

УДК 004.03:621.38

О.В. Харибін

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ «КПІ», Полтава

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ АВІАЦІЇ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Розглянуто підхід до забезпечення функціональної безпеки (ФБ) авіаційних бортових інформаційно-керуючих систем (БІКС), що базується на використанні інформаційної технології забезпечення відповідної властивості даного класу систем на етапі їх експлуатації. Визначено основні групи способів забезпечення й підвищення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів на основі сучасних підходів. Запропонована концептуальна модель інформаційної технології забезпечення ФБ БІКС на етапі їх експлуатації.*

**Ключові слова:** літальний апарат, бортова інформаційно-керуюча система, функціональна безпека, збиток, інформаційна технологія забезпечення.

### Вступ

**Актуальність.** Безпека польотів авіаційних комплексів (літаків) є комплексною характеристикою повітряного транспорту й авіаційних робіт, що визначає здатність виконувати польоти без спричинення навмисної загрози для життя людей [1]. Вона характеризується рівнем безпеки польоту, що визначається імовірністю того, що в польоті не виникає катастрофічна ситуація або пов'язаним з нею рівнем ризику. Як свідчить статистика, що була опублікована Міждержавним авіаційним комітетом (МАК), загальна кількість авіапригод в державах СНД у минулому році не змінилася у порівнянні з попереднім роком. Але зросла кількість авіакатастроф - більше ніж на 37% (з 8 у 2008 році до 11 в 2009 році), а кількість загиблих – в два рази (з 14 осіб у 2008 році до 28 в минулому 2009 році). Останні авіаційні події 2010 року з літаками цивільної авіації (катастрофа 10.04.2010 року літака Ту-154 М VIP президента Республіки Польща біля

Смоленська із загибеллю 96 осіб та авіаційна пригода з вдалою вимушеною посадкою літака Ту-154 М на аеродромі Іжми через проблеми системи електроживлення, що повністю знеструмила бортову авіоніку літака) також підкреслюють важливість забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем (БІКС) сучасних літальних апаратів (ЛА).

Розвиток авіації, особливо військової, стрімко наближається до створення безпілотних літаків та ЛА з мінімальним втручанням екіпажу у процеси керування польотом. Ці процеси є наслідками проведення розробниками та замовниками відповідних комплексів аналізу причин виникнення авіаційних подій та їх розвитку до рівня катастроф за період останніх 20-30 років, результати якого засвідчили той факт, що приблизно 80% з них стали результатом помилок екіпажів ЛА та диспетчерів, що керують повітряним рухом, й лише 20% - помилок наземних інженерно-технічних органів під час технічного обслуговування, а також низького рівня технічної

надійності ЛА і їх систем. Внаслідок цього відбувається постійне зростання рівня автоматизації всіх процесів виконання функцій по керуванню літаками на різних етапах польоту за рахунок проведення їх самими БІКС ЛА без участі операторів (екіпажу), що, в свою чергу, призводить до їх ускладнення. Це, в свою чергу, неминуче призводить до підвищення вимог до властивостей надійності й функціональної безпеки (ФБ) даного класу систем та їх окремих елементів.

Властивість ФБ БІКС ЛА лише розпочинає детально вивчатися й затверджуватися в якості однієї з основних, про що свідчить **аналіз літературних джерел** [1 – 9]. Вирішенню проблеми оцінювання та забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх розробки та випробувань присвячено роботи [1-3, 6-9]. Слабо вивченим залишається питання забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації.

В результаті **актуальним є завдання** розробки методів та інформаційної технології (ІТ) забезпечення необхідного (досягнення максимально можливого) рівня функціональної безпеки БІКС перспективних літальних апаратів військового та цивільного призначення на етапі їх експлуатації.

