

УДК 004.3(045)

Антіпов А.О.,
Красовська Є.В., к.т.н.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТА ВІДМОВОСТІЙКОСТІ БОРТОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Національний авіаційний університет

Визначено варіанти формалізованого опису бортової обчислювальної системи з метою дослідження часових характеристик, надійності та відмовостійкості

Актуальність теми

Розрахунок надійності бортових обчислювальних систем (БОС) у польоті проводиться по методиці, прийнятій для непоновлювальних систем. Серед основних моделей дослідження надійності слід виділити: використання функцій алгебри логіки, використання перетворення Порєцького, матричний метод, імітаційне моделювання [1].

При виборі методу дослідження слід враховувати, що БОС відноситься до класу структурно-складних систем. Складність завдання оцінки надійності швидко збільшується із зростанням розмірності. В результаті для даного класу систем дослідження виявляються ускладнені для випадків, коли до складу системи входить 20 елементів і більше. Тоді використовують припущення, які зрештою загрублюють результати досліджень. Забезпечення достовірності результатів є необхідною складовою частиною будь-якого дослідження.

Формулювання мети

Метою побудови моделі дослідження надійності БОС є отримання оцінок надійності різних варіантів організації БОС перш за все для показників, що входять в технічне завдання на систему (вірогідність відмови за заданий час у польоті і середнього часу напрацювання на відмову), а також показників, які можуть впливати на їх значення.

Постановка завдання

Для дослідження надійності БОС слід виділити наступні рівні її опису: елементів; пристроїв; ЕОМ; БОС.

Формалізований опис для побудови моделі надійності БОС з урахуванням даних, що отримані з експлуатації

Найважливішим питанням дослідження надійності пристроїв є оцінка необхідності введення апаратної надмірності та засобів контролю функціонування, а також даних по експлуатації пристроїв. На підставі аналізу даних з експлуатації може бути визначений характер зміни інтенсивності відмов в часі (що убуває або зростає [2]), визначення гіпотези про можливий закон розподілу часу напрацювання на відмову різних типів пристроїв. Формат даних, що визначають параметри надійності пристроїв:

- тип відмови;
- прояв відмови;
- вірогідність виявлення відмови апаратними засобами;
- вірогідність виявлення відмови вбудованими в програми засобами;
- вірогідність виявлення відмови програмними тестами;
- час виконання програмного тесту;
- характеристика алгоритму виявлення відмови;
- коментар.

Надійність ЕОМ в загальному випадку визначається як надійністю апаратних засобів, так і функціональними можливостями програмного забезпечення. Для дослідження показників надійності необхідні дані наступних характеристик ЕОМ:

- елементна база, що використовується і спосіб її перевірки;
- тип материнської плати;
- тип і швидкодія процесора;
- обсяг ОЗП;

- кількість портів;
- кількість слотів розширення;
- типи інтерфейсів для забезпечення стиковки з іншими ЕОМ і розширення функціональних можливостей;
- список апаратних сигналів контролю функціонування;
- можливі типи операційної системи;
- умови експлуатації;
- дані оцінок надійності ЕОМ в експлуатації;
- дані по можливості резервування пристроїв, що підключаються і наявних, та плат розширення.

До характеристик відмовостійкої операційної системи ЕОМ слід віднести:

- можливість забезпечення резервування пристроїв;
- можливість резервування каналів зв'язку;
- можливість функціонування відповідно до відмовостійких технологій;
- наявність засобів реконфігурації;
- список виняткових станів;
- наявність засобів отримання контрольних крапок і особливих станів.

Функціональне математичне забезпечення, крім вище перерахованих, характеризується наявністю спеціальних засобів резервування [3], що дозволяють використовувати різні види надмірності (функціональною, структурною, тимчасовою, інформаційною).

