

## **ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ДОВІЛЬНИХ ЗАКОНАХ РОЗПОДІЛУ ВІДМОВ ТА ВІДНОВЛЕНЬ**

*Розглянуті проблеми зв'язані з аналізом надійності технічних систем. Сформульовані напрямки дослідження, необхідні для рішення проблем аналізу надійності.*

Надійність є внутрішньою фізичною властивістю бортового устаткування (БУ) і повинна мати кількісні оцінки, які обов'язково вказуються в технічному завданні (ТЗ) на розробку компонентів технічних систем будь-якої складності. Бортове устаткування сучасних повітряних суден безумовно відноситься до складних технічних систем.

Слід виділити, на наш погляд, чотири основні питання теорії і практики надійності складних технічних систем, що представляють інтерес для вивчення:

1) математичне моделювання функціонування системи, розробка методів, алгоритмів і програм розрахунку, аналізу і прогнозування надійності складних систем

2) планування випробувань на надійність

3) організація технічної експлуатації, при якій можлива ефективна реалізація закладеного в систему рівня надійності;

4) розробка шляхів забезпечення і підвищення надійності складних систем при недостатній надійності складових її елементів.

Перша з перерахованих проблем є центральною, оскільки з неї безпосередньо або непрямим шляхом слідує усі інші.

Основними способами підвищення надійності є:

- поліпшення фізичних властивостей елементів і
- введення надмірності різного виду, що маскує виникаючі відмови.

Характер функцій, що виконуються системою авіоніки, вимагає високої її надійності, проте до її складу входять десятки і сотні тисяч елементів, що негативно позначається на надійності системи в цілому. Безумовно, що надійність елементів також росте, але темп цього зростання відстає від швидкості збільшення складності системи. Створення нових технічних систем пред'являє дуже високі вимоги до їх якості і надійності, що вимагає розробки відповідних методів розрахунку і прогнозування надійності техніки.

Найважливішим поняттям в надійності є поняття відмови. Відмова часто веде до катастрофічних наслідків, звідси витікають підвищені вимоги до відмовостійкості, а також до сучасних методів розрахунку і прогнозування надійності.

Питання ухвалення технічних рішень по забезпеченню належного рівня надійності систем пов'язані з кількісною оцінкою їх надійності і тим самим з розробкою нових методів розрахунку і прогнозування надійності. Внаслідок

різних причин(складність; громіздкість, недоступність і так далі) ми вимушені досліджувати не саму систему, а формальний опис тих її особливостей, які істотні для оцінки надійності. Таким чином для обчислення надійносних характеристик системи потрібне створення математичної моделі її функціонування, а також розробка методів, алгоритмів і програм аналізу надійності за допомогою ЕОМ.

Вплив видів законів розподілу елементів на надійність системи, облік особливостей функціонування систем таких як контроль станів елементів, післядію відмов, необхідність обліку неодночасності роботи елементів, перемикавання на резерв, можливість реконфігурації системи під час її експлуатації, введення різних видів резервування і так далі призводять до необхідності дослідження систем з довільними законами розподілу. Жорсткі межі допустимого часу перерви в роботі системи і, як наслідок цього обмеження за часом існування порушень у функціонуванні, також призводять до значних спотворень поширених на практиці марківських моделей надійності.

Нині відсутні не лише практичні, але і теоретичні методи розрахунку ефективності функціонування систем зі змінною структурою, яка може змінюватися випадковим чином через короткі інтервали часу. Зміна структури відбувається(завжди)

- залежно від зміни виконуваних системою функцій і
- при дії маловивчених і тому обурюючих чинників, що не враховуються, з невідомими законами розподілу.

Існуючі методи не забезпечують можливість розрахунку надійності сучасних систем, що мають велику кількість станів і складні зв'язки між ними. Подібна картина має місце і відносно межі, що динамічно змінюється, між станами відмов і працездатних в складних системах. Завдання такого рівня складності в теорії надійності не вивчені.

Положення посилюється також і тим, що порівняно невеликий загін спеціалістів в області надійності і ефективності систем за останні роки помітно порідшав. До рішення завдань надійності нині притягуються недостатньо кваліфіковані в цій області інженери і техніка. Вихід з положення може бути в створенні таких програмних засобів, які б з одного боку, забезпечували високий науковий рівень, а з іншого боку, мали розвинений дружній інтерфейс і дозволяли б вирішувати завдання розрахунку і прогнозування людям, які не мають солідної підготовки в цій області.

Рішення цих проблем винятково актуально нині при побудові високонадійних систем різного призначення, зокрема, бортового аерокосмічного устаткування, які до того ж повинні задовольняти вимогам конкурентоздатності на світовому ринку.

Потрібна розробка і побудові теорії, науково-обґрунтованих методів, алгоритмів і програмних засобів аналізу надійності технічних систем з великим числом станів, надмірністю, випадковими подіями реконфігурацій, післядією і довільними розподілами відмов і відновлень елементів.

