

УДК 004.03:621.38

В.С. Похил

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ «КПІ», Україна

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ЕТАПІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Запропоновано метод забезпечення функціональної безпеки (ФБ) бортових інформаційно-керуючих систем (БІКС) літальних апаратів (ЛА) заснований на структурно-архітектурній реконфігурації обчислювального ядра, що може здійснюватись на етапі експлуатації у випадку відмови функціонування окремих підсистем БІКС ЛА, з використанням системи підтримки прийняття рішень. Розглянуто концептуальну модель інформаційної технології забезпечення заданого рівня надійності та ФБ БІКС ЛА на етапі її експлуатації.

Ключові слова: бортова інформаційно-керуюча система, функціональна безпека, метод забезпечення, система підтримки прийняття рішень, алгоритм, реконфігурація, інформаційна технологія.

Вступ

Актуальність. Безпека польотів авіаційних транспортних засобів визначається як «комплексна характеристика повітряного транспорту й авіаційних робіт, що визначає здатність виконувати польоти без загрози для життя людей» [1]. Вона характеризується рівнем безпеки, що визначається ймовірністю того, що в польоті не виникне катастрофічна ситуація.

Як свідчить статистика опублікована в [2] Міждержавним авіаційним комітетом (МАК), у повноваження якого входить розслідування катастроф на території ближнього зарубіжжя, загальна кількість подій у небі країн СНД минулого року не змінилася в порівнянні з попереднім роком.

Однак виросла кількість авіакатастроф – більш ніж на 37% (з 8 в 2008 році до 11 в 2009 році), а кількість загиблих - у два рази (з 14 чоловік два роки тому до 28 у минулому році) (рис. 1).

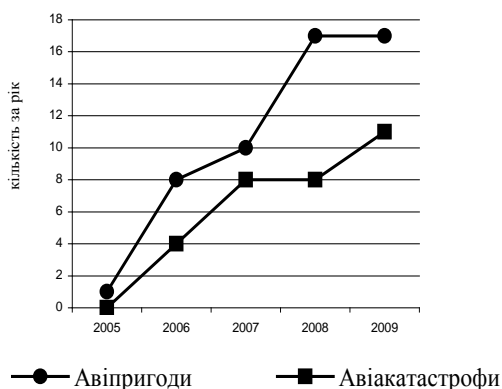


Рис. 1. Динаміка авіакатастроф за останні 5 років у країнах СНД

Причини авіаційних подій, серед яких крім авіакатастроф, наприклад, вимушені посадки, залишилися на попередньому рівні. В їх число МАК включає людський фактор, відсутність потрібних навичок для керування тим або іншим типом судна, са-

мовільні вильоти й відхилення від маршруту, а також не задовільний технічний стан повітряних судів. Процентне співвідношення причин, по яких відбуваються авіакатастрофи: помилка пілота – 50%, помилка інших членів екіпажу – 7%, погодні умови – 12%, технічні проблеми – 22%, саботаж – 8%, інші причини – 1% [2].

Аналіз причин виникнення авіаподій свідчить про те, що більша їхня частина відбувається в результаті впливу людського фактора й технічних відмов.

У статті розглядається методологічний апарат забезпечення функціональної безпеки (ФБ) бортових інформаційно-керуючих систем (БІКС) літальних апаратів (ЛА), як систем критичного застосування, відмови яких можуть із високою ймовірністю привести до виникнення авіаційних подій і катастроф, які можуть викликати економічний, технічний збиток, а також привести до людських жертв.

Аналіз літератури. Аналіз літератури [3-6] по даному питанню показав відсутність методологічного апарата (моделей і методів) і інформаційної технології (ІТ) забезпечення ФБ БІКС на етапі експлуатації ЛА (передпольотної підготовки в аеропорту, зліт, політ, посадка, обслуговування ЛА після польоту), що обумовлено відсутністю відповідних вимог у технічних завданнях на розробку бортових комплексів авіоніки для нових ЛА.

У статтях [6, 7] описані підходи до забезпечення ФБ БІКС ЛА, які базуються на використанні ІТ забезпечення відповідної властивості даного класу систем на етапах проектування і їхньої експлуатації, які є основою для представленого в даній статті методу забезпечення ФБ БІКС на етапі експлуатації ЛА.

