

## ПОКАЗНИКИ ВІДНОВЛЮВАНOSTI ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

**В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

***Анотація.** Приведені визначення показників надійності програмних засобів мехатронних систем, показані види відмов програмного забезпечення. Приведено короткий огляд моделей надійності програмних засобів. Приведені показники відновлюваності, їх математичні визначення та застосування для характеристики відновлюваності програмних засобів. Наведений приклад оцінки кількості помилок при написанні програми для бортового комп'ютера сучасного легкового автомобіля.*

***Ключові слова:** мехатронна система, програмний засіб, відновлюваність, інтенсивність відновлення, середній час відновлення, помилки програми.*

## ПОКАЗАТЕЛИ ВОССТАНАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

**В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

***Аннотация.** Приведены определения показателей надежности программных средств мехатронных систем, показаны виды отказов программного обеспечения. Приведен короткий обзор моделей надежности программных средств. Приведены показатели восстановления, их математические определения и применение для характеристики восстановления программных средств.*

***Ключевые слова:** мехатронная система, программное средство, восстанавливаемость, интенсивность восстановления, среднее время восстановления, ошибки программы.*

## INDICTORS OF RESTORATION OF PROGRAM FACILITY OF MECHATRONICS SYSTEM

**V. Frolov, associate professor, cand. eng. sc., KhNAHU**

***Abstract.** The determination of reliability indicators of program facilities of mechatronic systems are offered. The defaillance modes of program facilities are represent. A short review of model reliability of program facility is presented. The indicators of restoration, their mathematical determinations and application for the characteristics of program facility restoration are offered.*

***Key words:** mechatronic system, software tool, maintainability, repair rate, mean time to repair, programs errors.*

### **Вступ**

Сучасні мехатронні системи включають механічні, електронні та інформаційні системи. Питома вага інформаційної складової в мехатронних системах зростає, також зростає

вплив інформаційної системи на надійність мехатронної системи в цілому.

Надійність програмних засобів залежить від багатьох чинників і, в загальному випадку, збільшується у процесі експлуатації на різ-

ницю від надійності механічних та електронних систем.

### Аналіз публікацій

У джерелі [1] представлені показники та методи оцінювання якості програмних засобів ЕОМ. У джерелі [2] представлені показники надійності програмних засобів та методи їх діагностування. У статі [3] показані принципи розрахунку надійності мехатронних систем, яка також включає і програмні засоби. У джерелі [4] представлений підхід до оцінки надійності програмного засобу емпіричним способом.

### Мета і постановка задачі

Проаналізувати моделі надійності програмних засобів, види відмов програмних засобів, привести формули для оцінки показників відновлюваності програмних засобів. Оцінити кількість помилок при написанні програми для бортового комп'ютера сучасного легкового автомобіля.

Мехатронні системи складаються, як правило, з механічних, електронних та інформаційних систем, які пов'язані одна з одною і представляють синергетичну систему. До мехатронних систем відносяться гнучкі промислові системи, сучасні транспортні засоби, такі як літаки, тепловози, легкові автомобілі. Наприклад, легковий автомобіль Мерседес Бенс СВ 220 є мехатронною системою, яка включає до 40 керованих агрегатів, які керуються бортовим комп'ютером із власним програмним забезпеченням.

Програмний засіб – об'єкт, який складається з програми або взаємопов'язаної сукупності програм, а також, якщо це передбачено, даних, процедур і правил з програмною документацією, придатною для використання за призначенням у системах обробки інформації [2].

Номенклатура показників, що визначають якість програмного засобу, має вигляд, представлений в табл. 1 [2].

Представлені показники в основному мають якісний характер і тому визначаються, як правило, методами кваліметрії, які показані в [1]. Моделі надійності програмних засобів діляться на емпіричні, статистичні та імовір-

нісні. До емпіричних моделей відносяться модель Холстеда, модель ІВМ і модель Ліпаєва [3]. Основна величина в моделях Холстеда і ІВМ є кількість дефектів, допущених у програмах. В моделі Ліпаєва основна величина є інтенсивність відмов. Емпіричні моделі використовуються для оцінки надійності програмних засобів на етапі проектування.

Таблиця 1 Показники надійності програмного засобу

№	Назва	Англійський еквівалент
1	Функціональність	Functionality
2	Надійність функціонування	Reliability
3	Зручність використання	Usability
4	Раціональність	Efficiency
5	Супроводжуваність	Maintainability
6	Переносимість	Portability

До статистичних моделей відносяться моделі Мілса, Майерса і Коркорена, вони дають оцінку надійності у процесі налагодження і тестування. Статистична модель Нельсона використовується на етапі експлуатації. До імовірнісних моделей відносяться модель Джелінські-Моранді, модель Шумана, Шика-Вельворта [3].

В комп'ютерних системах можуть виникнути наступні види відмов: алгоритмічні, апаратурні, інформаційні та ергатичні. Алгоритмічна відмова – це відмова, викликана помилками у вихідному алгоритмі. Програмна відмова – це відмова, викликана помилками в об'єктній програмі.