У рамках розглянутих проблем доцільно вирішити наступні основні завдання:

- розробити єдину модель функціонування систем

- довільних розподілах часів безвідмовної роботи, часів встановлення елементів і параметрів роботи системи
- виявити загальні закономірностей функціонування складних систем, а також властивостей цих систем на основі їх математичного опису
- розробити точних і наближених методів оцінки надійності систем за різних умов функціонування
- розробити інтегрованої системи, що реалізовує методи і алгоритми аналізу надійності технічних систем і програмного забезпечення з урахуванням різноманіття супутніх чинників,
- дослідити ефективності представлених методів, алгоритмів і програм дано на прикладах рішення реальних завдань теорії надійності, що мають важливе самостійне практичне значення.

Слід сказати, що дослідження надійності систем при довільних розподілах відмов і відновлень елементів є дуже складним завданням як в теоретичному плані, так і в її практичному використанні. Річ у тому, що закони розподілу для елементів зазвичай невідомі, і найголовніше, в осяжному майбутньому вони навряд чи будуть отримані експериментально або теоретично. Особливо це відноситься до параметрів розподілів. Виникає питання про доцільність досліджень, що проводяться. Відповідь на поставлене питання безумовно має бути позитивний в силу наступних причин:

- представлена робота попереджає інженера про ті труднощі і неприємності, які можуть його чекати при розробці складних систем і оцінці їх надійності;
- інтенсивності відмов елементів можна вважати постійними, проте це зовсім не означає, що вузли, що складаються з "експоненціальних" елементів, будуть теж "експоненціальними". У таких випадках закони розподілу часу безвідмовної роботи вузлів можуть бути отримані теоретично. У роботі наводяться відповідні приклади;
- закони розподілу часу відновлення зазвичай виходять на підставі досвідчених даних;
- неекспоненціальними часто можуть бути різні параметри функціонування системи, наприклад, допустимий час перерви в роботі пристрою, час очікування заявки, час ухвалення рішення, час існування прихованої відмови і так далі;
- наявність в системі елементів з декількома станами призводить до необхідності її аналізу з укрупненими станами, розподілу часів перебування в яких вже не є експоненціальними;
- на основі представленої роботи можуть бути отримані інженерні методи порівняльного аналізу різних схемних рішень;
- робота є перспективною, націлюючою ученого на пошук, наприклад, отримання показників надійності елементів з фізичних міркувань.

Покажемо, що при навантаженому резерві вірогідність безвідмовної роботи пристрою підпорядковується гіперекспоненціальному розподілу, а при ненавантаженому або змішаному резервуванні узагальненому гамма-розподілу. З цією ціллю приведемо одну просту властивість експоненціальних розподілів, а

саме, згортка щільностей  $f_i(t) = \lambda_i e^{-\lambda_i t}$  це щільність, підпорядкована узагальненому гамма-розподілу, причому, якщо всі  $\lambda_i$  різні, то згортка вказаних щільностей дає гіперекспоненціальний розподіл. Дійсно, згортка всіх щільностей  $f_i(t)$  з однаковими параметрами  $\lambda_i$  дає щільність гамма-розподілу, а згортка гамма-розподілів з різними параметрами, як відомо, призводить до щільності узагальненого гамма-розподілу. Зокрема, якщо всі  $\lambda_i$  різні, то маємо лінійну комбінацію щільностей експоненціальних розподілів:

$$\prod_{i=1}^n f_i(t) = \prod_{i=1}^n \lambda_i \sum_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda_i t}}{(\lambda_1 - \lambda_i) \dots (\lambda_n - \lambda_i)}$$

З іншої сторони, функціонування не відновлюваного пристрою, елементи якого мають експоненціальні розподіли, описується графом станів, в якому представлені параметри цих розподілів. На Рис 1 приведений фрагмент графа, що містить одну з його вершин  $i_0$ , попередню вершину  $i_1$  і всі вершини  $i_1, i_2, \dots, i_k$ , прямуючі з даної вершини за один перехід.

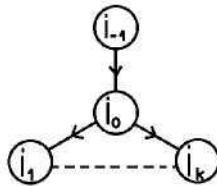


Рис 1. Фрагмент графа, що містить вхід і виходи, зв'язані з станом  $i_0$

Тоді для вірогідності  $p_{i_0}(t)$  стану  $i_0$  справедлива рівність

$$p_{i_0}(t) = \lambda_{i_{-1}, i_0} p_{i_{-1}}(t) * e^{-(\lambda_{i_0, i_1} + \lambda_{i_0, i_2} + \dots + \lambda_{i_0, i_k})t}$$

Це означає, що вірогідність перебування системи в лобому стані дорівнює згортці експоненціальних функцій, та в силу зробленого раніше зауваження вона представляю собою лінійну комбінацію гамма-розподілів.

### Висновки

В даній роботі розглянуті проблеми зв'язані з аналізом надійності технічних систем, були виділені чотири основних питання теорії і практики надійності складних технічних систем, що представляють інтерес для вивчення.