**Метою статті** є описання підходу до забезпечення функціональної безпеки БІКС ЛА під час їх експлуатації в польоті, що базується на використанні відповідної інформаційної технології забезпечення ФБ БІКС ЛА, яка основана на використанні у складі БІКС ЛА структурно та топологічно розподіленого обчислювального ядра (ОЯ), яке складатиметься з множини уніфікованих високонадійних обчислювальних модулів (ОМ) та матиме „гнучку” архітектуру з широкими можливостями до автореконфігурації при відмовах.

### **Забезпечення надійності та функціональної безпеки бортової ІКС літака на основі обчислювального ядра із здатністю до автореконфігурації**

З метою забезпечення можливості підвищувати надійність та ФБ інформаційно-керуючих процесів в БІКС ЛА та її підсистемах, пов'язаних із безпекою, пропонується при побудові перспективних БІКС ЛА використовувати „гнучку” інформаційно-обчислювальну архітектуру на основі обчислювального ядра з можливістю до самостійної реконфігурації у випадку відмов або збоїв у роботі „навантажених” уніфікованих обчислювальних модулів (ОМ), спрощений вигляд якої наведено на рис. 1. Зазначена модель побудови БІКС забезпечуватиме встановлений необхідний відповідно до нормативної та експлуатаційно-технічної документації на літальний апарат рівень функціональної безпеки його БІКС лише за умови функціонування в зазначеному ОЯ інтелектуальної підсистеми оптимізації рівня його

обчислювальної продуктивності та відповідної багатоканальної і багатоканальної розподіленості всіх інформаційно-керуючих процесів, що ним виконуватимуться в інтересах критичних з погляду безпеки польоту ЛА функціональних підсистем БІКС. Для вирішення цього завдання на етапі науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт по створенню перспективної БІКС ЛА повинно бути розроблене спеціалізоване програмно-апаратне забезпечення (мультиверсійне) ІТ оптимізації ступеню розподіленості й резервування критичних обчислювальних процесів у зазначеному ядрі БІКС, а також ІТ забезпечення ФБ відповідних підсистем БІКС, що повинні функціонувати в дубльованому сервері реконфігуратора в режимі так званого жорсткого реального часу.

Питання створення ІТ оптимізації ступеню розподіленості обчислювальних процесів в ОЯ комп'ютерних систем та їх необхідного рівня резервування для центрів обробки даних високої готовності достатньо тривалий час досліджуються науковцями та інженерами провідних науково-дослідних інститутів математичних (комп'ютерних) машин (систем) та/або кібернетики, які функціонують при академіях наук країн СНД та університетах і державних лабораторіях країн ЄС, США, Південної Кореї, КНР, Індії та Японії, а також фірм-виробників високонадійних комп'ютерних систем (мейнфреймів), особливо фірм „Intel Corp.” та „Sun Microsystems Inc.”, внаслідок чого вже розроблені та успішно використовуються десятки відповідних комплексів, алгоритмів й програмного забезпечення для мультипроцесорних архітектур комп'ютерних (обчислювальних) центрів з підвищеною надійністю (готовністю).

Розробка перспективної ІТ забезпечення (підвищення) функціональної безпеки БІКС ЛА в процесі передпольотної підготовки та всіх етапів польоту літака лише триває. При цьому вже визначено, що вона функціонуватиме на основі програмно-технічного комплексу реконфігуратора ОЯ, що складатиметься з дубльованого серверу реконфігурації (з відповідним системним та прикладним програмним забезпеченням), високонадійних пристроїв комутації вхідних та вихідних (керуючих) потоків даних та пристрою контролю працездатності (тестування) уніфікованих ОМ ядра БІКС ЛА, які зазначені на рис. 1.

Для описання процесу функціонування та проведення експрес-оцінювання і прогнозування рівня надійності та обчислювальної продуктивності запропонованої архітектури БІКС ЛА на основі єдиного ОЯ з широкими можливостями до автореконфігурації найбільш доцільним представляється використання континуальної моделі функціонування розподіленої комп'ютерної системи, що була запропонована в роботі [4] В.Г. Хорошевським із змінами, подібними до тих, що проведені у роботі [5].

