

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПОВІТРЯНОГО ТРАНСПОРТУ

УДК 629.735.083.06 (045)

ПОБУДОВА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ БОРТОВИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ І ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ АВІОНІКИ СУЧАСНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

* В. П. Захарченко, канд. техн. наук, доц., * С. С. Ільєнко, канд. техн. наук, доц.,
** О. Ю. Курганський, ** В. В. Мухін

* Національний авіаційний університет

** ДП Антонов

Розробка централізованих бортових систем діагностики і вбудованих систем контролю функціонування складних автоматизованих комплексів сучасних повітряних суден (ПС) на етапі проектування та виконання їх під час льотної та технічної експлуатації при технічному обслуговуванні та ремонті (ТО і Р) дозволяє зменшити кількість випадкових відмовних ситуацій в польоті до майже неможливих. Це, в свою чергу вплинуло на глобальну стратегію підвищення безпеки польотів (стратегія ІКАО) та дозволило зменшити час обслуговування ПС при підготовці до польотів. Ця складна, багатогранна задача вирішується за рахунок своєчасного інформування, як пілотів під час польоту, так і технічного персоналу під час обслуговування ПС «на землі». ТО і Р за допомогою централізованих бортових систем діагностики та вбудованих систем контролю (ВСК) щодо функціональних систем (ФС) сучасних ПС дає можливість отримати інформацію про стан та відмови ФС та відреагувати інженерно-технічному персоналу в стилі строки з можливістю дистанційного опрацювання даних про відмовні ситуації.

Ключові слова: вбудована система контролю, система діагностування та технічного обслуговування літака, функція моніторингу стану літака, модулі обчислювача централізованого ТО, додатковий віддалений термінал, блок управління системою локальної мережі.

Development of the central board diagnostic systems and embedded systems control the operation of complex automated systems of modern aircraft at the design stage and use them in flight and technical operation during maintenance and repair can reduce the number of random abandoned situations in flight to almost impossible. This, in turn, affected the global strategy of increasing safety (strategy ICAO) has reduced the time and aircraft maintenance in preparation for flight. This complex, multifaceted problem solved by timely informing the pilot during the flight and technical personnel in the service of the SS "on the ground". Maintenance and repair using centralized on-board diagnostic systems and embedded control systems on functional systems of modern aircraft enables to get information on the status and refusal to respond FS and engineering staff in the short term with remote data processing of Refusal situation.

Keywords: embedded system control, system diagnostics and maintenance of aircraft, aircraft condition monitoring function modules calculator centralized maintenance, additional remote terminal unit system management LAN.

Вступ

Оскільки кінцевою метою вивчення стану безпеки польотів є прийняття управляючих впливів, спрямованих на підвищення безпеки польотів в сучасних умовах експлуатації авіаційної техніки виділяють два підходи до забезпечення високого рівня безпеки польотів:

– перший підхід заснований на нормуванні дій, які повинні застосовуватись для досягнення заданого рівня безпеки польотів при конструюванні, виробництві, експлуатації та технічному обслуговуванні ПС, включаючи управління повітряним рухом і аеродромне обслуговування;

– другий підхід заснований на організації попереджувальних заходів (у тому числі ТО) для підтримки встановленого рівня безпеки польотів (БП).

До системи технічної експлуатації, до якої входить ТО, відносять: об'єкти авіаційної техніки; авіаційний персонал; експлуатаційну документацію; наземні споруди; матеріальні та паливно-енергетичні ресурси; технологічне обладнання та засоби наземного обслуговування. Даний підхід дозволяє забезпечити безпеку і регулярність польотів ПС, і своєчасну підготовку ПС до польотів; збереження льотно-технічних характеристик відповідно до нормативно-технічних вимог; ефективне використання ПС [1–5].

Розглянемо сучасний підхід щодо діагностики та технічного обслуговування ПК на прикладі системи Aircraft Diagnostic and Maintenance System – ADMS.

