МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

КУЛИНИЧ ВІКТОРІЯ СТАНІСЛАВІВНА

УДК 004.03

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі комплексів військового зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства оборони України.

Науковий керівник кандидат технічних наук
Харибін Олександр Вікторович,
Публічне акціонерне товариство
«Науково-виробниче підприємство «Радій»,
м. Кіровоград, начальник конструкторського
бюро програмно-технічних засобів і систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Вартанян Василь Михайлович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
завідувач кафедри економіки та маркетингу

кандидат технічних наук, доцент
Волковий Андрій Володимирович,
Товариство з обмеженою відповідальністю
«Самсунг Електронікс Україна Компані»,
м. Київ,
старший інженер-програміст

Захист відбудеться «27» червня 2013 р. о 14:30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою:
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою:
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «23» травня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради В. П. Северин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безпека польоту літального апарату (ЛА) – одна із основних вимог до авіаційно-транспортної системи. Причинами виникнення подій та інцидентів в цивільній авіації приблизно в 80% випадків є помилки екіпажів і диспетчерів, які керують повітряним рухом ЛА. У зв'язку з цим розробники прагнуть автоматизувати функції керування на різних етапах польоту, переклавши їх на бортові інформаційно-керуючі системи (ІКС), які є автоматизованими системами переробки інформації та управління критичного застосування. Це призводить до необхідності розробки теоретичних і прикладних засад побудови та впровадження інформаційних технологій (ІТ) для створення гарантоздатних систем накопичування, обробки, збереження інформації та управління. Термін «гарантоздатність» накладає на автоматизовані системи переробки інформації та управління критичного застосування (в тому числі на бортові ІКС літальних апаратів) підвищені вимоги до надійності та функціональної безпеки (ФБ).

Одним із напрямків, що дозволяє на ранніх етапах проектування забезпечити необхідний рівень надійності та функціональної безпеки (як частини загальної безпеки) бортових ІКС ЛА, є розрахунково-аналітичний підхід до прогнозування потенційно можливих відмов, оцінювання міри їх критичності й імовірності їх появи, визначення можливих катастрофічних наслідків. В останні роки ведуться роботи по розвитку теорії і практики оцінювання та забезпечення як надійності так і функціональної безпеки ІКС критичного застосування та їх елементів. Необхідність у розробці й вдосконаленні моделей і методів оцінювання та забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА для створення інформаційних технологій аналізу, оцінювання і забезпечення заданого або максимально можливого рівня функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на різних етапах життєвого циклу (ЖЦ) визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково-дослідної роботи Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» та угодами про наукову співпрацю з ТОВ «Телекарт-Прилад» (м. Одеса), НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» ДНВП «Об'єднання Комунар» (м. Харків), Державною льотною академією України (м. Кіровоград), а також у рамках науково-дослідної роботи Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка «Методи і моделі забезпечення якості обслуговування, надійності і безпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах» (№ ДР 0110U04619), де здобувач була виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів на основі моделей, методів та інформаційних технологій оцінювання та забезпечення заданого або максимально можливого рівня функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем.

Для досягнення зазначеної мети поставлено задачі:

– аналіз існуючих моделей та методів оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів;

– розвиток моделі та розробка методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів з показниками, що враховують різний рівень функціональної критичності окремих елементів подібних систем;

– удосконалення методу забезпечення функціональної безпеки на різних етапах життєвого циклу з урахуванням моделі функціонування обчислювального ядра (ОЯ) бортової ІКС літального апарату, здатного до реконфігурації;

– розробка інформаційних технологій (ІТ) та реалізація їх як систем підтримки прийняття рішень при оцінюванні та забезпеченні функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів на різних етапах життєвого циклу;

– впровадження результатів досліджень в процеси визначення та досягнення заданого рівня функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів.

Об'єктом дослідження є процеси оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційні технології оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів.

Методи дослідження. В основу методології досліджень покладені принципи системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.). Методи теорії графів, апарату математичної логіки, теорії ймовірності використовувалися при переході від функціонального аналізу бортової ІКС літального апарату до розробки її структурної моделі та методу оцінювання функціональної безпеки. Методи аналізу видів, наслідків та критичності відмов – при розв’язанні задачі аналізу й оцінювання рівня надійності та працездатності функціональних підсистем бортових ІКС літальних апаратів, а також ступенів критичності елементів, що входять до їх складу. Принципи теоретико-множинного опису, математичного моделювання, апарат математичної логіки, теорії ймовірності та комбінаторики застосовувалися при синтезі моделі оцінювання функціональної безпеки підсистем бортових ІКС літальних апаратів.

Наукова новизна одержаних результатів. Основний науковий результат роботи полягає в розробці та вдосконаленні моделей, методів оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, які є основою для інформаційних технологій аналізу, оцінювання і забезпечення заданого або максимально можливого рівня відповідної властивості таких систем на різних етапах життєвого циклу.

Наукова новизна визначається наступними положеннями:

1. Вперше одержано метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, який, на відміну від існуючих, враховує структурну надійність відповідних підсистем бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів і функціональну критичність її окремих елементів для виконання функцій безпеки цих систем, що дозволяє отримати якісну і кількісну оцінки зазначеної властивості.

2. Дістала подальший розвиток модель оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, яка ґрунтується на функціональному і архітектурному описі, враховує, на відміну від існуючих, розподіл інформаційних потоків між елементами системи та дозволяє проводити аналіз продуктивності обчислювальної підсистеми й оцінювання показників надійності та функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів в цілому.

3. Удосконалено метод забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів на різних етапах життєвого циклу, що базується на використанні моделі та методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів з обчислювальним ядром, здатним до реконфігурації, дозволяє оптимізувати проведення реконфігурації інформаційно-обчислювальних та інформаційно-керуючих процесів окремих підсистем за результатами оперативного контролю функціональної безпеки відповідних функціонально-інформаційних потоків, а також забезпечити заданий або максимально можливий рівень зазначеної властивості бортових ІКС літальних апаратів.