Метою даної статті є опис методу й ІТ забезпечення заданого або максимально можливого рівня функціональної безпеки БІКС ЛА на етапі їхньої експлуатації під час передпольотної підготовки, польоту й післяпольотного обслуговування ЛА з врахуванням їхнього реального стану, які будуть враховувати мож-

ливі варіанти структурно-архітектурної реконфігурації обчислювального ядра (ОЯ) БІКС, а також можливість перерозподілу обчислювальних ресурсів у ньому.

Постановка завдання дослідження

Необхідно розробити метод й ІТ системи підтримки прийняття рішення по забезпеченню необхідного рівня ФБ БІКС ЛА, реалізовані підсистемою контролю й забезпечення функціональної безпеки ЛА, що є частиною бортового комплексу авіоники, функціонування якого спрямовано на забезпечення безпеки польоту ЛА в цілому (рис. 2). Для цього необхідно розглянути питання, пов'язані з підвищенням або підтримкою заданого рівня функціональної безпеки БІКС, як частини бортового ергатичного комплексу (БЕК) ЛА.



Рис. 2. Напрямки забезпечення безпеки польоту ЛА

Можна виділити два завдання забезпечення безпеки функціонування БЕК [8]:

1. Запобігання порушення нормальних режимів роботи елементів БЕК.
2. Запобігання небезпечного розвитку виникаючих у польоті порушень нормальних режимів функціонування елементів БЕК.

Перше завдання вирішується за рахунок забезпечення міцності конструкції планера, надійності силової установки, загальнолітакових систем і бортового обладнання, своєчасного попередження екіпажу про можливі негативні впливи навколишнього середовища й забезпечення захисту від них, а також запобігання помилок у роботі екіпажу.

Перераховане вище, як правило, вирішується на етапі проектування й випробування авіаційної техніки, підготовки льотного й інженерно-технічного складу, виконання відповідних технічних і організаційно-методичних заходів, у тому числі належним функціонуванням служб системи керування повітряним рухом. Досягнуті на цьому етапі показники безпеки можуть змінюватися в процесі виробництва й експлуатації літальних апаратів.

Друге завдання вирішується шляхом усунення виникаючих порушень і виключення можливості їхнього переростання в аварійні й катастрофічні ситуації. Це завдання пов'язане з використанням на ЛА систем автоматичного контролю, керування й інформаційної підтримки екіпажу, максимально по-

легшуючих і контролюючих його роботу, підвищуючи надійність елементів БЕК, що автоматично усуває наслідки відмов і збоїв у польоті, забезпечуючи безпеку у виникаючих позаштатних ситуаціях.

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

У загальному випадку сутність ІТ забезпечення ФБ на етапі експлуатації БІКС ЛА полягає в здійсненні заходів щодо прогнозування збоїв і відмов та, як наслідок, зниження 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 БІКС різного роду надмірність, яка здатна забезпечити необхідний рівень резервування контурів виконання основних критичних процесів під час польоту.

Зміст роботи ІТ забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі експлуатації полягає в 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 катастрофічних ситуацій.

Застосування ІТ забезпечення ФБ БІКС 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 й за допомогою інших систем, пов'язаних з безпекою, або зовнішніх засобів за рахунок виконання ними певних функцій безпеки ЛА.

На рис. 3 представлена концептуальна модель інформаційної технології забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації.

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

- підвищення надійності та стійкості інформаційно-обчислювальних процесів у відповідних підсистемах БІКС, що виконують функції безпеки, за рахунок використання алгоритмічної, інформаційної, часової або технічної обчислювальної надмірності ОЯ БІКС ЛА;