ADMS є централізованим засобом для виконання більшості дій з ТО на сучасних ПК. Ця система обслуговування використовує реєстрацію відмов ФС ВС в поєднанні з можливістю доступу до систем, за допомогою легко знімних блоків та модулів (Line Replaciable Unit/Modul - LRUs/LRMs), які визначені як «Задіяні функціональні Системи» (Member Systems — MS). Задіяні функціональні системи — це системи, встановлені на ПК які безперервно передають інформацію про відмови ФС ПК.

ADMS складається з модуля обчислювача централізованого ТО (Central Maintenance Computer — CMC), в якому реалізується Функція обчислювача централізованого ТО і Функція моніторингу стану ПК (Aircraft Condition Monitoring Function — ACMF), додаткового віддаленого Терміналу (Remote Terminal — RT), блоку управління системою локальною мережею (Gateway Data LAN Management Unit — GDLMU).

ADMS не використовується у визначенні, чи придатне ПК до польоту. Інформація ADMS

використовується тільки технічним персоналом, для пошуку і усунення несправностей при відновленні ПК. Відповідно до цієї концепції, відмова ADMS під час прийняття рішення, не впливає на прийняття рішення про виліт. ADMS використовується тільки для усунення несправностей на літаку [1-5].

ADMS включає в себе наступні компоненти:

- модуль CMC;
- багатофункціональні дисплеї в кабіні екіпажу (Multi-Function Display — MFD);
- дистанційна шина зображення (Remote Image Bus — RIB) для передачі інформації від CMC на MFD;
- завантажувальна база даних діагностичної інформації (Loadable Diagnostic Information — LDI);
- задіяні функціональні системи (MSs);
- перемикач (перемикачі) зняття блокування для завдання тестів;
- кнопка реєстрації події;
- функція управління комунікацією;
- блок GDLMU.

На рис. 1 показана повна апаратна архітектура ADMS.

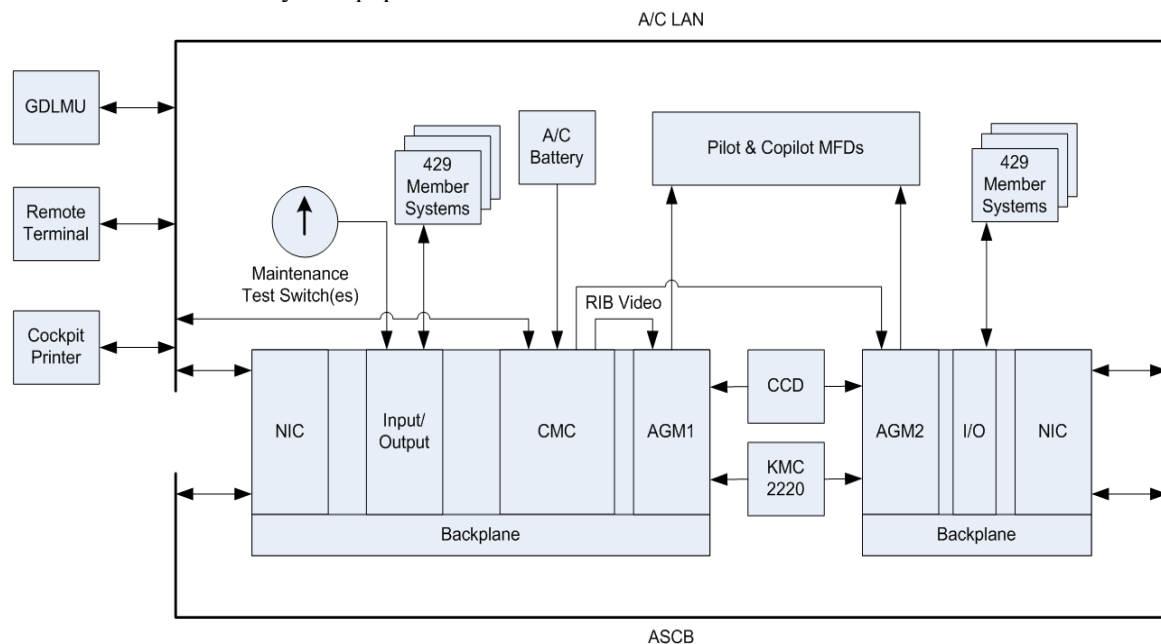


Рис. 1. Апаратна архітектура ADMS

Постановка завдання дослідження

Централізованим єдиним способом доступу до інформації, яку використовує наземний персонал при ТО ПК є Central Maintenance System — CMS.