Практичне значення одержаних результатів для галузі створення та застосування автоматизованих систем переробки інформації й управління критичного застосування полягає в тому, що основні положення дисертації реалізовані у вигляді розрахункових моделей, інженерних методів, алгоритмів оцінювання і забезпечення функціональної безпеки, які є інструментарієм відповідних інформаційних технологій, а саме:

– розроблена ІТ, реалізована у вигляді програмного засобу, на основі методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, що враховує архітектурну неоднорідність підсистем бортових ІКС ЛА, рівень функціональної критичності їх окремих елементів, а також реальну структурно-топологічну схему виконання обчислювальних процесів і обробки інформації у функціональній підсистемі;

– розроблена ІТ, реалізована у вигляді програмного засобу, на основі методу забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на етапі проектування, яка дозволяє в інтерактивному режимі виділити найбільш критичні елементи підсистем бортових ІКС ЛА та спрогнозувати зміну показників функціональної безпеки при реконфігурації архітектурної та структурної побудови системи в цілому або її окремих підсистем.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені в ТОВ «Телекарт-Прилад» (м. Одеса) і НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» ДНВП «Об’єднання Комунар» (м. Харків). Матеріали дисертації використовуються в навчальних процесах Державної льотної академії України (м. Кіровоград) і Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертації, які виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Серед них: метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, в якому обґрунтовано використання нових кількісних показників та проведено аналіз даних за отриманими оцінками; моделі та метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, а також визначено етапи реалізації методу забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на різних етапах життєвого циклу з наступною обро-

бкою та узагальненням результатів його застосування; інформаційні технології аналізу, оцінювання та підтримки прийняття рішень щодо забезпечення рівня функціональної безпеки на етапах проектування та експлуатації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались та обговорювались на: 3-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладна радіоелектроніка. Стан і перспективи розвитку» (м. Харків, 2008 р.); 4-ій, 5-ій та 6-ій Міжнародних науково-технічних конференціях «Гарантоздатні (надійні та безпечні) системи, сервіси та технології» (м. Кіровоград, 2009 р., 2010 р.; м. Севастополь, 2012 р.); Всеукраїнському міжгалузевому семінарі «Критичні комп'ютерні технології та системи» кафедри «Комп'ютерні системи та мережі» Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» (м. Харків, 2009 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та інформаційна безпека в науці, техніці й освіті» ІНФОТЕХ (м. Севастополь, 2009 р., 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» (м. Вінниця, 2010 р.); 17-ій Міжнародній конференції з автоматичного управління «Автоматика-2010» (м. Харків, 2010 р.); 5-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (м. Кіровоград, 2010 р.); 2-ій Всеукраїнській науково-практичній конференції «Системний аналіз. Інформатика. Управління» (м. Запоріжжя, 2011 р.); 1-ому Міжнародному науковому робочому семінарі «Critical Infrastructure Safety and Security» CrlSS-DeSSerT'11 (м. Кіровоград, 2011 р.).

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 18 наукових працях, з них: 10 – у фахових наукових виданнях України, 8 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 325 сторінок, включаючи 34 рисунка по тексту, 10 рисунків на 9 окремих сторінках, 16 таблиць по тексту, 7 таблиць на 10 окремих сторінках, 153 найменувань використаних джерел на 17 сторінках, 11 додатків на 136 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрита актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовані мета і задачі дослідження, дана характеристика наукової новизни і практичного значення отриманих результатів, приведені відомості з апробації основних результатів роботи.

Перший розділ присвячено проблемному аналізу науково-технічної інформації щодо сучасних визначень термінів «функціональна безпека», «ризик» і «збиток» відносно інформаційно-керуючих систем критичного застосування. З урахуванням існуючої неоднозначності визначень приведених термінів, конкретизовано поняття ФБ як властивості ІКС критичного застосування. Наведено зв'язок функціональної безпеки з надійністю як комплексної властивості для проведення дисертаційного дослідження. Систематизовані особливості функці-

онування і побудови бортових ІКС ЛА, вимоги до їх готовності, повноти безпеки та безпеки ЛА в цілому. Проаналізовані методи оцінювання і забезпечення функціональної безпеки не дозволяють отримати її комплексну кількісну оцінку, а також не враховують особливості структурної та архітектурної побудови інформаційно-управляючих систем критичного застосування для досягнення заданих рівнів відповідних показників, що характеризують безпечний стан системи. Обґрунтована необхідність створення та впровадження інформаційних технологій для отримання точних і адекватних оцінок функціональної безпеки та підвищення їх до заданого або максимально можливого рівня. Сформульовано мету дисертаційної роботи та поставлено основні задачі дослідження.

Другий розділ присвячений розвитку моделі та розробці методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів для отримання її якісних та кількісних показників.

Запропонована модель оцінювання функціональної безпеки, яка базується на представленні бортової ІКС ЛА на функціональному та архітектурному рівні (рис. 1).

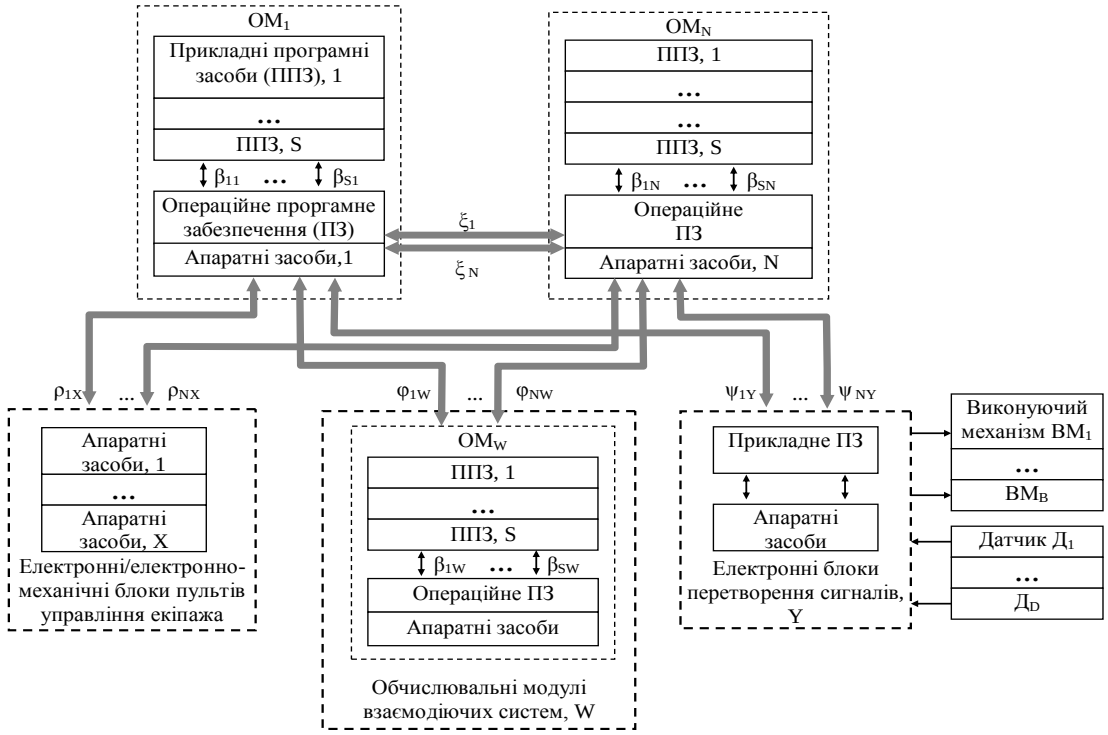

Рис. 1. Узагальнене функціонально-архітектурне представлення моделі бортової інформаційно-керуючої системи літального апарату

За допомогою моделі оцінювання ФБ бортової ІКС ЛА описано розподіл обмежених обчислювальних ресурсів (ОР) для забезпечення виконання множини функцій безпеки з підтримкою їх заданого рівня надійності та ФБ. Загальний обчислювальний ресурс бортової ІКС ЛА в даному випадку представлений групою обчислювальних модулів (ОМ).