Тракування результатів дослідження надійності неможливе без аналізу даних, що поступають з експлуатації. Метою аналізу даних, що поступають з експлуатації, є визначення реальних законів розподілу ЕОМ і пристроїв, а також характеру зміни їх основних характеристик, виявлення найбільш ефективних способів їх заміни в процесі експлуатації; уточнення значень використовуваних при розрахунках надійності характеристик навантажень. Розрахунок характеристик надійності по даним з експлуатації може бути проведений відповідно до [4]. Для оцінки закону розподілу часу напрацювання на відмову необхідні наступні дані для виробу:

- для відмови (номер виробу; номер системи; номер ЕОМ; тип пристрою номер пристрої; тип відмови з урахуванням виду експлуатації);
- момент початку експлуатації виробу;
- список моментів настання відмов;
- момент часу завершення збору статистики по відмовах для виробу;
- тимчасові характеристики видів експлуатації виробу;
- кількість виробів.

Система розрахунку показників надійності БОС і їх значень повинна бути орієнтована на використання конкретної системи обслуговування бортової ЕОМ. До стратегій забезпечення надійності слід віднести [5, 6]:

- 1) обслуговування із заміною пристроїв, що відмовили;
- 2) обслуговування по стану;
- 3) забезпечення роботи ЕОМ до капітального ремонту виробу. Метою розрахунку є вибір варіанту організації БОС і визначення її характеристик надійності.

На сьогодні прийнята система обслуговування, орієнтована на заміну пристроїв, що відмовили. Перевагою даної системи є відносно низька сумарна інтенсивність відмов пристроїв, які знаходяться в експлуатації, оскільки частина з них знаходиться в стані зберігання (інтенсивність відмов цієї частини пристроїв мінімальна). Недоліком є необхідність створення спеціальної служби і наявності ресурсів, що забезпечують зберігання і своєчасну доставку. Недоліком другої стратегії обслуговування є відсутність в даний час прийнятної для практики обґрунтування набору чинників, по яких можна було б передбачити характеристики надійності БОС, ЕОМ і пристроїв. Недоліком третього підходу є відносно висока інтенсивність відмов виробів, що знаходяться в експлуатації, перевага – відсутність ресурсів, що забезпечують зберігання і заміну.

Структуризація принципів забезпечення відмовостійкості БОС

Виділимо основні напрями забезпечення відмовостійкості БОС:

1) використання структурного резервування. Найбільш ефективний варіант структурного резервування – дублювання. При збільшенні витрат в 2 рази дозволяє збільшити надійність в 1,5 рази. При подальшому збільшенні кратності резервування його ефективність по критерію $K_e = \text{надійність}/\text{вартість}$ швидко зменшується (табл. 1).

Таблиця 1. Ефективність резервування

Кратність резервування	K_e
1/1	0,75
2/1	0,611
3/1	0,52

Резервування на нижчому рівні опису ефективніше резервування на більш високому рівні опису. Так система з дублюванням всіх пристроїв ЕОМ має приблизно в 2,7 разів вищу надійність, ніж система з двох дубльованих ЕОМ. Звідси підхід, заснований на застосуванні багатопроцесорних ЕОМ, по характеристиках надійності може опинитися ефективніше, ніж багатомашинних систем. У даний час відсутні оцінки додаткових витрат на організацію таких систем;

2) збільшення відмовостійкості елементної бази. У 70-90 роки спостерігалося істотне зростання надійності та швидкодії ЕОМ. Відбувалося це в результаті збільшення рівня інтеграції інтегральних мікросхем, зменшення відносної частини інших типів електронних елементів (резисторів, конденсаторів, індуктивностей і ін.). Різні види відмов сучасної ЕОМ мають різну вірогідність (табл. 2). Аналіз даних, представлених в табл. 2, дозволяє зробити висновок про те, що в подальше істотне збільшення надійності апаратури в результаті збільшення рівня інтеграції маловірогідне;

Таблиця 2. Вірогідності різних типів відмов

Тип відмови	Оцінка вірогідності
Логічні елементи	0,04
ОЗП	0,0315
ПЗП	0,0685
Індуктивності, ємності, опіри	0,597
Пайка	0,0462
Роз'єми	0,0588
Реле	0,0929
Інші	0,0651

3) використання резерву часу. Збільшення швидкодії ЕОМ може бути використане для багатократного вирішення одного і того ж завдання з використанням різних алгоритмів. Застосування даного методу дозволить виявляти помилки процесора, пам'яті, пристроїв введення-виведення та в результаті збільшити надійність на декілька десятків відсотків достатньо простими і дешевими способами;