Передбачено, що функції, виконувані CMS, не забезпечують сигналізацію екіпажу про відмови. Крім виведення інформації на MFD передбачається можливість використання Виносного Тер-

міналу — Remote Terminal (RT), який базується на ПК типу Notebook. RT дозволяє технічному персоналу отримати доступ до інформації без використання MFD [6-10].

CMS включає такі компоненти:

- Central Maintenance Computer (CMC) — конструктивно-змінний модуль, встановлений в Modular Avionics Unit (MAU);
- Central Display Unit (CDU) — багатофунк-

ціональний дисплей (MFD) в складі системи індикації для виведення інформації CMS;

- CCD — для управління CMS в кабіні пілотів;
- Modular Avionics Unit (MAU) — контейнер, у якому розміщені модулі комплексу авіоніки, в тому числі — модуль СМС;

- Utility Control System (UCS) — інтерфейсна система (з різними датчиками у вигляді аналогових, бінарних сигналів і ARINC-429), що зв'язує комплекс авіоніки з системами літака по ARINC-429;

- Data/LAN Management Unit (DLMU) — з'єднує СМС з DLMU через локальну мережу LAN;

- Remote Terminal (RT) — Виносний Термінал (BT).

Кожна MSs виконує свій власний контроль і зберігає її власні несправності.

Повна архітектура показана на рис. 2.

Кожна система забезпечує інформацію про технічний стан в реальному часі і їх зв'язку з СМС. MAU забезпечує весь збір даних ARINC 429 MS для СМС.

MAU є великим концентратором введення/виведення, який збирає аналогові і дискретні сигнали, а також входи ARINC 429.

CMS забезпечує:

- єдину точку доступу до інформації про відмови для всіх систем, що взаємодіють з CMS;
- визначення, наявності зв'язку CMS з ФС ВС;

- збір даних про відмови;

- запам'ятовування відмов у польоті;

- перегляд індивідуальної історії відмови;

- ініціювання тест-контролю і виведення результатів тестування;

- зіставлення даних по відмовах з часом, датою, ділянкою польоту і іншими даними.

Компоненти CMS і їх зв'язок показані на рис. 3.

Слід зазначити що режим ТО доступний тільки тоді, коли ПС на землі і забезпечуються умови безпеки. Функціонування режиму ТО і доступ до сторінок ТО в польоті блокується як CMS, так і MSs. Блокування працює так, що якщо CMS відмовила, то MSs не може бути подана команда для встановлення будь-якого небезпечного стану або запуск тесту в будь-якому режимі, окрім режиму ТО. Цей режим використовується для пошуку відмови і ремонту MSs. Коли CMS в режимі ТО, вона забезпечує доступ для MSs показати дані про відмови (активні відмови)[6–10].