Закріплення обчислювального ресурсу за *i*-ою функцією безпеки f_i, визначається співвідношенням:

$$\sum_{k=1}^{m_j} e_{ijk} y_{ijk} = d_{ijk} x_i \,,\; i = \overline{1,n}\,,$$

де m_j – кількість обчислювальних модулів, $j = \overline{1,N}$;

e_{ijk} – параметр, що визначає можливість забезпечення f_i k-тим обчислювальним ресурсом j-го обчислювального модуля R_{jk}, $k = \overline{1,m_j}$ (якщо f_i може бути забезпечена R_{jk}, тоді $e_{ijk} = 1$, в іншому випадку $e_{ijk} = 0$);

y_{ijk} – параметр визначає закріплення обчислювального ресурсу R_{jk} за f_i для забезпечення її виконання (якщо R_{jk} закріплюється за f_i, тоді $y_{ijk} = 1$, інакше $y_{ijk} = 0$);

d_{ijk} – параметр, що визначає потребу f_i в обчислювальному ресурсі R_{jk} ($d_{ijk} = 1$, якщо $z_{ij} \neq 0$; $d_{ijk} = 0$, якщо $z_{ij} = 0$);

z_{ij} – потреба f_i в обчислювальному ресурсі (необхідна сукупна його продуктивність) R_{jk},; $z_{ij} = 0$, якщо обчислювальний ресурс не потрібний);

x_i – параметр, що визначає виконання f_i (якщо f_i виконується, тоді $x_i = 1$, в іншому випадку $x_i = 0$).

Визначено критерій оптимального розподілу ОР:

$$F(x_i; IR_i) \to \max\,,$$

де IR_i – індекс ранжування функцій безпеки, який визначає ступінь їх важливості, $i = \overline{1,n}$.

Враховано ресурсне обмеження:

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ijk} z_{ij} \le J_{jk}\,,$$

де J_{jk} – продуктивність k-го обчислювального ресурсу, $j = \overline{1,N}$; $k = \overline{1,m_j}$.

Реалізація f_i можлива тільки при умові наявності усіх необхідних для її виконання ОР. Оцінювання надійності виконання f_i здійснюється на основі аналізу та розрахунку структурної схеми надійності шляхом визначення показника надійності P_i (наприклад, ймовірності безвідмовної роботи), який має бути не менше заданого значення $P_{\text{зад}\,i}$.

Вимога до ймовірності безвідмовної роботи при розподілі обчислювальних ресурсів визначається співвідношенням:

$$\sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{m_j} y_{ijk} \ln p_{jk} \ge \ln P_{\text{зад}\,i}\,,\; i = \overline{1,n}\,,$$

де p_{jk} – ймовірність безвідмовної роботи обчислювального ресурсу R_{jk};

$P_{\text{зад}\,i}$ – задане значення показника надійності f_i.

Описаний вище підхід дозволяє оцінити ФБ за рівнем надійності виконання функцій безпеки і описати розподіл обчислювальних ресурсів для забезпечення їх виконання, а також описати порядок взаємодії елементів за допомогою функціонально-архітектурного представлення моделі бортової ІКС ЛА.

Функціонування обчислювальної системи бортової ІКС ЛА в умовах відмов запропоновано описувати за допомогою континуальної моделі обчислювального ядра, здатного до реконфігурації (рис. 2).

Обчислювальне ядро бортової ІКС ЛА як інформаційно-обчислювальне середовище представляється сукупністю ОМ і пристроїв комутації (ПК). При використанні моделі функціонування ОЯ бортової ІКС ЛА розглядається найбільш ймовірна для практики ситуація:

$$\mathscr{K}(i, t) = \mathscr{M}(i, t) \le m,$$

$$i \in \{N - m, N - m + 1, \ldots, N\},$$

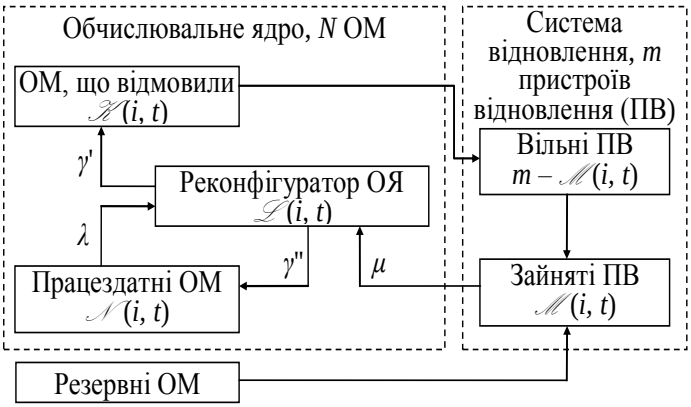

Рис. 2. Узагальнена модель функціонування ОЯ бортової ІКС ЛА

яка має місце при виконанні нерівності

$$N\lambda \le m(\lambda + \mu + \lambda\mu/\gamma),$$

де $\mathscr{K}(i, t)$ – математичне очікування числа ОМ, що відмовили та враховані системою відновлення; $\mathscr{M}(i, t)$ – середнє число ПВ, які відновлюють ОМ, що відмовили; m – ПВ, що складають систему відновлення; i – кількість ОМ в початковому стані ОЯ; N – кількість ОМ, що складають ОЯ. Тоді

$$\mathscr{N}(i, t) = \frac{N\mu\gamma}{\alpha_1\alpha_2} + \left[\frac{N\mu\gamma}{\alpha_1} + (i + j)\gamma + i(\alpha_1 + \mu)\right]E_1 + \left[\frac{N\mu\lambda}{\alpha_1} + (i + j)\gamma + i(\alpha_2 + \mu)\right]E_2,$$

$$\alpha_{1,2} = -0{,}5(\lambda + \mu + \gamma) \pm 0{,}5\sqrt{\lambda^2 + \mu^2 + \gamma^2 - 2(\lambda\mu + \lambda\gamma + \mu\gamma)},\ E_1 = \frac{e^{\alpha_1 t}}{\alpha_1 - \alpha_2},\ E_2 = \frac{e^{\alpha_2 t}}{\alpha_2 - \alpha_1},$$

де $\mathscr{N}(i, t)$ – математичне очікування числа працездатних ОМ; μ – інтенсивність відновлення непрацездатних ОМ одним пристроєм відновлення; γ – сумарна інтенсивність виключення ОМ, що відмовили, з ядра в число ОМ, що підлягають відновленню, а також включення відновлених ОМ до складу ядра; λ – інтенсивність відмов ОМ; $j = \mathscr{L}'(i, 0)$ – середнє число ОМ, що відмовили і враховані реконфігуратором ОЯ в початковому стані.