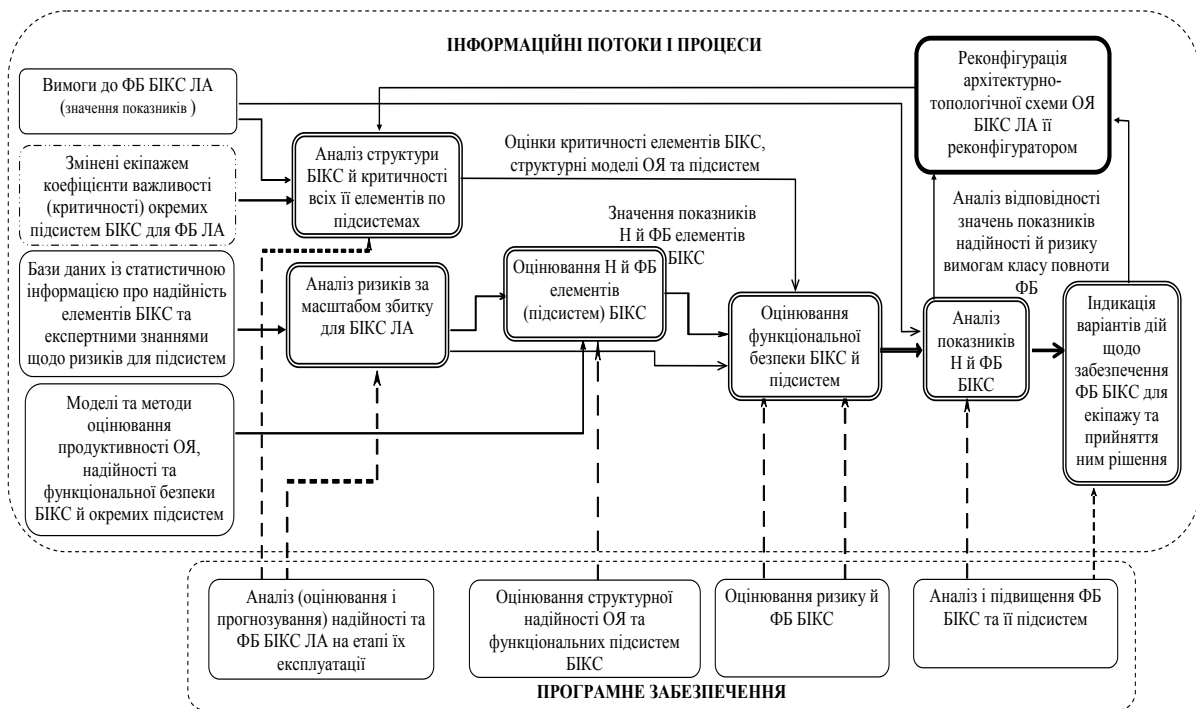


Рис. 3. Концептуальна модель ІТ забезпечення функціональної безпеки БІКС ЛА на етапі їх експлуатації

- застосування процедури зміни екіпажем значень вагових коефіцієнтів критичності окремих функціональних підсистем з метою перерозподілу продуктивності ОЯ БІКС ЛА та збільшення надійності виконання покладених на підсистеми критичних завдань 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 БІКС ЛА.

Перед застосуванням зазначених заходів щодо підвищення ФБ окремих підсистем й БІКС ЛА в цілому описано вище інформаційною технологією здійснюватиметься прогнозоване оцінювання зміни рівня ФБ (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 режимах здійснюватиметься аналіз ефективності відповідних заходів за критеріями, що визначаються відношеннями приросту значень показників функціональної безпеки підсистем БІКС до погіршення показників оперативності та точності функціонування інших (менш критичних у конкретних умовах експлуатації / польоту) підсистем БІКС ЛА (за умови збереження повноти інформаційно-керуючих процесів). Все це проводитиметься з метою досягнення максимально можливих значень показників надійності та ФБ більш критичних функціональних підсистем у реальних умовах та обставинах роботи БІКС фактично шляхом перерозподілу обчислювальних ресурсів ОЯ для окремих підсистем.

Метод забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації

Запропонований метод забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі експлуатації розглянутий для трьох основних його складових процесів: підготовчого (передпольотної підготовки в аеропорті); «навантажений» (зліт, політ, посадка); обслуговування ЛА після польоту.

У результаті проведення аналізу й оцінювання ФБ функціональних підсистем БІКС отримані значення показників можуть не задовольняти заданим і характеризувати стан підсистем як потенційно небезпечний із ймовірним переходом у катастрофічний [9]. Це привело до потреби розробки методу підвищення або підтримки на прийнятному рівні значень показників ФБ у процесі експлуатації.