Апаратурна відмова – це відмова, яка виникла в результаті відмови технічних засобів.

Інформаційна відмова – відмова, яка сталася в результаті помилки в інформації, яка приводить до порушення у виконванні програми.

Ергатична відмова – це відмова, яка сталася в результаті помилки оператора, яка привела до порушення правильного виконання об'єктної програми.

Відновлюваність – один із показників надійності функціонування програмного засобу.

*Відновлюваність* – зумовлює можливість відновлювати рівень якості функціональності і дані після відмов [2]. Відновлюваність характеризується витратами часу і засобів на відновлення програмного засобу відмови типу збій і підтримки його у працездатному стані.

Показниками відновлюваності програмних засобів є: імовірність відновлення  $M(t)$ , середня тривалість відновлення  $T_B$ , інтенсивність відновлення  $\mu(t)$  [2].

Для програмних засобів характерним є чергування справного стану й операцій відновлення після відмови. Появу відмов у кожному з об'єктів можна розглядати як потік відмов.

Для програмного засобу вводять поняття *відновлюваності* – властивості об'єкта бути пристосованим для підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції. Один з показників відновлюваності – *середня тривалість відновлення* – математичне сподівання часу відновлення працездатного стану програмного заходу після відмови

$$T_B = \int_0^{\infty} T_p \cdot f(t_p) dt, \quad (1)$$

де  $f(t)$  – густина імовірності часу відновлення;

за статистичними даними визначається як

$$\tilde{T}_B = \left( \sum_{i=1}^n t_{Bi} \right) / n, \quad (2)$$

де  $n$  – число відмов за період часу, що спостерігається.

Величина, зворотна середній тривалості відновлення, називається *інтенсивністю відновлення* і характеризується кількістю відновлюваних операцій, проведених в одиницю часу

$$\mu = 1/T_B. \quad (3)$$

Процес відновлення, який полягає у виявленні та усуненні відмов, не вимагає ремонтних операцій і тому може бути автоматизо-

ваним. За такого підходу відмови можуть бути перетворені на збої. Але для цього в комплексі програм необхідно мати засоби діагностування коректної роботи програми.

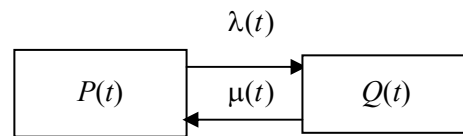


Рис. 1. Перехід програмного засобу з працездатного стану до непрацездатного і навпаки

На рис. 1 показано, що інтенсивність відмов  $\lambda(t)$  приводить до непрацездатного стану програмного засобу з імовірністю  $Q(t)$ , а інтенсивність відновлення  $\mu(t)$  приводить до працездатного стану програмного засобу з імовірністю  $P(t)$ .

Програма для бортового комп'ютера, наприклад, для легкового автомобіля Мерседес Бенс СВ 220, яка написана мовою C++, містить близько 150 листів тексту; на кожному листі міститься близько 100 операторів і близько 200 операндів. Оцінимо число помилок програми за моделлю Холстеда [4].

Довжина програми визначається за формулою

$$L = \eta_1 \log_2 \eta_1 + \eta_2 \log_2 \eta_2, \quad (4)$$

де  $\eta_1, \eta_2$  – кількість операторів і операндів.

Для нашого випадку маємо  $\eta_1 = 15000$ ,  $\eta_2 = 30000$

$$L = 15000 \cdot \log_2 15000 + 3000 \log_2 30000 = 15000 \cdot 13,92 + 30000 \cdot 14,92 = 656512.$$

Кількість помилок визначимо за формулою

$$N = \frac{L \cdot \log_2 (\eta_1 + \eta_2)}{3000}. \quad (5)$$

Підставимо значення прикладу, маємо

$$N = \frac{656512 \cdot \log_2 45000}{3000} = \frac{656512 \cdot 15,51}{3000} = \frac{10182966}{3000} = 3394.$$

Враховуючи, що швидкодія сучасних комп'ютерних систем досягає  $10^6$  операцій в секунду, то при розробці програми повинні бути етапи налагодження, тобто виявлення помилок і супроводження програми у процесі експлуатації.

Якщо вимоги до імовірності безвідмовної роботи більш високі, то програма повинна мати засоби діагностування.

### **Висновок**

У статті подані показники якості програмного засобу, моделі надійності програмних засобів, види відмов програмних засобів, показані основні співвідношення для розрахунку показників відновлюваності на прикладі програми для бортового комп'ютера розрахована кількість помилок у вихідній програмі та імовірність безвідмовної роботи.

### **Література**

1. ДСТУ 2850 – 94 Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінювання якості.
2. Локазюк В.М., Савченко Ю.Г. Надійність, контроль, діагностика і модерізація ПК. – К.: Академія, 2004. – 376 с.
3. Никитин В.И. Надежность мехатронных систем // Автомобильный транспорт. – 2004. – Вып. 14. – С. 92 – 96.
4. Липаев В.И. Качество программного обеспечения. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 263 с.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 29 вересня 2009 р.