Приведені формули дозволяють оцінити стан ОЯ бортової ІКС в перехідному режимі шляхом визначення кількості працездатних ОМ. В стаціонарному режимі робота ОЯ бортової ІКС описується виразами:

$$\mathscr{N} = \lim_{t\to\infty} \mathscr{N}(i, t) = \frac{N\mu\gamma}{\lambda\mu + \lambda\gamma + \mu\gamma}, \qquad \mathscr{M} = \lim_{t\to\infty} \mathscr{M}(i, t) = \frac{N\lambda\gamma}{\lambda\mu + \lambda\gamma + \mu\gamma},$$

$$\mathscr{L} = \lim_{t\to\infty} \mathscr{L}(i, t) = N - \mathscr{N} - \mathscr{M}, \qquad \mathscr{K} = \lim_{t\to\infty} \mathscr{K}(i, t) = \mathscr{M}.$$

Застосування моделі функціонування ОЯ (рис. 2) дозволяє визначити кількість працездатних ОМ та стан ОЯ бортової ІКС ЛА в цілому, що є вихідними даними для забезпечення функціональної безпеки бортової ІКС ЛА.

Обґрунтовано вибір показників та запропоновано метод оцінювання ФБ бортової ІКС ЛА. Відзначено використання функціонально-архітектурного представлення та структурної моделі підсистем бортової ІКС ЛА, яка дозволяє визначити структуру, умови працездатності системи і задається графом $G(a)$, де вершинам a відповідають обчислювально-комунікаційні вузли і шини обміну даними між ними, а ребрам – зв'язки між цими вузлами (рис. 3).

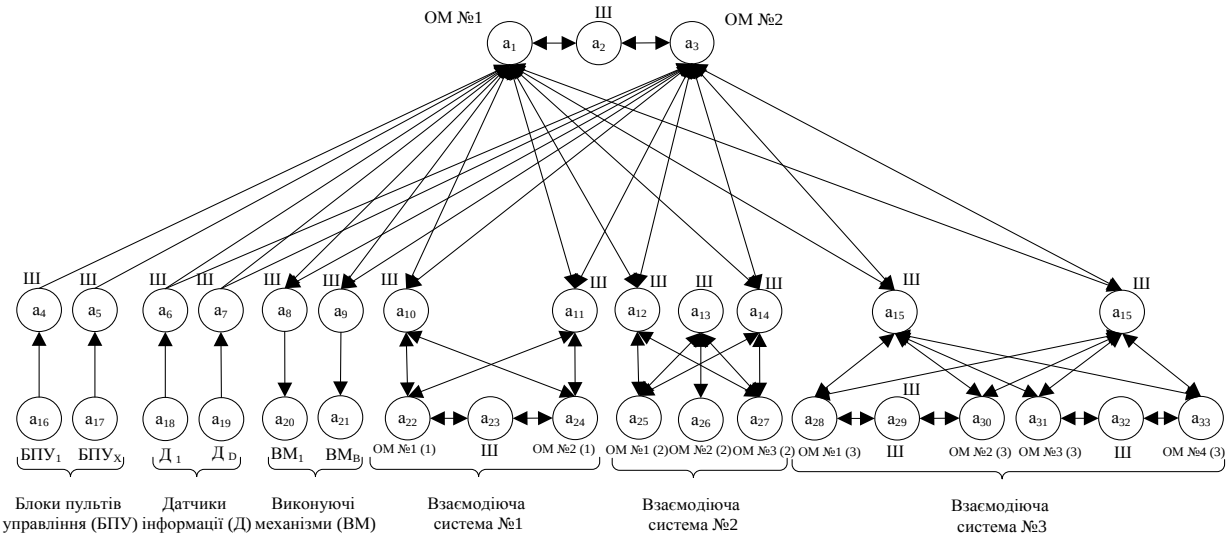

Рис. 3. Узагальнений граф взаємозв'язку обладнання для окремих підсистем бортової ІКС ЛА

Метод оцінювання функціональної безпеки бортової ІКС літального апарату базується на процедурі аналізу критичності окремих елементів, що входять до її складу, і визначається етапами:

1. Проводиться аналіз множини функцій безпеки.

2. Визначається можливість настання катастрофічного стану при порушеннях у виконанні кожної функції безпеки бортової ІКС ЛА шляхом визначення нормованого значення збитку U_n згідно з правилами:

– якщо невиконання f_i призведе до катастрофічних наслідків, що пов'язані з загибеллю людей, то U_n =1;

– при відмові f_i можливе настання катастрофічних наслідків, але існує компенсуюча f_i, що виконується іншою підсистемою або поєднанням бортової ІКС ЛА і членів екіпажа, в такому випадку U_n = 0,75;

– в результаті відмови f_i можливе настання катастрофічних наслідків, але існує аналогічна функція безпеки, що виконується іншою підсистемою, наприклад, резервним контуром, то U_n = 0,5;

– у разі невиконання f_i, пов'язаної з проведенням самодіагностики, можливе настання катастрофічних наслідків, але існують інші канали або підсистеми, які дозволяють отримати інформацію про порушення працездатного стану даної підсистеми, то U_n = 0,25;

– якщо при відмові f_i катастрофічні наслідки не настають, то $U_n = 0$.

3. Кожна f_i з показником збитку $U_n \neq 0$ являється критичною функцією f_n^*, для якої з графу $G(a)$ виділяються часткові підграфи G_n, що містять усі елементи a_k, які реалізують f_n^*. Критичні функції піддаються декомпозиції на множину $\{Z_n\}$ критичних задач (КЗ).

4. Визначається кратність використання окремих елементів підсистем бортової ІКС ЛА. Для f_n^* формуються матриці критичності $M_{\text{КР}n}$ (z_{jn}, a_k), елементи m_{jk} яких на перетині рядків (відповідають певним КЗ z_{jn}) із стовпцями (відповідають елементам a_k аналізованого підграфа) заповнюються числовими значеннями відповідно до правил:

– якщо відмова елементу a_k не впливає на виконання f_n^* підсистеми бортової ІКС ЛА, то $m_{jk} = 0$;

– у випадку настання частково працездатного стану підсистеми бортової ІКС ЛА, що є результатом відмови елементу a_k, наприклад, погіршення важливих характеристик виконання f_n^* підсистемою, яке не призведе до небезпечного стану або до катастрофічних наслідків для об’єкта, в якому використовується ця система, $m_{jk} = 0{,}5$;

– якщо має місце відмова елементу a_k, що призведе до критичного стану функціональну підсистему бортової ІКС ЛА і до катастрофічного збитку для об’єкта управління, то $m_{jk} = 1$;

– якщо для виконання КЗ z_{jn} використовуються d паралельно включених однотипних структурних елементів a_k, що входять в аналізований підграф G_n, то m_{jk} набуде значення в d разів менше, ніж те, що визначається за трьома вищеописаними правилами.