Метод забезпечення ФБ БІКС ЛА під час *підготовчого процесу* у вигляді спрощеного алгоритму представлений на рис. 4. Для досягнення заданого рівня ФБ БІКС ЛА спочатку проводиться аналіз і оцінювання характеристик надійності і показників функціональної безпеки всіх її критичних підсистем. Для цього в підсистему БІКС, що призначена для підтримки або досягнення значень показників безпечного функціонування всіх підсистем, повинні бути внесені статистичні дані про надійність і ФБ БІКС, а також експертні оцінки й правила прийняття рішень. За результатами цих процедур формуються дані, які паралельно відображаються членам екіпажу, який здійснює передпольотну підготовку, і проводиться аналіз, оцінювання показників безпеки функціональних підсистем БІКС ЛА. Якщо останні задовольняють встановленим вимогам, то екіпажу пропонується варіант реконфігурації ОЯ БІКС і перерозподіл інформаційних потоків для нормального подальшого функціонування окремих підсистем БІКС ЛА.

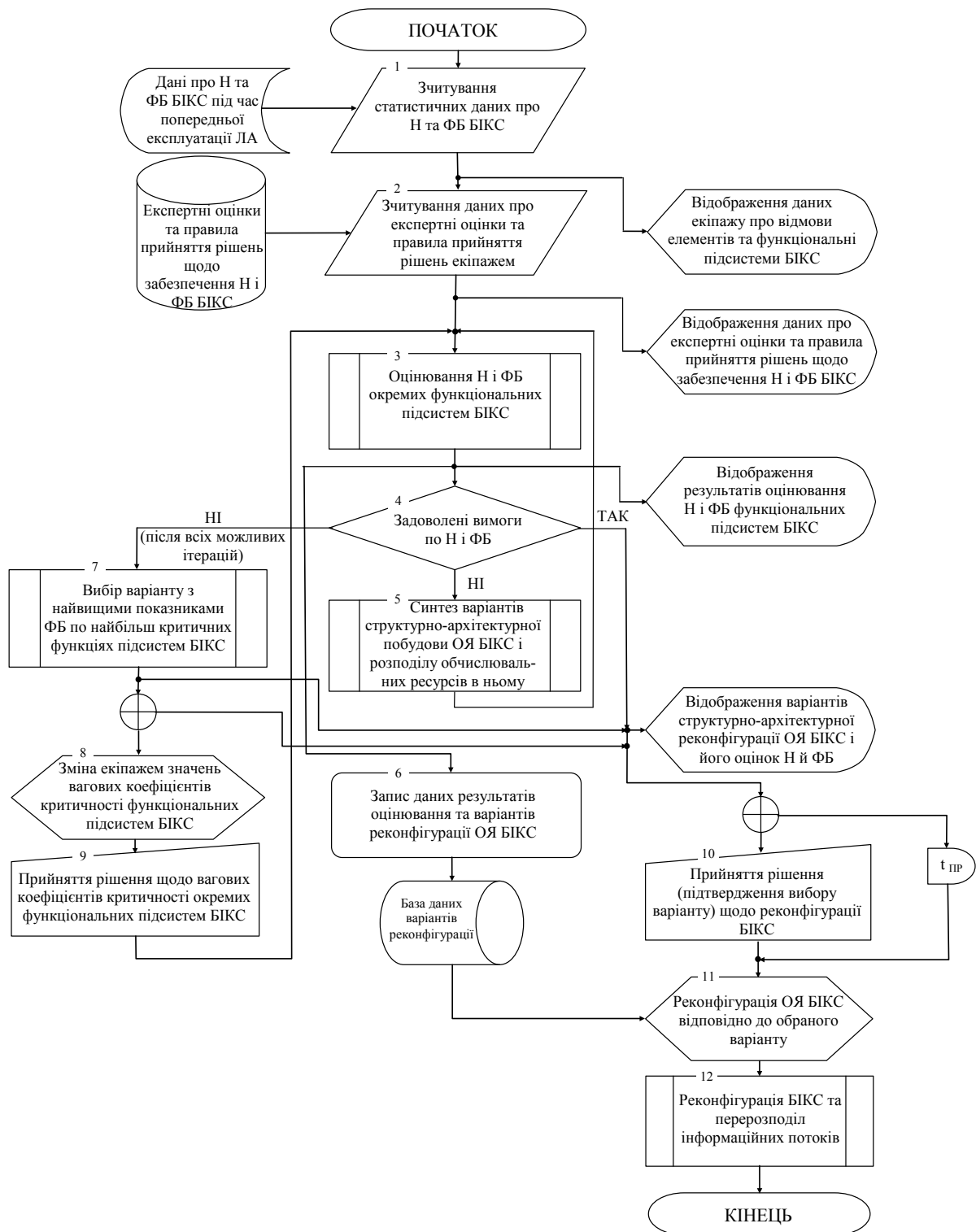


Рис. 4. Спрощений алгоритм методу забезпечення ФБ БІКС ЛА під час підготовчого етапу

У випадку одержання незадовільних показників безпеки проводиться синтез варіантів структурно-архітектурної побудови ОЯ БІКС ЛА й перерозподілу обчислювальних ресурсів з відповідними записами в базу даних варіантів