ББК 0580.3-4-5-05-082.04
УДК 621.396.6

В.С. Дем'янчук

ВПЛИВ ФІЗИЧНОГО ЗНОШУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ

Розглянуто вплив фізичного зношування обладнання на функціонування систем і необхідну кількість резерву з техніко-економічної точки зору.

Особливістю роботи значної частини засобів керування рухом повітряного транспорту в наш час є їхнє значне фізичне спрацювання. Але відповідальність за виконання ними поставлених задач при цьому не зменшується. Це означає, що процесу функціонування засобів та систем керування рухом повітряного транспорту сьогодні необхідно приділяти особливу увагу і їхнє спрацювання слід враховувати при аналізі ефективності роботи.

Роботу багатьох засобів керування рухом повітряного транспорту можна оцінювати за допомогою коефіцієнта оперативної готовності $K_{\text{ог}}$, який характеризується ймовірністю того, що в необхідний момент засіб буде готовий до використання і за час виконання поставленої задачі $t_{\text{вз}}$ він не відмовить в роботі:

$$K_{\text{ог}} = K_{\text{г}}\ P\,(t_{\text{вз}}),$$

де $K_{\text{г}}$ – коефіцієнт готовності засобу; $P\,(t_{\text{вз}})$ – імовірність того, що протягом часу вирішення задачі $t_{\text{вз}}$ засіб не відмовить.

Але в цьому виразі коефіцієнт готовності характеризується середнім значенням імовірності перебування засобу в справному стані. Воно визначається на етапі нормальної експлуатації засобу, коли має місце стаціонарний режим відмов і відновлення працездатності.

В період фізичного зношення обладнання доцільніше користуватися поняттям функції оперативної готовності $K_{\text{ог}}(t)$, яка враховує функцію готовності засобу, параметр відмов якого (t) являє собою функцію часу експлуатації:

$$K_{\text{ог}}(t) = K_{\text{г}}(t)\ P\,(t_{\text{вз}}).$$

Як відомо, функція готовності має такий вираз:

$$K_{\text{г}}(t)=e^{-F(t)}[1-\int_0^t v_{(u)}\,e^{F(u)}du\};$$

$$F(t)=\int_0^t[w(u)+v(u)]du, \qquad (1)$$

де $v(u)$ – параметр закону розподілу часу відновлення працездатності засобу, який при показниковому законі розподілу $v(t)=\mu$; $\omega(t)$ – параметр закону розподілу часу безвідмовної роботи засобу.

При лінійній зміні параметра потоку відмов $\omega(t) = a + bt$, де a – параметр відмов раптового характеру; bt – параметр відмов поступового характеру. Функція готовності визначається при значенні:

$$F(t)=\int_0^t(a+bu+\mu)du=(a+\mu)t+\frac{1}{2}bt^2. \qquad (2)$$

При цьому враховується зміна функції оперативної готовності з часом експлуатації, що важливо, коли вона визначається для засобів, які перебувають у стані фізичного зношення.

Систему керування рухом повітряного транспорту в цілому можна розглядати з позицій теорії масового обслуговування як систему, яка обслуговує випадковий потік повітряних кораблів. Потреби в їхньому обслуговуванні можна розглядати як вимоги. Найчастіше вважають, що ці вимоги не можуть очікувати на обслуговування і при відмові системи для неї втрачаються. В таких системах, як правило, вимога не може бути втраченою з причини завантаженості системи обслуговуванням інших вимог.

При показникових законах розподілу часу між моментами появи вимог з параметром q і часу їхнього обслуговування з параметром γ, часу безвідмовної роботи системи з параметром $\omega(t)=\lambda$ та часу відновлення її працездатності з параметром μ коефіцієнт використання системи

$$K_{\text{в}}=p_1=\frac{\mu}{\lambda+\mu}\frac{q}{\lambda+q+\gamma}=K_{\Gamma}\frac{q}{\lambda+q+\gamma}. \qquad (3)$$

Коефіцієнт простою системи в несправному стані

$$K_{\text{п}}=p_2=\frac{1}{1+m}=1-K_{\Gamma}.$$

Функцію простою системи часто з урахуванням її фізичного зношення можна приблизно визначити за допомогою виразу

$$K_{\text{п}}(t)=1-K_{\Gamma}(t)\approx\frac{a+bt}{a+bt+\mu}.$$

З урахуванням фізичного зношення системи доцільніше користуватися поняттям функції її використання $K_{\text{в}}(t)$, приблизне вираження якої отримаємо після заміни у виразі (3) коефіцієнта готовності на функцію готовності у відповідності з рівняннями (1) і (2) та параметра λ параметром потоку відмов $\omega(t)=a+bt$:

$$K_{\text{в}}(t)=K_{\Gamma}(t)\frac{q}{a+bt+q+\gamma}\approx\frac{\mu q}{[(a+bt)+\mu](a+bt+q+\gamma)}.$$

