

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ

Пошивалов В.П.

*Інститут технічної механіки НАН України и ДКА України доктор технічних наук,
професор, Україна. Член-кореспондент НАН України,*

Анотація. У роботі розглянуті загальні принципи забезпечення надійності ергатичної системи, що складається з оператора, програмного забезпечення та технічної системи при технічному обслуговуванні. Ступінь надійності програмного забезпечення характеризується ймовірністю роботи програмного продукту без відмови протягом певного періоду часу. Методи забезпечення надійності технічної складової розбиваються на два класи: загальнотехнічні та спеціальні. Розглянуті розв'язки задачі для чотирьох випадків, коли елемент технічної складової замінюють при відмові, коли елемент відновлюють при відмові, коли елемент замінюють при відмові або досягненні напрацювання певного значення, коли елемент відновлюють при відмові або досягненні напрацювання. Отримано вираз для напрацювання на відмову при профілактичному обслуговуванні технічної складової залежно від вартості робіт, пов'язаних з розбиранням, пошуком відмови, складанням технічної складової, відновленням елемента при відмові, відновлення елемента при профілактичному обслуговуванні.

Ключові слова: ергатична система, принципи забезпечення надійності, технічне обслуговування

Проблема надійності умовно складається з двох напрямків: розрахунок надійності та її забезпечення. Перший напрямок ґрунтується в основному на застосуванні спеціальних математичних методів, а другий пов'язаний з вирішенням традиційних конструкторських та технологічних задач щодо створення високоякісних систем та правильної їх експлуатації [1]. У процесі становлення науки і практики у сфері надійності складних систем стало зрозуміло, що окремо взятими розрахунковими, конструкторськими чи одними організаційними методами проблему надійності не вирішити. Тому поступово ситуація змінилася на користь розумного поєднання методів розрахунку надійності та організаційно-технічного забезпечення надійності систем за допомогою нормування, конструкторських рішень та експериментального відпрацювання.

Розглянемо загальні принципи забезпечення надійності ергатичної системи (ЕС), що складається з оператора, програмного забезпечення (ПЗ) та технічної системи.

Проблема забезпечення надійності діяльності операторів має досить опрацьовані теоретичні засади та практичні результати. Водночас проблему не можна вважати вирішеною через збільшення складності ЕС, ускладненням комплексів управління, що зумовило зростання інтенсивності праці операторів у різних галузях промисловості. Все це потребує нових підходів щодо забезпечення надійності операторів.

Ступінь надійності ПЗ характеризується ймовірністю роботи програмного продукту без відмови протягом певного періоду часу [2-4].

Проблеми із забезпеченням надійності ПЗ пов'язані з тим, що досі немає загальноприйнятої міри надійності комп'ютерних програм. Однак, судячи з наявних публікацій, питання забезпечення надійності програм вважається важливішим, ніж питання її оцінки. Слід зазначити, що гарантувати повну відсутність помилок ПЗ не можна, але в рамках цього підходу можна досягти прийняттого рівня надійності ПЗ.

Інші три підходи пов'язані з організацією самих продуктів технології – програм. Вони враховують можливість помилки у самих програмах. Самовиявлення помилки у програмі означає, що програма містить засоби виявлення відмови у її виконанні. Самовиправлення помилки у програмі дозволяє не тільки знаходити відмову в процесі її виконання, а й виправляти наслідки цієї відмови, для чого у програмі мають бути відповідні засоби. Забезпечення стійкості програми до помилок залежить від того, що у програмі містяться засоби, які дозволяють локалізувати область впливу відмови програми, чи зменшити його неприємні наслідки, інколи ж запобігти катастрофічних наслідків відмови. Однак ці підходи використовуються дуже рідко, відносно частіше використовується підхід забезпечення стійкості до помилок. Пов'язано це з тим, що багато простих методів, що використовуються в техніці в рамках цих підходів, не застосовуються в програмуванні, наприклад, дублювання окремих блоків і пристроїв (виконання двох копій

однієї програми завжди буде призводити до однакового ефекту - правильного або неправильного). Також необхідно враховувати, що додавання до програми додаткових засобів призводить до її ускладнення, іноді значного, що певною мірою заважає методам попередження помилок.