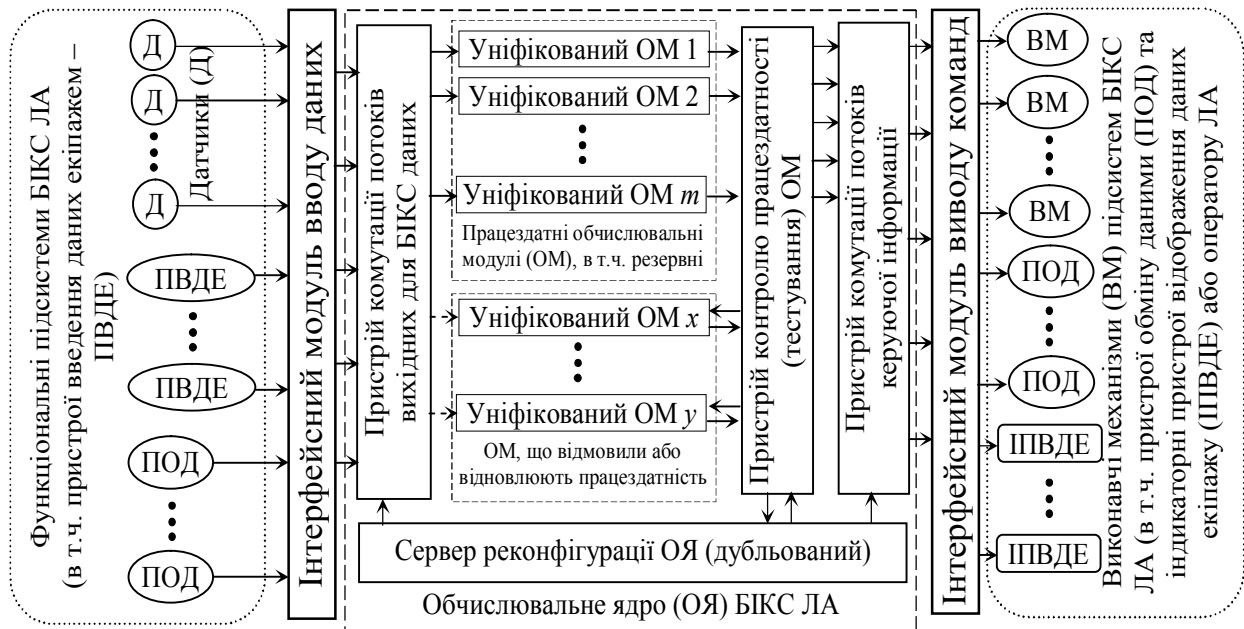


Рис. 1. Спрощений вид „гнучкої” інформаційно-обчислювальної архітектури перспективних БКС літальних апаратів з можливістю підвищення їх надійності та функціональної безпеки шляхом ре конфігурації

Аналіз множини існуючих підходів до забезпечення функціональної безпеки БКС авіації, а також відповідних методів і засобів наведений в роботах [6-8]. Проблема забезпечення ФБ БКС ЛА на етапі їх експлуатації може бути вирішена на основі запропонованого підходу шляхом запобігання всім небезпечним відмовам (збоям) у роботі ОЯ БКС або керування розвитком їх наслідків та зменшенням збитків для працездатності найбільш критичних для ФБ польоту підсистем БКС ЛА. Таким чином інтелектуальним „ядром” перспективної вбудованої підсистеми забезпечення ФБ БКС ЛА повинна стати система підтримки прийняття рішень (СППР) екіпажем на основі розглянутої інформаційної технології (ІТ) забезпечення заданого або максимально можливого в реальних умовах повітряної обстановки рівня надійності та функціональної безпеки БКС ЛА.