При параметрах: $\lambda=10^{-2}$ год$^{-1}$; $\mu=1$ год$^{-1}$; q=20 год$^{-1}$; γ=50 год$^{-1}$; a=10^{-2} год$^{-1}$; b=10^{-4} год$^{-1}$; t_1 = 100 год відповідно до виразів (3) і (4) отримаємо $K_{\text{в}}$ = 0,283; $K_{\text{в}}(t)\approx 0{,}28$. При значенні t_2 = =1000 год відповідно отримаємо $K_{\text{в}}$=0,283; $K_{\text{в}}(t)\approx$ 0,257.

Розраховуючи функцію простою системи для значень t_1=100 год і t_2=1000 год, отримуємо $K_{\text{п}}(t_1)\approx 1{,}96\cdot10^{-2}$; $K_{\text{п}}(t_2)\approx 9{,}9\cdot10^{-2}$.

Як бачимо, з часом функція простою збільшується, а функція використання – зменшується. Це свідчить про доцільність аналізу цих функцій на етапі фізичного зношення обладнання. Розрахунки показують, що при цьому можна користуватися приблизними розрахунками $K_{\text{п}}(t)$ і $K_{\text{в}}(t)$, враховуючи, що значення параметра потоку відмов часто визначаються не дуже точно.

У цивільній авіації в системах керування рухом повітряного транспорту широко використовується апаратурне резервування, яке забезпечує високу готовність системи, спрощує проведення технічного обслуговування, сприяє збільшенню безвідмовності систем та їхнього напрацювання на відмову.

Часто оптимальну кратність резервування доцільно визначати з техніко–економічних міркувань, враховуючи вартість системи, експлуатаційні витрати на її використання і можливі

m0im2 m " '(*e* + *Ю* *Г* I8 (С' + С г0
ц *С3г*

Розрахована кількість резервних комплектів обладнання повинна округлятися до найбільшого цілого значення.

При значеннях параметрів: </-10 2 год'1, *Ь*=10'7 год2, */л* =1 год *1*, /=Т05 год, и=5, г=1, Гі=104 грн., грн./год, Сз=103 грн./год, /і=7, отримуємо: /я0Тті=1,5>* *т0Т2~2*. При розрахунку :круглення да0пт до значення *т0ТГ = тαи2=2* цілком виправдане з урахуванням фізичного зношення обладнання за час його використання.

При надто малій тривалості часу використання системи зникає необхідність у резервовому ібладнанні, якщо ця тривалість не перевищує значення часу

С,

г - с , - с ,

При цьому враховувати фізичне зношення обладнання немає потреби.

Питання про доцільність апаратурного резервування слід вирішувати з техніко-економічної точки зору. В багатьох випадках важко чи навіть неможливо визначити економічні аспекти 5битків від простою системи. У цих випадках обмежуються міркуваннями щодо забезпечення виконання системою заданих функцій, але не замислюються над тим, якою ціною досягається виконання цих функцій, і не враховують втрати від їхнього невиконання.

Якщо порівнювати два варіанти побудови системи - без наявності резерву *(т-0)* і при його використанні *(т*>0), то виявляється, що використання резерву доцільне в тих випадках, коли протягом усього часу використання системи 7витримується нерівність

С, + *С2і* >- С 3|при| (—)*т* « 1. (5)
ц ц

При цьому враховується те, що в системі з резервом найбільша кількість несправних комплектів 1= *nKi* < *т* при ненавантаженому режимі резерву і наявності одного ремонтника.

Вираз (5) справедливий і при врахуванні фізичного зношення обладнання, якщо витримується нерівність *n(a + ЬI)* « 1.

Для швидко відновлюваних комплектів обладнання, коли // —» оо, використання резерву менш доцільне, ніж для систем, відновлення обладнання яких тривале.

При великій Інтенсивності відновлення *Ц* легше забезпечити нерівність С3> // (Сі+СУ), коли в резерві немає необхідності. Але, чим більші збитки виникають за відмови багатоканальної системи, тим складніше обійтися без апаратурного резерву.

Таким чином, проаналізований вплив фізичного зношення обладнання на показники функціонування систем, розроблена методика для визначення оптимальної кількості резерву з техніко-економічних показників з урахуванням процесу фізичного зношення обладнання.

Список літератури

1. *Демьянчук В.С., Броди С.М.* Надежность обслуживаемых радиоэлектронных систем. - К.: Вища шк, - 1976. -160 с.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 1999 року.