реконфігурації. Потім виконується ітераційна процедура аналізу й оцінювання показників підсистем БІКС відповідно до нових синтезованих варіантів реконфігурації доти, поки не буде досягнутий найкращий (або оптимальний) варіант організації БІКС для подальшого без-

печного функціонування окремих підсистем. Якщо ж після всіх можливих ітерацій необхідні рівні ФБ і надійності не досягаються, то здійснюється вибір варіанта з найвищими показниками ФБ по найбільш критичних функціях підсистем БІКС із наступним внесенням екіпажем змінених значень вагових показників критичності функціональних підсистем БІКС (визначення вагових коефіцієнтів критичності кожної функціональної підсистеми повинне забезпечуватися як на етапі проектування, так і на етапі ек-

платуації з урахуванням можливості внесення виправлень у значення коефіцієнтів важливості (критичності) відповідними відповідальними членами екіпажу ЛА). Дана процедура виконується поки система підтримки прийняття рішень не запропонує такий варіант реконфігурації ОЯ БІКС, який буде

задовольняти умовам безпечного функціонування підсистем БІКС або буде прийнятий екіпажем ЛА.

Метод забезпечення ФБ БІКС ЛА в «навантаженому» режимі також представляється у вигляді спрощеного алгоритму (рис. 5), структура якого й послідовність дій аналогічна вищевказаному.