### Інформаційна технологія забезпечення заданого рівня функціональної безпеки БКС літальних апаратів на етапі їх експлуатації

В загальному випадку сутність ІТ забезпечення ФБ на етапі експлуатації БКС ЛА полягає в здійсненні заходів щодо прогнозування збоїв та відмов та, як наслідок, зниження продуктивності й надійності в роботі їх критичних підсистем, а також оперативне внесення змін до їх робочої архітектурно-структурної схеми відповідними вбудованими засобами діагностики (контролю, тестування, оцінювання, прогнозування) працездатності ОЯ та іншими

програмно-технічними засобами реконфігуратора, що використовуватиме закладену на етапі розробки БКС різного роду надмірність, яка здатна забезпечити необхідний рівень резервування контурів виконання основних критичних процесів під час польоту. Зміст роботи ІТ забезпечення ФБ БКС ЛА на етапі експлуатації полягає у здійсненні попередження екіпажу про можливі випадки (загрози) відмов окремих функціональних підсистем, автоматичному проведенні процедур визначення оптимальних способів (шляхів) відновлення працездатності відповідних підсистем, пов'язаних з безпекою (СПБ), а також у наданні підтримки в прийнятті рішень екіпажу в критичних ситуаціях, що спрямовані на виключення або мінімізацію ризику виникнення та розвитку аварійних ситуацій, які здатні призвести до катастрофічних наслідків (збитку) у випадку невиконання повного переліку функцій безпеки БКС ЛА [7]. Застосування ІТ забезпечення ФБ БКС ЛА й відповідних їм методів обумовлено саме необхідністю зниження рівня ризику під час авіаційних пригод до рівня припустимого та/або відновлення мінімально необхідного (критичного) функціоналу всіх її підсистем, досягнення якого є достатньою умовою для утримання ризиків на рівні нижче катастрофічного. Крім того, зменшення ризику може бути досягнуто і з допомогою інших систем, пов'язаних з безпекою, або зовнішніх засобів за рахунок виконання ними певних функцій безпеки ЛА.

На рис. 2 представлена концептуальна модель інформаційної технології забезпечення ФБ БКС ЛА на етапі їх експлуатації.