5. Визначається нормоване значення ступеню критичності кожного елементу a_k підсистем бортової ІКС ЛА – показника кратності критичності

$$\nu_k = \frac{m_{\Sigma k}}{m_{\Sigma n}},$$

де $m_{\Sigma k}$ – абсолютне значення величини критичності елементу, визначене шляхом сумування значень усіх елементів m_{jk} k-того стовпця матриці $M_{\text{КР}n}$ (z_{jn}, a_k);
$m_{\Sigma n}$ – сумарне значення критичності усіх елементів, визначене шляхом сумування значень $m_{\Sigma k}$ усіх елементів a_k, що утворюють функціональну підсистему.

Оцінювання комплексного показника функціональної безпеки $Fs(f_n^*)$ окремої функціональної підсистеми бортової ІКС ЛА, що виконує одну з f_n^*, виконується згідно з виразом

$$Fs(f_n^*) = 1 - \nu_{\Sigma n} R_n,$$

де $\nu_{\Sigma n}$ – питома сумарна критичність f_n^* підсистеми бортової ІКС літального апарату, яка визначається для повної множини критичних функцій f_n^* підсистеми виразом

$$v_{\Sigma n} = \frac{m_{\Sigma n}}{\sum_{j=1}^{n} m_{\Sigma j}},$$

де $m_{\Sigma j}$ – сумарний показник кратності критичності по усій множині f_n^*,

R_n – ризик, пов'язаний з f_n^*, що визначається виразом

$$R_n = P_{On} U_n,$$

де P_{On} – ймовірність експлуатаційної відмови f_n^*, що визначається методом аналізу структурної схеми надійності відповідної функціональної підсистеми, який враховує усі можливі варіанти її структурної організації для виконання критичних задач;

U_n – показник збитку при відмові f_n^*.

Розглянутий порядок проведення оцінювання і результати розрахунку ФБ системи автоматичного управління силовою установкою (САУСУ) як підсистеми бортової ІКС літака типу Ан-148.

У третьому розділі запропоновано використання уніфікованого ОЯ здатного до реконфігурації для забезпечення необхідного рівня ФБ та розглянуто функціонально-архітектурне представлення моделі бортової ІКС літального апарату з обчислювальним ядром, здатним до реконфігурації. Представлені в другому розділі моделі дають змогу описати процес функціонування, проаналізувати обчислювальну продуктивність і оцінити рівень надійності та ФБ запропонованого варіанту побудови бортової ІКС ЛА.

Обґрунтовано використання моделі повного життєвого циклу безпеки бортової ІКС ЛА як складної програмованої електронної системи, пов'язаної з безпекою, для виконання дій, спрямованих на досягнення необхідного рівня ФБ. Виділено основні етапи ЖЦ важливі з точки зору забезпечення заданого рівня ФБ бортової ІКС ЛА для підвищення адекватності проведення аналітичного огляду множини існуючих моделей і методів аналізу, оцінювання, забезпечення ФБ цього класу систем. Це дозволяє звузити області наукових досліджень для досягнення більшої вірогідності результатів удосконалення існуючих і розробки нових методів забезпечення надійності та ФБ новостворюваних систем.

Приведені етапи реалізації метода забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на етапі проектування визначають доцільність використання моделей та метода оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА з обчислювальним ядром, здатним до реконфігурації, яка полягає у підвищенні рівня функціональної безпеки у порівнянні з існуючим варіантом побудови бортової ІКС, про що можна судити з отриманих оцінок функціональної безпеки бортової ІКС для різних f_n^* САУСУ-148 (рис. 4, 5).

У випадку отримання значень показників надійності та ФБ, які не задовольняють встановленим вимогам, визначена процедура синтезу варіантів архітектурної та структурної побудови AS_{ij} обчислювальної підсистеми бортової ІКС ЛА з послідуючим їх аналізом, повторним оцінюванням відповідних показників

і вибором найбільш доцільного варіанту побудови, що задовольнятиме встановленим вимогам.

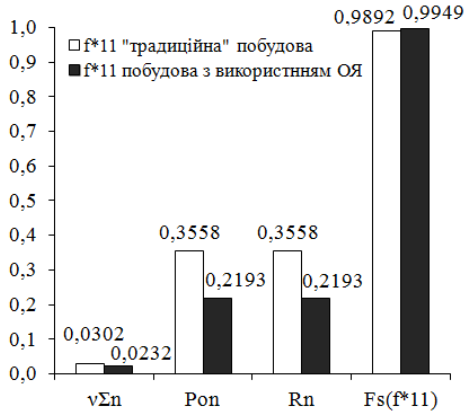

Рис. 4. Показники ФБ САУСУ-148 при різних варіантах її побудови

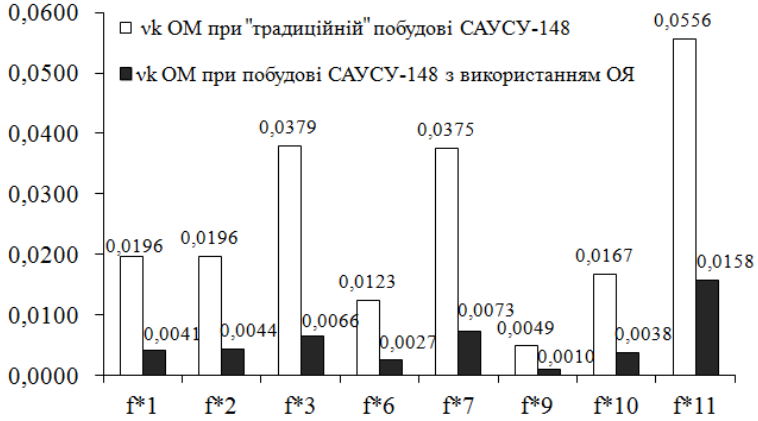

Рис. 5. Нормовані показники ступеню критичності ОМ САУСУ-148 при різних варіантах її побудови

В рамках процедури синтезу запропонованих варіантів AS_{ij} на основі ОЯ, здатного до реконфігурації, проведений аналіз меж доцільності їх застосування при різних інтенсивностях відмов ОМ.

Зокрема, на рис. 6 приведено порівняння оцінок ФБ для f_{11}^{*} САУСУ-148 запропонованого варіанту побудови обчислювальної підсистеми у вигляді ОЯ на основі мікропроцесорів (МП) AS_{21} та існуючого варіанту побудови дубльованої обчислювальної підсистеми на основі МП AS_{11}.