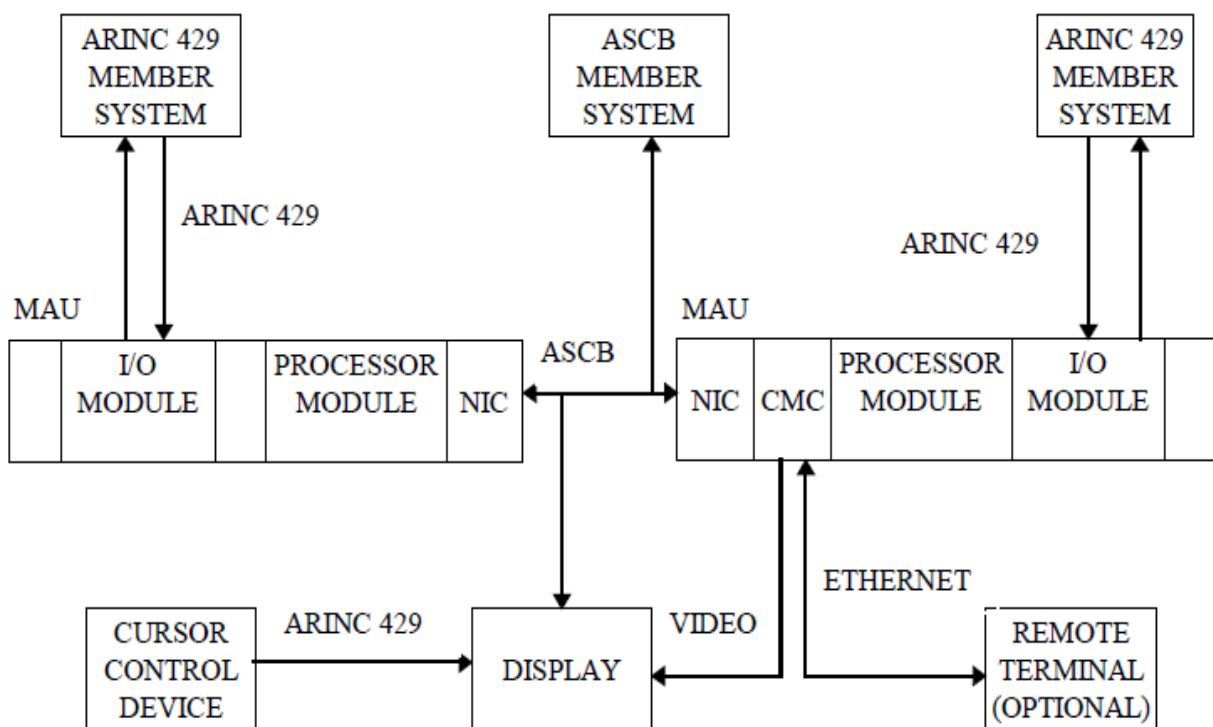


Рис. 2. Повна архітектура CMS

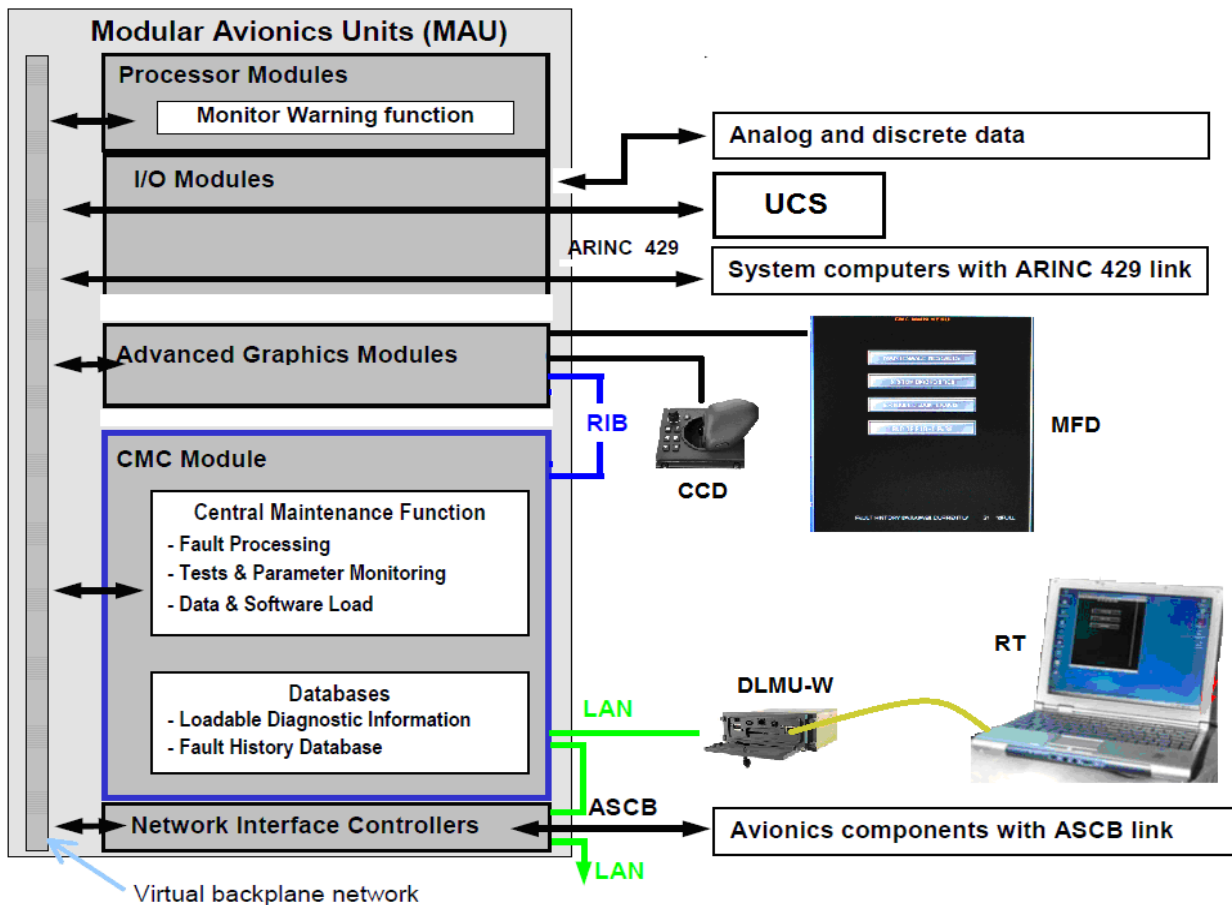


Рис. 3. Апаратні компоненти CMS

Системне вирішення завдання дослідження

CMS функціонально пов'язаний з системою індикації через MFD за допомогою інтерфейсу RIB (Remote Image Bus). Модуль CMC підключений через RIB.

Програмне забезпечення (ПО) MFD передає зображення на дисплей таких функцій:

- MWF (Monitor Warning Function) — функція виведення повідомлень про особливі ситуації в ФС ПС;
- NIC (Network Interface Controller) — контролює час, дату, номер літака і тип літака, передає мітки часу в прив'язці до передачі даних в модуль CMC;
- задіяні функціональні системи — Member Systems (MSs), які взаємодіють з модулем CMC через шини ARINC-429 і ASCB. До групи параметрів MSs включають всі відмови та ідентифікаційні дані, що відносяться до ФС ПС (інформація про параметри надходить в CMC за допомогою ARINC-429);
- перемикач наземного режиму (Ground Interlock Switch).

Для завантаження/зчитування даних/програм використовується локальна мережа (LAN). Кожна MSs повинна відповідати на власний ID обладнання та SDI. Коли в CMC встановлений біт активності, кожна MSs, повинна бути готова до

отримання в командному слові 227, свого ID і SDI. Щоб ID/SDI легко розпізнавалось, MSs повинна відповідати на команду в мітці 227, якщо умови з'єднання для MS будуть істиною, ID присвоюється MSs, на підставі даних Екранного Розробника.

Коли MSs бачитимуть ALL CALL (виклик всім) ID 80 (Шістнадцятирічний), всі MSs повинні обробляти команду CMC, якщо в MSs немає умов блокування. Коли передається команда ALL CALL (виклик всім), SDI встановлюється в «00». У слові 227 може передаватися ID устаткування багатьох систем. Це не мало б викликати в MSs переривання обробки останньої команди, отриманої від CMC.

Коли в MSs сформовані умови блокування, MSs повинна забороняти обробку команди. Умови заборони повинні бути позначені в мітці 350, біти 25-18. Умови заборони повинні бути збережені протягом 10 секунд або поки не буде отримана інша допустима команда від CMC (включаючи Clear CMC, але не включаючи No Command). На рис. 4 показана типова обробка даних, яка використовується MSs. MSs повинна бути відповідальною за процедуру проведення тестів. MSs повинна мати незалежні захисні блокування і не залежати від логіки захисного блокування CMC.