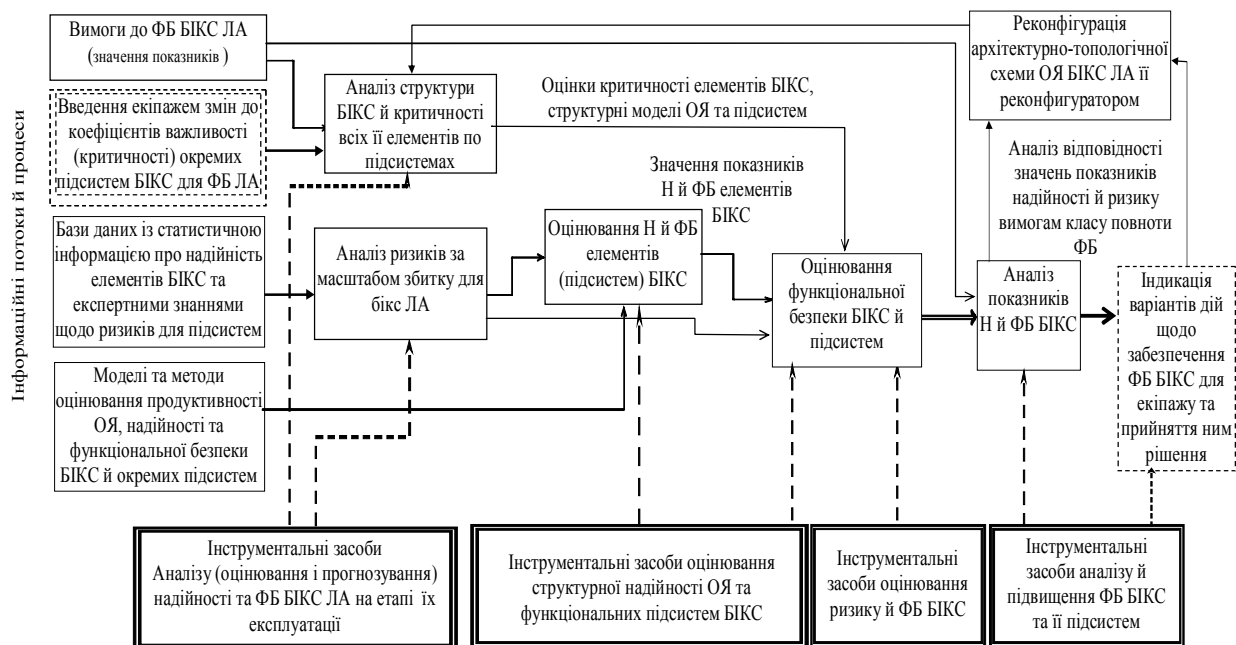


Рис. 2. Концептуальна модель ІТ забезпечення функціональної безпеки БКС ЛА на етапі її експлуатації

Сутність наведеної ІТ забезпечення функціональної безпеки БКС ЛА зводиться до отримання максимальної ефективності проведення наступних груп заходів, спрямованих на підвищення ФС:

- підвищення надійності та стійкості інформаційно-обчислювальних процесів у відповідних підсистемах БКС, що виконують функції безпеки, за рахунок використання алгоритмічної, інформаційної, часової або технічної обчислювальної надмірності ОЯ БКС ЛА;
- застосування процедури зміни екіпажем значень вагових коефіцієнтів критичності окремих функціональних підсистем з метою перерозподілу продуктивності ОЯ БКС ЛА та збільшення надійності виконання покладених на підсистеми критичних задач і функцій по керуванню ЛА;
- автоматичної зміни структурно-архітектурної або алгоритмічної організації найбільш критичних інформаційно-керуючих процесів з метою зменшення значень критичності елементів, що входять до підсистем БКС ЛА.

Перед застосуванням зазначених заходів щодо підвищення ФС окремих підсистем й БКС ЛА в цілому описаною вище інформаційною технологією здійснюватиметься прогнозне оцінювання зміни рівня ФС (шляхом визначення різниці в отриманих значеннях показників ризику й функціональної безпеки в цілому для кожної з критичних функцій у різних варіантах реконфігурації інформаційно-керуючих процесів для підсистем).

Після цього в автоматичному або автоматизованому режимі здійснюватиметься аналіз ефективності відповідних заходів за критеріями, що визна-

чаються відношеннями приросту значень показників ФС підсистем БКС до погіршення показників оперативності та точності функціонування інших (менш критичних в конкретних умовах експлуатації / польоту) підсистем БКС ЛА (за умови збереження повноти інформаційно-керуючих процесів). Все це проводитиметься з метою досягнення максимально можливих значень показників надійності та ФС більш критичних функціональних підсистем в реальних умовах та обставинах роботи БКС фактично шляхом перерозподілу обчислювальних ресурсів ОЯ для окремих підсистем.

## Висновки

В статті наведений підхід до забезпечення ФС БКС ЛА на етапі їх експлуатації, що реалізований у вигляді концептуальної моделі відповідної інформаційної технології, а також зазначений принцип забезпечення ФС цих систем під час їх експлуатації, що заснований на впровадженні до їх складу нової складової частини – підсистеми забезпечення ФС БКС ЛА, наявність якої передбачає застосування в ній ІТ забезпечення ФС (в т.ч. надійності) під час польоту ЛА.

В основі зазначених ІТ забезпечення ФС БКС ЛА пропонується використовувати програмно-апаратні комплекси, що являють собою системи підтримки прийняття рішень та базуються на групі методів оцінювання й забезпечення зазначеної властивості, які, в свою чергу, враховують правила проведення аналізу видів, наслідків та критичності відмов окремих елементів, що виконують функції безпеки.

В основі майбутніх СПБ, що забезпечуватимуть ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації, будуть використовуватися ІТ, що гарантуватимуть утримання ризиків у випадку відмов або збоїв (помилки) в роботі підсистем БІКС на припустимому рівні, тобто такі, які виконуватимуть функції безпеки.