Для точного порівняння можливостей різних ЕОМ можуть бути використані характеристики їх відносної швидкодії. Як величина, що визначає відносну швидкість ЕОМ, може бути використаний коефіцієнт швидкодії, визначений за даними відомих організацій, що проводять оцінку швидкодії ЕОМ;

4) використання засобів діагностування. У повному об'ємі діагностичне забезпечення може бути використане в процесі функціонування об'єкту тільки за наявності достатньої структурної надмірності. В даний час діагностичне забезпечення використовується в наземних умовах при передполітній підготовці, проведенні регламентних робіт, заміні апаратних блоків. По даним, що поступають з експлуатації, його застосування дозволяє збільшити надійність функціонування у декілька разів;

5) використання засобів контролю та реконфігурації. Збільшення вірогідності виявлення відмови дозволяє збільшити надійність функціонування системи, оскільки при цьому забезпечується можли-

682 145

вість перемикання у разі відмови на працездатний об'єкт. В даний час немає точного обґрунтування необхідного значення вірогідності виявлення відмови, а також часу виявлення і реконфігурації. При невеликих витратах в порівнянні з вартістю системи значення вірогідності виявлення може бути збільшене до 0,8. Екіпаж істотно впливу на процес керування літаком не випробовує, якщо час реконфігурації менше 1с. Це тільки при автоматичній реконфігурації системи. В цілому використання засобів підвищення достовірності дозволить збільшити надійність на декілька десятків відсотків;

б) інші засоби збільшення надійності функціонування БОС. Тут слід перш за все виділити можливість використання інформаційної надмірності [7,8] (корегуємі коди працюють в режимі виявлення і виправлення помилок) та алгоритмічної надмірності (за допомогою розрахунку допустимих значень або методу розрахунку з використанням іншого алгоритму може бути забезпечена реконфігурація у разі відмов і маскуванню збоїв).

Висновки

Проведено опис завдань дослідження надійності з урахуванням даних по експлуатації БОС.

Проведено структурування завдань по дослідженню продуктивності та надійності на різних етапах проектування БОС.

Результати дослідження надійності вимагають відповідного аналізу даних, що поступають з експлуатації, таких як:

- визначення реальних законів розподілу;
- характер зміни основних характеристик;
- виявлення найбільш ефективних способів заміни обладнання, що відмовило;
- уточнення характеристик навантаження, що використовуються при розрахунках надійності.

Система розрахунку показників надійності БОС повинна бути орієнтована на використання конкретної системи обслуговування апаратури в експлуатації.

Для забезпечення відмовостійкості БОС використовують різні засоби:

- структурне резервування;
- використання елементної бази із підвищеною надійністю;
- резерв часу циклу розв'язання завдань БОС для включення додаткових тестів;
- дозволені засоби діагностування та контролю;
- можливість реконфігурації.

Список літератури

1. Антіпов А.О. Аналіз проблем продуктивності та надійності при проектуванні бортових обчислювальних систем / А.О. Антіпов, Є.В. Красовська // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 4 (32). – С. 5 – 10.
2. Барлоу Р. Математическая теория надежности / Р. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Советское радио, 1969. – 488 с.
3. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности / Б.А. Козлов, И.А. Ушаков. – М.: Советское радио, 1966. – 425 с.
4. ГОСТ-27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
5. Барзилович Е.Ю. Эксплуатация авиационной техники по состоянию / Е.Ю. Барзилович, В.А. Воскобоев. – М.: Транспорт, 1987. – 187 с.
6. Давыдов П.С. Оптимизация параметров стратегии ТО РЭО. Проблемы повышения эффективности эксплуатации АиРЭО воздушных судов ГА / П.С. Давыдов, В.Ю. Сергеев. – К.: КИИГА, 1987. – 96 с.
7. Журавлев Ю.П. Надежность и контроль ЭВМ / Ю.П. Журавлев, Л.А. Котелок, Н.И. Циклинский. – М.: Советское радио, 1978. – 415 с.
8. Кузнецов Н.Ю. Об оценке влияния надежности различных элементов на надежность систем в целом / Н.Ю. Кузнецов // Кибернетика. – № 5, 1989. – С. 110 – 119.