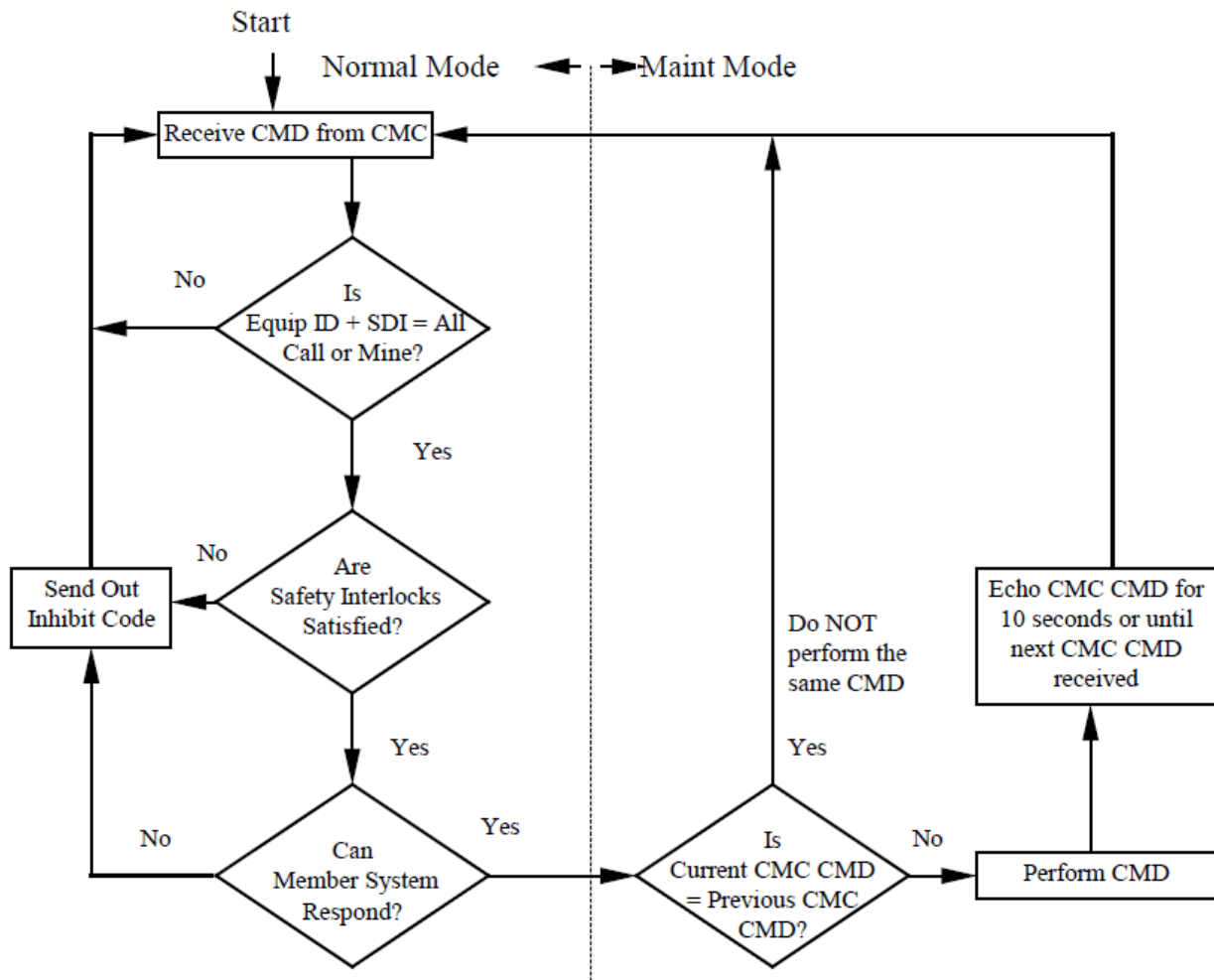


Рис. 5. Типова обробка даних, яка використовується MSs

Функція діагностики в CMS закладена в системі Loadable Diagnostic Information (LDI) — завантажується діагностична інформація, як модель даних або карта, яка характеризує дані з технічного обслуговування MSs. Дані з технічного обслуговування включають сторінки по ТО і повідомлення. Дані LDI зберігаються в базі даних, яка не є частиною виконавчих команд CMS, а це окремі файли, доступні для CMS. Дані по сторінках ТО зберігаються в LDI. LDI може змінюватися з використанням системи завантаження. Усі виниклі відмови зберігаються в базі даних відмов Fault History Database (FHDB).