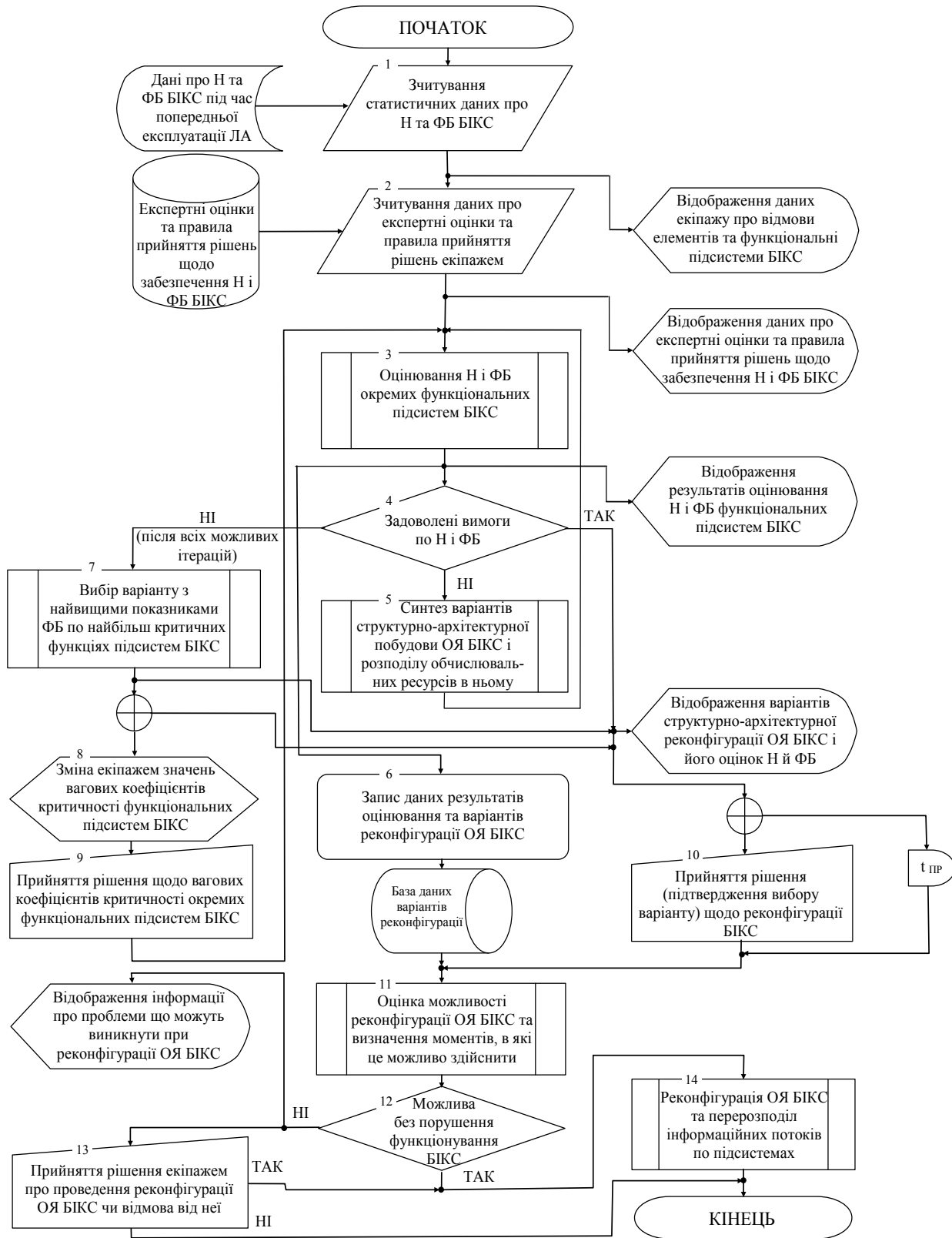


Рис. 5. Спрощений алгоритм методу забезпечення ФБ БІКС ЛА в «навантаженому» режимі

Відмінність полягає в тому, що після ухвалення рішення, яке стосується реконфігурації БІКС, здійснюється оцінювання можливості такої структурно-архітектурної побудови ОЯ БІКС і визначення моментів, у які це можливо здійснити. Якщо реконфігурація й перерозподіл потоків по підсистемах можливі, тобто не приведуть до катастрофічного порушення функціонування окремих підсистем і БІКС в цілому, то вони здійснюються автоматично. У протилежному випадку екіпаж ухвалює рішення щодо підтвердження проведення реконфігурації ОЯ БІКС або відмови від неї.

Метод забезпечення ФБ БІКС у процесі обслуговування ЛА після польоту представлений у вигляді спрощеного алгоритму на рис. 6. Після виконаного польоту аналізується інформація про стан окремих підсистем БІКС ЛА під час попередніх етапів експлуатації, яка зчитується з баз даних надійності й

ФБ, експертних оцінок і правил прийняття рішень, що стосуються розглянутих показників, а також варіантів реконфігурації, які мали місце при порушенні функціонування окремих підсистем БІКС ЛА. Далі аналізується структурно-архітектурний варіант побудови БІКС із наступним оцінюванням надійності й ФБ. Якщо умови по всім показникам задовольняють встановленим, то відбувається оновлення існуючих баз вищевказаних даних. У випадку не виконання встановлених умов повинне бути проведене тестування окремих підсистем БІКС із метою виявлення несправностей їхніх складових (елементів) або збоїв у роботі програмного забезпечення з подальшим їхнім усуненням. Після цього здійснюється ітераційний процес оцінювання БІКС по показниках безпеки й виноситься рішення про придатність ЛА до подальшої безпечної експлуатації.

