hat{R}(\tau) = \left[\sum_{j=1}^m (n_j - k_j) \right]^{-1} \left[(n_1 - k_1) \hat{R}_1(\tau) + (n_2 - k_2) \hat{R}_2(\tau) + \dots + (n_m - k_m) \hat{R}_m(\tau) \right].$$

След преобразуване на последния израз получаваме търсената формула за статистическата оценка на средния остатъчен ресурс на обекта след време τ :

$$\hat{R}(\tau) = Q_1(\tau) \hat{R}_1(\tau) + Q_2(\tau) \hat{R}_2(\tau) + \dots + Q_m(\tau) \hat{R}_m(\tau), \quad (4)$$

където $Q_j(\tau)$ е границата на неотказалите обекти относно j -тия тип елементи след време τ от общия брой неотказали обекти в продължение на това време, т.е.

$$Q_j(\tau) = (n_j - k_j) \left[\sum_{j=1}^m (n_j - k_j) \right]^{-1}, \quad j=1, 2, \dots, m.$$

Оттук следва, че оценката (2) се променя, т.е. вярно е твърдението (4), че математическото очакване на величината $\hat{R}(\tau)$

$$M[\hat{R}(\tau)] = K_n(\tau) R(\tau), \quad (5)$$

където $K_n(\tau) = 1 - [1 - P(\tau)]^n$; $P(\tau)$ е вероятността за безотказна работа на обекта след време τ .

Ако $P(\tau)$ е близка до единица, то разсейването може да се пренебрегне, в противен случай трябва да се използва критерий:

$$\hat{R}(\tau) = [K_{\Pi}(\tau)]^{-1} \hat{R}(\tau), \quad (6)$$

където се изразява за $\hat{R}(\tau)$ определено съотношение (4).

От израза (5) следва, че оценката (6) не се променя т.е.

$$M[\tilde{R}(\tau)] = R(\tau).$$

Пример: След продължителна експлоатация на еднотипни обекти е установено, че всичките ресурсни откази след време 10000 часа стават по вина на елементи от четири типа.

За първия елемент статистическата оценка на средния остатъчен ресурс е $\hat{R}_1(\tau) = 4000$ ч., за втория $\hat{R}_2(\tau) = 3200$ ч., за третия $\hat{R}_3(\tau) = 4800$ ч., за четвъртия $\hat{R}_4(\tau) = 8000$ ч.

Търси се $\hat{R}(\tau) = ?$

Извесно е, че процентът на обектите с безотказна работа (от относително определен тип) е съответно : $Q_1(\tau) = 0,2$; $Q_2(\tau) = 0,3$; $Q_3(\tau) = 0,4$; $Q_4(\tau) = 0,4$.

Решение:

Използвайки формула (4), получаваме

$$\hat{R}(\tau) = 4000 \cdot 0,2 + 3200 \cdot 0,3 + 4800 \cdot 0,4 + 8000 \cdot 0,1 = 4480 \text{ ч.}$$

Следователно средният остатъчен ресурс след работа 10000 часа на изследвания обект е равен на 4480 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садыков Г.С. Показатель остаточного ресурса и его свойства. – Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика. – 1983. - №4. – с. 98-102
2. Спиридонов Г., Г. Тасев Теоретико-приложни аспекти на поддържането и ремонта на ССТ, Русе, 1980.
3. Гайдажиев Г. Изследване надеждността на горивните системи на тракторите, ССТ, 1995.
4. Гайдажиев Г. Расчет долговечности восстанавливаемых объектов. НМЗ К.И. Словянский университет – 2002.