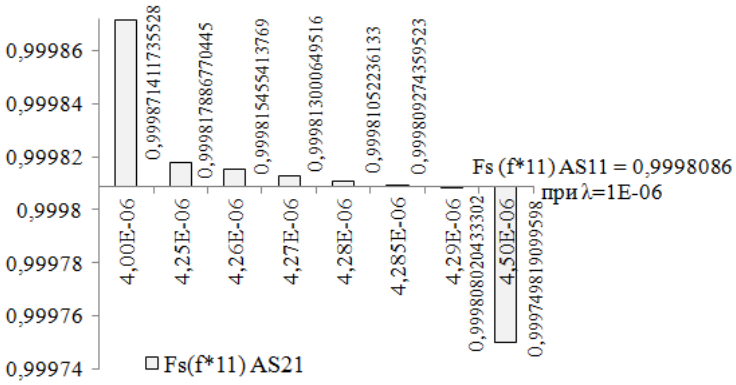

Рис. 6. Діапазон інтенсивності відмов МП для AS_{21}, що визначає доцільність застосування обчислювального ядра в складі бортової ІКС

Доцільність застосовування варіанту побудови AS_{21} в порівнянні з AS_{11} визначається умовою $Fs(f_{11}^{*})_{AS_{21}} > Fs(f_{11}^{*})_{AS_{11}}$, якщо в складі ОЯ бортової ІКС використовуються уніфіковані ОМ з умовою до інтенсивності відмов МП $\lambda_{\text{МП}\,AS_{21}} < 4{,}28\lambda_{\text{МП}\,AS_{11}}$ при $\lambda_{\text{МП}\,AS_{11}} = 10^{-6}$.

На рис. 7 показані результати аналізу меж доцільності застосування запропонованого варіанту побудови обчислювальної підсистеми бортової ІКС AS_{23}, що побудована у вигляді ОЯ на основі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), в порівнянні з існуючим варіантом побудови дубльованої обчислювальної підсистеми на основі ПЛІС AS_{14} для f_{11}^{*} САУСУ-148 при використанні уніфікованих ОМ в складі обчислювального ядра бортової ІКС з умовою до інтенсивності відмов ПЛІС $\lambda_{\text{ПЛІС}\,AS_{23}} < 21{,}5\lambda_{\text{ПЛІС}\,AS_{14}}$ при $\lambda_{\text{ПЛІС}\,AS_{14}} = 10^{-7}$.

Представлені результати методу забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на наступних етапах експлуатації: підготовчого перед польотом, польоту, обслуговування ЛА після польоту з урахуванням характерних для них особливостей:

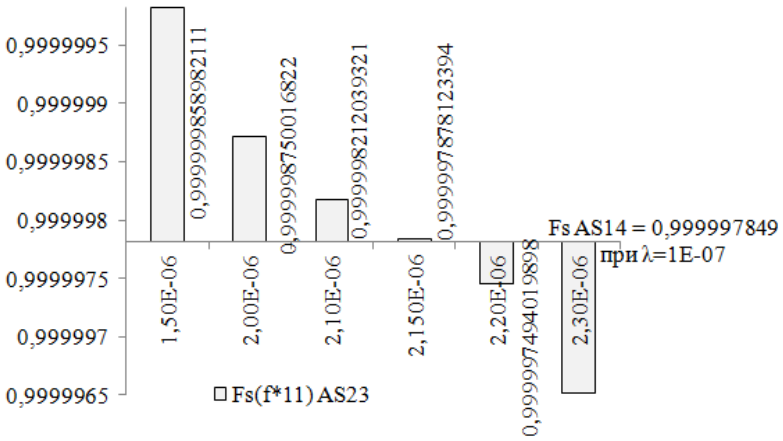

Рис. 7. Діапазон інтенсивності відмов ПЛІС для AS_{23}, що визначає доцільність застосування обчислювального ядра в складі бортової ІКС

1. Під час підготовчого етапу перед польотом для досягнення заданого рівня ФБ виконується послідовність дій за алгоритмом приведеним на рис. 8. При умові недосяжності необхідних рівнів ФБ після всіх можливих ітерацій приведеного алгоритму приймається рішення про неготовність ЛА до польоту або обирається варіант з найвищими показниками ФБ по найбільш критичних функціях підсистем з наступним внесенням скорегованих значень вагових коефіцієнтів критичності, що визначаються на етапі проектування розробниками. Така послідовність дій виконується, поки не буде отриманий варіант реконфігурації ОЯ бортової ІКС ЛА, що задовольняє умовам найбільш безпечного її функціонування або буде прийнятий обслуговуючим персоналом та екіпажем.

2. На етапі польоту для досягнення заданого рівня ФБ послідовність дій аналогічна приведеній за алгоритмом з рис. 8, але після прийняття рішення щодо реконфігурації бортової ІКС літальних апаратів, проводиться оцінювання можливості архітектурної та структурної побудови ОЯ бортової ІКС літальних апаратів і визначення моментів, в які це можливо здійснити.

Запропонована процедура вибору варіанту функціонування ОЯ бортової ІКС літального апарату при різних рівнях продуктивності та розподілу ОР для досягнення максимально можливих показників ФБ бортової ІКС літальних апаратів при умові, що в певний момент часу ОЯ функціонує при заданих продуктивності J_Σ, множинах паралельних потоків обчислень $\{J'\}$ і $\{J''\}$ необхідних для обробки критичних і не критичних функцій відповідно, кількості обчислювальних модулів в ОЯ. Даною процедурою визначені правила функціонування обчислювального ядра бортової ІКС ЛА при різних рівнях продуктивності внаслідок зміни працездатності ОМ.

3. Під час обслуговування ЛА після польоту забезпечення ФБ бортової ІКС ЛА зводиться до наступного:

– після виконаного польоту з урахуванням експертних оцінок і правил прийняття рішень щодо забезпечення ФБ бортової ІКС ЛА аналізується інформація з бортової бази даних по надійності та ФБ елементів і підсистем під час експлуатації ЛА, а також проводиться оцінювання цих властивостей для варіантів реконфігурації ОЯ, що застосовані при порушенні нормального функціонування окремих підсистем бортової ІКС ЛА;

– якщо вимоги до всіх показників ФБ бортової ІКС під час експлуатації ЛА виконані, то проводиться оновлення існуючої бази даних про дозволені варіанти реконфігурації ОЯ, в іншому випадку проводиться тестування підсистем бортової ІКС ЛА для виявлення несправностей їх елементів або збоїв у роботі ПЗ з метою їх усунення, після чого повторно проводиться оцінювання ФБ і приймається рішення про можливість подальшої безпечної експлуатації ЛА.