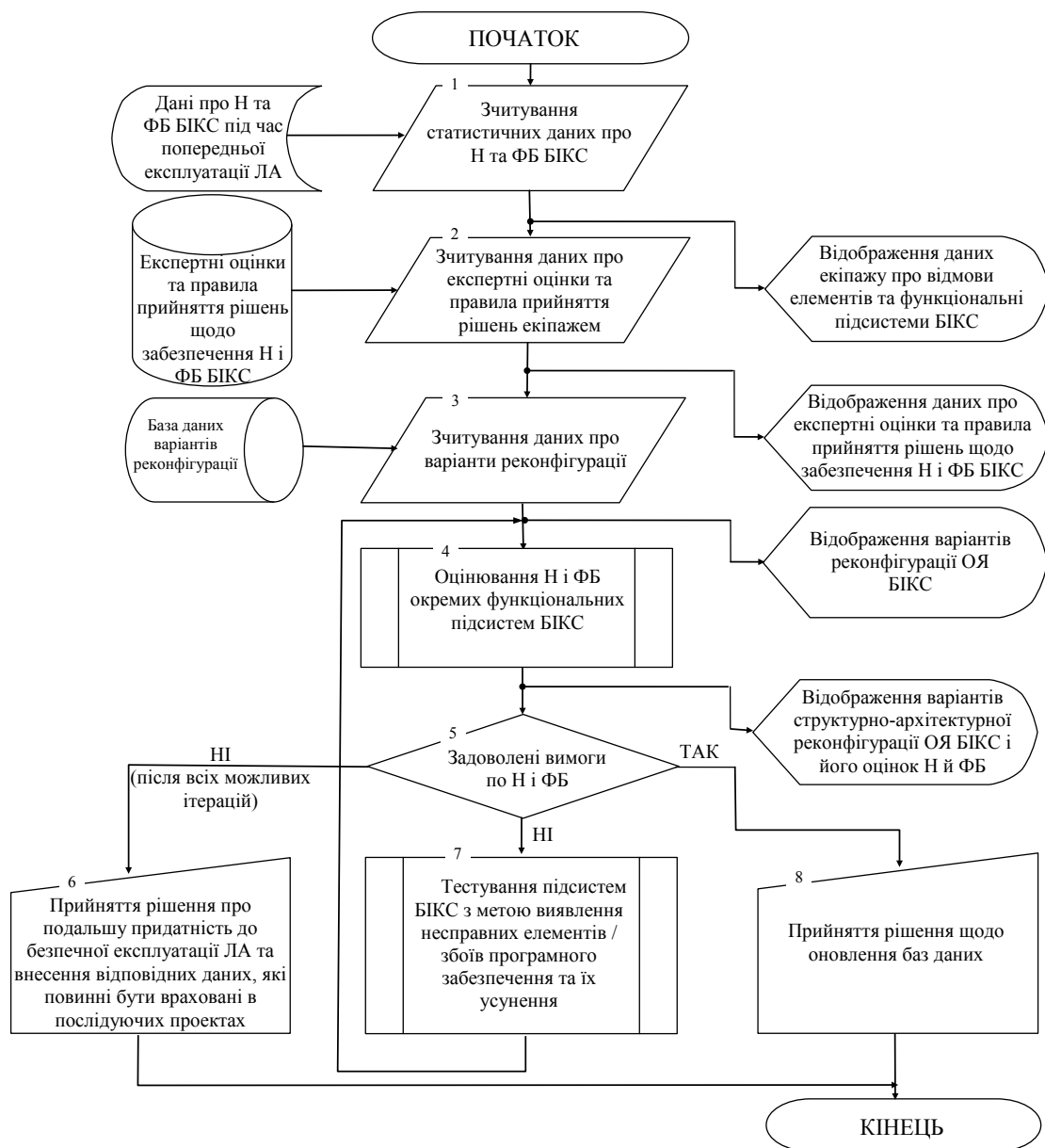


Рис. 6. Спрощений алгоритм методу забезпечення ФБ БІКС у процесі обслуговування ЛА після польоту

Висновки

У статті приведений метод та ІТ забезпечення заданого або максимально можливого рівня функціональної безпеки БІКС ЛА на етапі їхньої експлуатації під час передпольотної підготовки, польоту й післяпольотного обслуговування ЛА з врахуванням їхнього реального стану, які будуть враховувати можливі варіанти структурно-архітектурної реконфігурації обчислювального ядра БІКС, а також можливість перерозподілу обчислювальних ресурсів у ньому.