Подальші роботи необхідно спрямувати на деталізацію зазначених методів аналізу й забезпечення ФБ БІКС ЛА, процедур об'єктивного розподілу множини їх функцій на критичні задачі, що виконуються окремими елементами всіх підсистем, а також на реалізації у вигляді пакету прикладного програмного забезпечення наведеної концепції ІТ забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації.

Комплексне застосування всіх вище перелічених засобів, що спрямовані на забезпечення безпеки польотів ЛА дозволить значно підвищити рівень довіри до БІКС літаків, зменшити кількість авіаційних катастроф та подій, а відповідно й кількість людських жертв.

### Список літератури

1. *Безопасность полетов* / Р.В. Сакач, Б.В. Зубков, М.Ф. Давиденко и др.; под ред. Р.В. Сакача. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.
2. *Макаров Н.Н. Системы обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса: теория, проектирование, применение* / Н.Н. Макаров; под ред. В.М. Солдаткина. – М.: Машиностроение – Полет, 2009. – 760 с.
3. *Прозоров С.Е. Безопасность полетов. Часть III. Оценка риска и управление безопасностью полетов* / С.Е. Прозоров. – М.: МГТУ ГА, 2008. – 88 с.

4. *Хорошевский В.Г. Модели функционирования большихмасштабных распределенных вычислительных систем* / В.Г. Хорошевский // *Электросвязь*. – 2004. – № 10. – С. 30-34.

5. *Харыбин А.В. Комплексная модель экстремальных воздействий на работоспособность центров обработки данных и коммутации* / А.В. Харыбин // *Системы обработки информации: сб. науч. пр.* – Х.: ХУПС, 2007. – Вып. 8 (66). – С. 105-109.

6. *Похил В.С. Метод анализа и оценивания функциональной безопасности авиационных бортовых информационно-управляющих систем* / В.С. Похил, А.В. Харыбин // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2009. – № 5. – С. 70 - 76.

7. *Похил В.С. Методы оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов систем* / В.С. Похил, А.В. Харыбин // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 7. – С. 278-282.

8. *Похил В.С. Анализ подходов до контролю и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем авиации* / В.С. Похил // *Системы управления, навигации та зв'язку: сб. науч. пр.* – К: ЦНДІ НіУ, 2010. – Вып. 3 (15). – С. 115-121.

9. *Новожилов Г.В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология* / Г.В. Новожилов, М.С. Неймарк, Л.Г. Цесарский. – М.: Машиностроение, 2003. – 144 с.

Надійшла в редколегію 6.05.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ АВИАЦИИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.В. Харыбин

*Рассмотрен подход к обеспечению функциональной безопасности (ФБ) авиационных бортовых информационно-управляющих систем (БИУС), базирующийся на использовании информационной технологии обеспечения соответствующего свойства данного класса систем на этапе их эксплуатации. Определены основные группы способов обеспечения и повышения функциональной безопасности БИУС летательных аппаратов на основе современных подходов. Предложена концептуальная модель информационной технологии обеспечения ФБ БИУС на этапе их эксплуатации.*

**Ключевые слова:** летательный аппарат, бортовая информационно-управляющая система, функциональная безопасность, информационная технология обеспечения.

### THE SUPPORTING INFORMATION TECHNOLOGY OF THE FUNCTIONAL SAFETY OF THE AIRCRAFT ONBOARD INFORMATION-CONTROL SYSTEMS AT THE FUNCTIONING STAGE

A.V. Kharybin

*The approach to support of functional safety (FS) of the aviation onboard information-control system (OICS), which are based on using of the FS supporting information technology (IT) of this class of the systems at the functioning stage is offered. The basic groups of the ways for the OICS FS support and increasing from the modern approaches are specified. The conceptual model of the OICS FS supporting IT for the OICS at the functioning stage is offered.*

**Keywords:** aircraft, onboard information-control system, functional safety, supporting information technology.