Історія відмов літака як копія FHDB зберігається в модулі бази даних літака. Якщо модуль CMS замінюється, то історія відмов літака зберігається. ПО CMS збирає повідомлення про відмови і зберігає відповідну інформацію. CMS показує активні повідомлення для ТО і зберігає їх.

Розглянемо більш детально функції деяких пунктів меню MAINTENANCE MESSAGES:

- пункт ACTIVE — активні повідомлення (показуються всі відмови в реальному масштабі часу).

- пункт PRESENT LEG — повідомлення, що виникли в минулому польоті;

- пункт HISTORICAL BY DATE — історія повідомлень, згрупованих по датах (відображаються всі накопичені повідомлення, як активні, так і не активні, згруповані за датою);

- пункт HISTORICAL BY ATA — Історія з ATA.

Обравши необхідне повідомлення можна отримати деталізацію: назва відмови, тип і код; поле для визначення відмовив LRU; поле для опису відмови; поле для відповідної документації, якщо вона є полем активності повідомлення.

Пункт SYSTEM DIAGNOSTICS забезпечує можливість виконання наземного тест-контролю окремо обраної MSs.

CMS видає команду на виконання тесту за умови «літак на землі». Коли літак в повітрі — ця функція блокується [6–10].

При реалізації **функції ВСК** [11–12] визначені наступні критерії визначення рівня небезпеки, ідентифіковані умови відмови:

- NONE (Без Наслідків) — втрата працездатності або хибна робота системи впливає на

безпеку польоту ПС та не призводить до збільшення робочого навантаження на екіпаж;

– MIN (Minor) незначний — наслідки відмови можуть призвести до обмеження дій, або напрузі при реагуванні на відмову збоку екіпажу. Відмова незначно зменшить безпеку польоту, не приведе до дій льотного екіпажу, які перевищують їх можливості;

– MAJ (Major) значний — відмова може значно зменшити кордон (нижня межа) безпеки або функціональні можливості ПС, слугувати причиною ускладнення дій у несприятливих умовах, знижує ефективність роботи льотного екіпажу, або приведе до завдання збитків пасажиром; HAZ (Hazardous) небезпечний — відмова може привести до великого зниження кордону безпеки

або обмеження функціональних можливостей екіпажу та ПС, створити більш високе робоче навантаження або фізичне напруження на екіпаж, що може спричинити серйозної травми або смерті пасажирів.

Це не припустимо, тому що в разі виникнення навіть рідкісної такої відмови це обов'язково приведе до небезпечного події;

– CAT (Catastrophic) катастрофічний — катастрофічна відмова може викликати втрату ПС. Це не припустимо, тому що в разі виникнення такої відмови це приведе до катастрофічних наслідків. У таблиці показано приклад імовірностей відмов та критерії визначення рівня безпеки польотів

Імовірності виникнення та наслідки відмов на прикладі системи «ADMS»