Задачею забезпечення надійності технічної складової є складання переліку робіт та заходів, що проводяться на всіх стадіях створення та експлуатації. Вона є найбільш розробленою частиною ЕС.

Методи забезпечення надійності технічної складової можна розбити на два класи: загальнотехнічні та спеціальні. Такий поділ досить умовний, як і умовно розбиття всіх методів на групи. Це зроблено з метою кращого оволодіння методами і повнішого їх поетапного використання. Застосування кожного їх окремо у тому чи іншою мірою сприяє підвищенню надійності, але сукупність різних методів забезпечує ефективне підвищення надійності, тобто досягнення необхідного значення при мінімальних витратах.

До загальнотехнічного класу методів віднесено такі, які можуть використовуватися у всіх випадках проектування систем, незалежно від того, сформульовані замовником або не сформульовані вимоги щодо надійності до даної системи. Застосування цих методів не призводить до значного збільшення вартості системи, її габаритів, ваги, споживання нею енергії тощо. Однак можуть при їх застосуванні забезпечити необхідний рівень надійності при невеликих додаткових витратах при проектуванні та виготовленні (монтажі).

До загальнотехнічних методів, передусім, належить група організаційних методів, які реалізуються на початкових етапах розробки та охоплюють питання, які стосуються системи загалом. Усі вони необхідні розробнику системи під час упорядкування чи погодженні технічного завдання (ТЗ), складеного проектувальником – замовником системи. Спеціальні методи застосовуються в тому випадку, якщо використані загальнотехнічні методи не забезпечили пред'явлені вимоги до надійності або ці методи вказані в ТЗ на розробку системи як обов'язкові для застосування. Перелік усіх заходів, що

проводяться на етапі розробки, зазначається у спеціальному документі – програмі забезпечення надійності.

Основним завданням програми забезпечення надійності ЕС є складання переліку робіт та заходів, що проводяться на всіх стадіях створення та експлуатації пристрою з метою досягнення необхідного рівня надійності.

Одним із важливих питань забезпечення надійності на етапі експлуатації технічної складової є технічне обслуговування. Воно дозволяє підвищити перебування системи у працездатному стані і цим вирішити завдання забезпечення заданого рівня надійності функціонування системи.

Одним з параметрів технічного обслуговування є періодичність обслуговування, під яким розуміється інтервал часу або напрацювання між даним видом технічного обслуговування і наступним видом або іншим більшої складності.

Загалом завдання визначення періодичності технічного обслуговування можна сформулювати так: знайти оптимальне значення, виходячи з мінімуму витрат на відновлення або заміну елемента на одиницю напрацювання

$$C_t = M(C / t), \quad (1)$$

де - M - символ математичного очікування;

C - витрати на відновлення або заміну елемента;

t - напрацювання елемента.

При постійному значенні C

$$C_t = C \int_0^{\infty} \frac{g(t)}{t} dt, \quad (2)$$

де $g(t)$ – функція щільності розподілу напрацювання до відмови.

Можна розглядати розв'язання цієї задачі для чотирьох випадків: елемент замінюють при відмові; елемент відновлюють при відмові; елемент замінюють при відмові або досягненні напрацювання певного значення; елемент відновлюють при відмові або досягненні напрацювання $T_{оп}$.

Запишемо вираз (2) для останнього випадку

$$C_t = C_{OBO} \int_0^{T_0} \frac{g(t)}{t} dt + \frac{C_{ОВП}}{T_{ОП}} \int_0^{T_0} 1 - G(T_{ОП}) dt, \quad (3)$$

де $C_{OBO} = C_O + C_{BO}$; $C_{ОВП} = C_O + C_{ВП}$; $C_O, C_{BO}, C_{ВП}$ – відповідно вартості робіт, пов'язаних з розбиранням, пошуком відмови та складанням технічної складової; відновленням елемента при відмові; відновлення елемента при профілактичному обслуговуванні.

Нехай щільність розподілу напрацювання технічної складової має вигляд

$$g(t) = n\alpha \exp(-\alpha t) \int_0^t 1 - \exp(-\alpha \tau) dt^{n-1}, \quad (4)$$

де α і n – параметри розподілу.