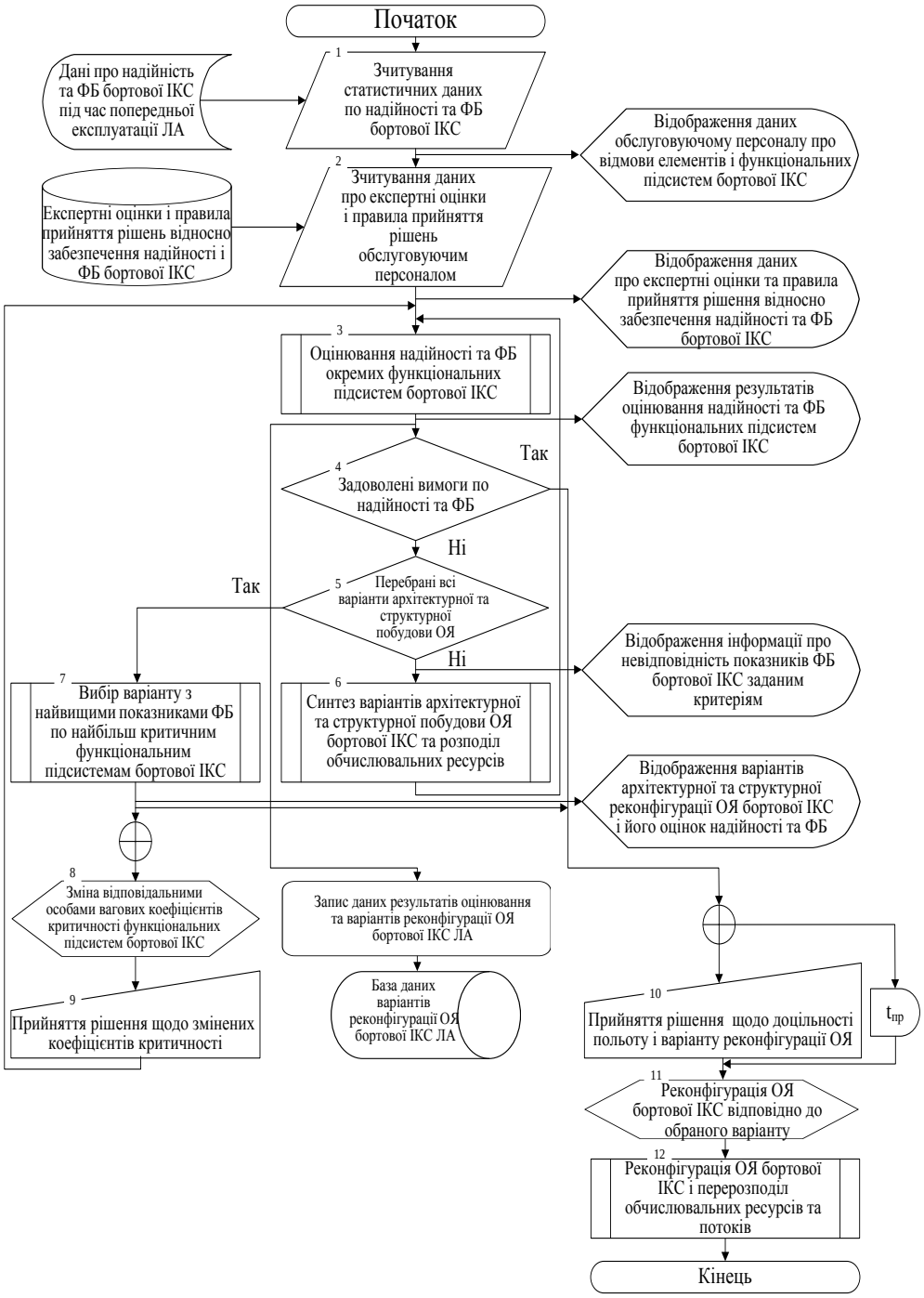

Рис. 8. Спрощена блок-схема реалізації методу забезпечення ФБ бортової ІКС ЛА під час передпольотної підготовки

У четвертому розділі наведено результати розробки інформаційних технологій аналізу, оцінювання і забезпечення ФБ бортових ІКС ЛА на різних етапах ЖЦ. Схема взаємодії інформаційних потоків, процесів, інструментальних засобів ІТ аналізу і оцінювання ФБ бортових ІКС ЛА приведена на рис. 9 і є основою для ІТ підтримки прийняття рішень щодо забезпечення ФБ бортових ІКС ЛА на етапах проектування та експлуатації.

Особливість ІТ підтримки прийняття рішень щодо забезпечення ФБ бортових ІКС ЛА на етапі проектування полягає в тому, що після аналізу і оцінювання ФБ бортової ІКС ЛА здійснюється перевірка дотримання заданих вимог до

ФБ для зміни архітектури та структури бортової ІКС ЛА у випадку невиконання вимог, а на етапі експлуатації – після оцінювання рівня ФБ підсистем бортової ІКС ЛА здійснюється індикація для екіпажу варіантів забезпечення заданого або максимально можливого рівня ФБ і надання можливості прийняття рішень щодо вибору відповідних варіантів.

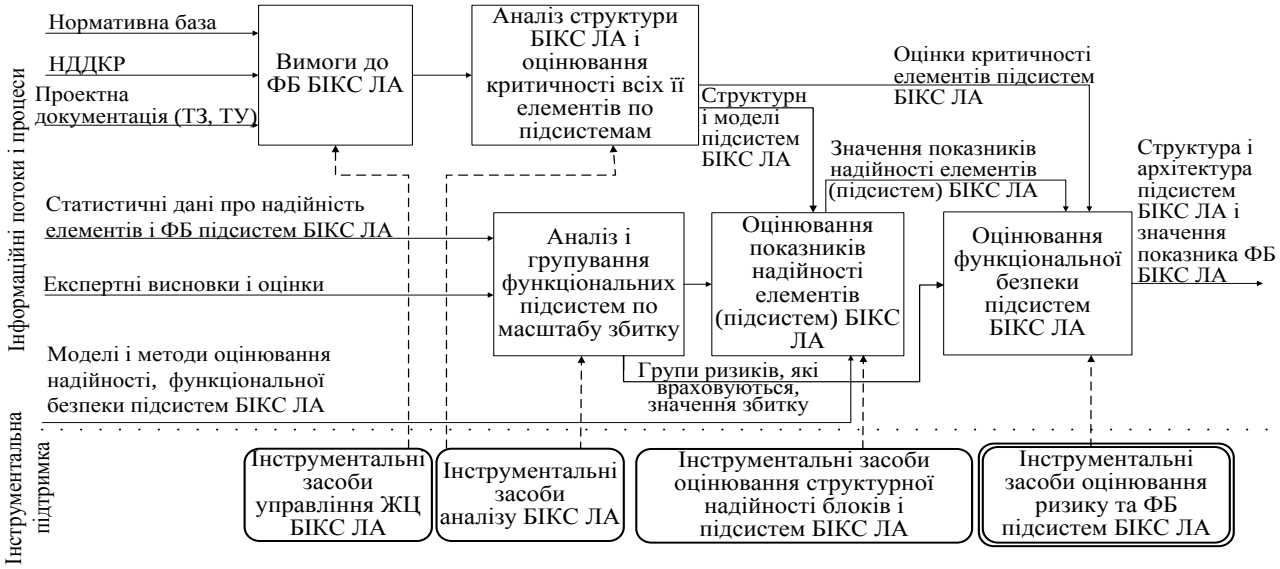

Рис. 9. Схема взаємодії інформаційних потоків, процесів, інструментальних засобів інформаційної технології аналізу і оцінювання ФБ бортових ІКС ЛА

Розроблені моделі та методи оцінювання і забезпечення ФБ бортових ІКС ЛА на етапі проектування реалізовані в якості інструментальних програмних засобів. Запропонована концепція інструментального засобу, що реалізує ІТ підтримки прийняття рішень по забезпеченню ФБ бортової ІКС ЛА на етапі експлуатації. Приведені можливі напрями досліджень з розвитку і удосконалення запропонованих моделей, методів, ІТ, а також інструментальних програмних засобів для забезпечення ФБ бортових ІКС ЛА.