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

Подальшу роботу необхідно спрямувати на деталізацію зазначеного методу забезпечення ФБ БІКС ЛА, а також на реалізацію у вигляді пакету прикладного програмного забезпечення наведеної концепції ІТ забезпечення ФБ БІКС ЛА на етапі їх експлуатації.

Список літератури

1. *Безпека польотів* / Р.В. Сакач, Б.В. Зубків, М.Ф. Давиденко й ін.; під ред. Р.В. Сакача. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.
2. *Серийный штопор. В странах СНГ увеличилось число авиакатастроф* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rg.ru/2010/04/13/aviakatastrofy.html>.
3. *ГОСТ Р МЭК 61508-7-2007. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 7. Методы и средства: [чинний від 2008-06-01]* – М.: ИПК Издательство стандартов, 2007. – 64 с. [Національний стандарт Російської Федерації].
4. Похил В.С. *Метод аналізу й оцінювання функціональної безпеки авіаційних бортових інформаційно-керуючих систем* / В.С. Похил, А.В. Харьбин // *Радиоэлектронні й комп'ютерні системи*. – 2009. – № 5. – С. 70-76.

5. Алексеев О.М. *Автоматизация процессов управления безопасностью полетов в авионавигационной системе*. – Автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук / Нац. авіаційний ун-т. – К., 2009. – 20 с.

6. Похил В.С. *Удосконалений метод та інформаційна технологія забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем авіації на етапі проектування* / В.С. Похил // *Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України: науково-технічний журнал*. – 2010. – № 2(4). – С. 65-70.

7. Харьбин О. В. *Інформаційна технологія забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем авіації на етапі експлуатації* / О.В. Харьбин // *Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал*. – 2010. – № 2 (22). – С. 173-177.

8. Макаров Н.Н. *Системи забезпечення безпеки функціонування бортового ергатичного комплексу: теорія, проектування, застосування* / Під ред. доктора техн. наук В.М. Солдаткина. – М.: Машинобудування / Машинобудування - Поле, 2009. – 760 с.

9. Похил В.С. *Удосконалений метод аналізу й оцінювання функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем повітряного судна* / В.С. Похил // *Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал*. – 2010. – № 2(22). – С. 136-142.

10. Похил В.С. *Методи оцінювання й забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів систем* / В.С. Похил, А.В. Харьбин // *Радиоэлектронні й комп'ютерні системи*. – 2010. – № 7. – С. 278-282.

11. Похил В.С. *Аналіз підходів до контролю й забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем авіації* / В.С. Похил // *Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. праць ЦНДІ НіУ*. – 2010. – № 3(15) - С. 115-121.

Надійшла до редколегії 30.07.2010

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

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.С. Похил

Предложен метод обеспечения функциональной безопасности (ФБ) бортовых информационно-управляющих систем (БИУС) летательных аппаратов (ЛА) основанный на структурно-архитектурной реконфигурации вычислительного ядра, которая может осуществляться на этапе эксплуатации в случае отказа функционирования отдельных подсистем БИУС ЛА, используя систему поддержки принятия решений. Рассмотрена концептуальная модель информационной технологии обеспечения заданного уровня надежности и ФБ БИУС ЛА на этапе ее эксплуатации.

Ключевые слова: бортовая информационно-управляющая система, функциональная безопасность, метод обеспечения, система поддержки принятия решений, алгоритм, реконфигурация, информационная технология.

THE METHOD OF SUPPORT THE FUNCTIONAL SAFETY OF THE AIRCRAFT ONBOARD INFORMATION-CONTROL SYSTEMS AT OPERATION PHASE

V.S. Pohyl

The method of support the functional safety (FS) of the aviation onboard information-control system (OICS) based on structurally-architectural reconfiguration a computing kernel which can be reconfigured at operation phase in default functioning of some subsystems of OICS is offered, using system of support of decision-making. The conceptual model of information technology of support the set level of reliability and FB OICS at a stage of its operation is considered.

Keywords: onboard information-operating system, functional safety, a method of support, system of support decision-making, algorithm, reconfiguration, information technology.