Тоді при $n = 2$, продиференціюємо вираз (3) і, прирівнявши похідну нулю, знаходимо співвідношення для визначення оптимального значення $T_{ОП}$

$$T_{ОП} = \frac{C_{ОВП} \int_0^{T_{ОП}} 1 - \exp(-\alpha \tau) dt}{2\alpha (C_{BO} - C_{ВП}) \int_0^{T_{ОП}} 1 - \exp(-\alpha \tau) dt}. \quad (5)$$

При стратегії обслуговування, коли складова частина замінюється при відмові, а при профілактичному обслуговуванні відбувається її відновлення, оптимальне значення визначиться з виразу

$$T_{ОП} = \frac{C_{ОВП} \int_0^{T_{ОП}} 1 - \exp(-\alpha \tau) dt}{2\alpha (C_3 - C_{ВП}) \int_0^{T_{ОП}} 1 - \exp(-\alpha \tau) dt} \quad (6)$$

Висновки. Наведено загальні принципи забезпечення надійності ергатичних систем при технічному обслуговуванні. Розглянуті розв'язки задачі для чотирьох випадків, коли елемент технічної складової замінюють при відмові, коли елемент відновлюють при відмові, коли елемент замінюють при відмові або досягненні напрацювання певного значення, коли елемент відновлюють при відмові або досягненні напрацювання. Отримано вираз для напрацювання на відмову при профілактичному обслуговуванні технічної складової залежно від вартості робіт, пов'язаних з розбиранням, пошуком відмови, складанням технічної складової; відновленням елемента при відмові, відновлення елемента при профілактичному обслуговуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Острейковський В. А. Теорія надійності/В. А. Острейковський. - М.: Вища школа, 2003. 463с.
2. Пошивалов В. П. Оцінка працездатності складних ергатичних систем / В. П. Пошивалов, Ю. Ф. Данієв // Вісник Академії митної служби України. – Дніпропетровськ, 2009. – №1(41). – С. 32–37.
3. Пошивалов В. П. Визначення комплексних показників надійності ергатичних систем / В. П. Пошивалов, Ю. Ф. Данієв // Вісник митної служби України. – Дніпропетровськ: – 2010. – №1(43). – С. 111-119.
4. Данієв Ю. Ф. Системний підхід до забезпечення надійності складних систем /Ю.Ф.Данієв, В.П.Пошивалов, Л.В.Резніченко //Системні технології : Регіональний міжвуз. сб. наук. праць. – Дніпро : НМАУ, 2017. – Вип. 2 (109). – С. 27 – 34.

ENSURING THE RELIABILITY OF THE ERGATICAL SYSTEM DURING TECHNICAL MAINTENANCE

Volodymyr Poshyvalov

Abstract. *The paper considers the general principles of ensuring the reliability of an ergatic system consisting of an operator, software and a technical system during maintenance. The degree of software reliability is characterized by the probability of the software product operating without failure for a certain period of time. Methods for ensuring the reliability of a technical component are divided into two classes: general technical and special. Solutions to the problem are considered for four cases: when an element of a technical component is replaced upon failure, when an element is restored upon failure, when an element is replaced upon failure or reaching a certain value of operating time, when an element is restored upon failure or reaching an operating time. An expression for the operating time to failure during preventive maintenance of a technical component is obtained depending on the cost of work related to disassembly, failure search, assembly of a technical component, restoration of an element upon failure, restoration of an element during preventive maintenance.*

Keywords: *energy system, reliability principles, maintenance*

REFERENCE

1. Ostreikovsky V. A. Theory of reliability/V. A. Ostreikovsky. - M.: Higher School, 2003. 463p.
2. Poshyvalov V. P. Assessment of the performance of complex ergatic systems / V. P. Poshyvalov, Yu. F. Daniev // Bulletin of the Academy of the Customs Service of Ukraine. – Dnipropetrovsk, 2009. – No. 1(41). – P. 32–37.
3. Poshyvalov V. P. Determination of complex indicators of reliability of ergatic systems / V. P. Poshyvalov, Yu. F. Daniev // Bulletin of the Customs Service of Ukraine. – Dnipropetrovsk: – 2010. – No. 1(43). – P. 111-119.
4. Daniev Yu. F. System approach to ensuring the reliability of complex systems /Yu.F.Daniev, V.P.Poshyvalov, L.V.Reznichenko //System technologies: Regional interuniversity collection of scientific works – Dnipro: NMAU, 2017. – Issue 2 (109). – P. 27 - 34.