Функція системи	Етап польоту	Наслідки відмови	Клас
Повна втрата або неумисне відображення даних про стан конфігурації системи	Всі етапи	Пілот не має доступу до конфігурації системи або стану на землі та не може вплинути на ухвалення рішення. Неумисне відображення під час польоту може замінити інші формати на MFD. Обидві ситуації можуть збільшити навантаження екіпажу	MIN 10^{-3}
Повна втрата режиму завантаження даних	Наземний	У пілота, немає можливості відновити базу даних або вивантажити дані	MIN 10^{-3}
Неумисний запис у режимі зчитування даних	Всі етапи, окрім наземного	Оновлення бази даних або завантаження даних могли перервати функції бази даних	MAJ 10^{-5}
Некоректна робота устаткування внаслідок неправильних калібрувальних даних або тестування	Наземний	Виведені на екран дані не можуть належним чином калібруватися	MAJ 10^{-5}
Повна втрата режиму підтримки видаленого терміналу	Наземний	Неможливо виконати технічне обслуговування на стоянці	MIN 10^{-3}
Неумисний вхід в режим обслуговування видаленого терміналу	Всі етапи, окрім наземного	Можлива повна втрата Apex® System функцій	HAZ 10^{-7}
Повна втрата Automatic System Configuration Check з оголошенням	Наземний	Нездатний прийняти рішення по ПС	MIN 10^{-3}
Відмова повідомити помилку конфігурації системи	Наземний	Функції, можливо, зменшили придатність, без попередження екіпажу	HAZ 10^{-7}

Висновки

Технічне обслуговування з допомогою централізованих бортових систем діагностики та ВСК щодо функціональних автоматизованих систем та комплексів авіоники сучасних ПС дає можливість отримати інформацію та відреагувати на неї інженерному персоналу в стислі терміни з можливістю дистанційного опрацювання даних при відмовній ситуації на борту сучасного ПС.

Такі системи як ADMS містять в собі достатню функціональну базу та програмне забезпечення, щоб виконати функцію діагностики та ТО, що дозволяє виконувати функції відновлення ФС

ПС в тих часових рамках, які ставляться при сучасних умовах експлуатації ПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Н. И. Новейшая авионика на самолете / Н. И. Макаров, А. Д. Киселев. — СПб.: «Мир авионики», 2005. — С. 74–77.
2. Отчет Аэронавигационной радиокорпорации ARINC 651 «Руководство по проектированию интегральной модульной авиационной электроники». — Аниаполис, 1991: пер. с англ. НИИСУ, 1992. — 278 с.
3. ARINC 651. Руководство по проектированию интегральной модульной авиационной электроники: пер. с англ. — Мериланд, 1991. — 278 с.

4. Воробьев В. М. Современные проблемы и тенденции автоматизации и взаимодействия кабинного интерфейса комплекса «экипаж–воздушное судно–среда». Ч. 1 / В. М. Воробьев, С. С.Ильенко // Кибернетика и вычислительная техника: межведомств. сб. науч. тр. — К. : Академперіодика, 2007. — Вип. 153. — С. 71–86.

5. Воробьев В. М. Современные проблемы и тенденции автоматизации и взаимодействия кабинного интерфейса комплекса «экипаж–воздушное судно–среда». Ч. 2 / В. М. Воробьев, С. С.Ильенко // Кибернетика и вычислительная техника: межведомств. сб. науч. тр. — К.: Академперіодика, 2007. — Вип. 154. — С. 66–81.

6. ARINC Specification 429P1-18 Digital Information Transfer System (DITS), P. 1, Functional Description, Electrical Interfaces, Label Assignments and Word Formats.

7. ARINC Specification 429P3-19 Mark 33 Digital Information Transfer System (DITS), P. 3, File Data Transfer Techniques

8. ARINC Report 604-1 Guidance for Design and Use of Built-In Test Equipment (BITE).

9. ARINC Report 624-1 Design Guidance for Onboard Maintenance System.

10. PS7024836 BIT Guidelines and Practices (Honeywell supplied systems only).

11. Воробьев В. М. Отказобезопасность эргатического интегрированного комплекса «экипаж–воздушное судно–среда» и эксплуатационная статистика / В. М. Воробьев, С. С.Ильенко // Проблемы інформатизації та управління: зб. наук. праць. — К. : НАУ, 2010. — Вип. 1 (29). — С. 24-36.

12. Ильенко С. С. Оценка качества электрической энергии электротехнических систем авионики современных воздушных судов в наземных условиях / С. С. Ильенко //Проблемы інформатизації та управління: зб. наук. праць. — К.: НАУ, 2013. — Вип. 3 (43). — С. 44–48.

Стаття надійшла до редакції 17.11.2016