У **додатках** наводяться результати застосування запропонованого методу оцінювання ФБ для різних підсистем бортової ІКС літака Ан-148, оцінки ризику та ФБ для різних варіантів архітектурної та структурної побудови бортової ІКС ЛА й аналіз доцільності їх застосування, а також матеріали щодо впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена розв’язанню науково-практичної задачі розробки і вдосконалення моделей і методів оцінювання та забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів для створення інформаційних технологій аналізу, оцінювання і забезпечення заданого або максимально можливого рівня функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на різних етапах життєвого циклу. Основні результати роботи полягають в наступному:

1. Відзначена важливість процесу оцінювання та забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА. Проаналізовано існуючі моделі й методи оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, зроблено висновок про доцільність розвитку та удосконалення теоретичних і прикладних засад побудови та впровадження інформаційних технологій на різних етапах життєвого циклу.

2. Обґрунтовано доцільність застосування моделі оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, що дістала подальший розвиток та базується на їх функціональному та архітектурному описі, враховує розподіл інформаційних потоків між елементами систем, дозволяє проводити аналіз продуктивності підсистеми переробки інформації. Одержано метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, який враховує структурну надійність підсистем, функціональну критичність окремих елементів та дозволяє отримати якісну і комплексну кількісну оцінки функціональної безпеки.

3. Удосконалено метод забезпечення функціональної безпеки бортової ІКС ЛА на різних етапах життєвого циклу на основі моделі та методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів з обчислювальним ядром, здатним до реконфігурації. Використання даного методу дозволяє оптимізувати проведення реконфігурації інформаційно-обчислювальних та інформаційно-керуючих процесів окремих підсистем за результатами оперативного контролю функціональної безпеки відповідних функціонально-інформаційних потоків та забезпечити заданий або максимально можливий рівень безпеки бортових ІКС літальних апаратів.

4. Розроблено інформаційну технологію на основі методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, що враховує їх архітектурну неоднорідність, реальну структурно-топологічну схему виконання обробки інформації, рівень критичності окремих елементів. Розроблено інформаційну технологію на основі методу забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на етапі проектування, яка дозволяє в інтерактивному режимі виділити найбільш критичні елементи та спрогнозувати зміну показників функціональної безпеки при реконфігурації системи. Запропоновано ІТ підтримки прийняття рішень по забезпеченню ФБ бортових ІКС ЛА на етапі експлуатації, яка дозволить підтримувати безпечне функціонування системи в умовах відмов.

5. Основні положення дисертації реалізовані у вигляді розрахункових моделей, інженерних методів, алгоритмів та впроваджені в процеси оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів. Результати дисертації використовуються організаціями й підприємствами, які займаються розробкою та модернізацією інформаційно-керуючих систем критичного застосування – ТОВ «Телекарт-Прилад» (м. Одеса), НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» ДНВП «Об’єднання Комунар» (м. Харків), а також в навчальних процесах Державної льотної академії України (м. Кіровоград) і Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Метод анализа и оценивания функциональной безопасности авиационных бортовых информационно-управляющих систем / В. С. Похил, А. В. Харыбин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – Вип. 5(39). – С. 70-76.

Здобувачем запропоновано метод оцінювання функціональної безпеки бортової ІКС літального апарату і проведено аналіз критичності окремих елементів та оцінювання функціональної безпеки підсистеми зв'язного і обчислювального обладнання бортової ІКС Ан-148.

2. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Удосконалений метод аналізу й оцінювання функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем повітряного судна / В. С. Похил // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – Вип. 2(22). – С. 136-142.

3. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Аналіз підходів до контролю й забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем авіації / В. С. Похил // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2010. – Вип. 3(15). – С. 115-121.

4. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Методы оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов / В. С. Похил, А. В. Харыбин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. –2010. – Вип. 7(48). – С. 278-282.

Здобувачем визначено основні принципові положення методу забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА, а також загальна концепція інформаційної технології забезпечення їх функціональної безпеки.

5. Похил В. С. (Кулинич 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 Збройних Сил України. – 2010. – Вип. 2 (4). – С. 65-70.

6. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Метод забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів на етапі їх експлуатації / В. С. Похил // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – Вип. 3 (23). – С. 68-74.

7. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Модели и методы обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов на разных этапах их жизненного цикла / В. С. Похил // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2011. – Вип. 2 (18). – С. 142-151.

8. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Методы анализа, оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов на основе функционально-архитектурного моделирования / В. С. Похил, А. В. Харыбин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – Вип. 6(58). – С. 281-285.

Здобувачем описано розподіл обмежених обчислювальних ресурсів обчислювальних модулів для забезпечення виконання функцій безпеки.

9. Pohyl V. (Kulynych V.) Methods of Assuring the Functional Safety of Air-

craft On-Board Instrumentation & Control Systems in Their Life Cycle / V. Pohyl, A. Kharybin// International Journal «Information & Security». – 2012. – Vol. 28, Num. 2. – P. 296-312.

Здобувачем розроблені основні положення удосконаленого метода забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на етапі проектування.

10. Кулинич В. С. Информационные технологии анализа, оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов на этапе их проектирования / В. С. Кулинич // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – Вип. 3 (23). – С. 172-179.

11. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Обеспечение живучести распределенных информационно-управляющих систем при заданном уровне функциональной безопасности управляемого объекта / В. С. Похил, А. В. Харыбин, О. Н. Одарущенко // Информационные компьютерные технологии и системы: междунар. конф, 22-24 окт. 2008 г.: науч. труды 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2008. – С. 117-118.

Здобувач дослідив підхід до визначення найбільш критичних елементів інформаційно-керуючих систем з точки зору функціональної безпеки.

12. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Методы оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем авиации / В. С. Похил, А. В. Харыбин // Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании «Инфотех -2009»: междунар. науч.-практ. конф.: тезисы докл. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – С. 366-369.

Здобувачем розроблений метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС ЛА на основі аналізу критичності окремих елементів.

13. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Метод оценивания функциональной безопасности информационно-управляющих систем бортовой авионики / В.С. Похил // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: міжнар. наук.-практ. конф., 19-21 трав. 2010 р.: тези доповідей. – Вінниця: ВНТУУ, 2010. – С. 243-244.

14. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Информационная технология и методы обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов / В. С. Похил // Автоматика-2010: 17 міжнар. конф. з автоматичного управління, 27-29 верес. 2010 р.: тези доповідей. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – Том 2. – С. 63-64.

15. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Подход к обеспечению функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем авиации / В.С. Похил // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем: V міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 жовт. 2010 р.: тези доповідей. – Кіровоград: ДЛАУ, 2010. – С. 69-71.

16. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Информационная технология обеспечения функциональной безопасности информационно-управляющих систем критического применения / В.С. Похил, Я.В. Балашова // Системний аналіз. Інформати-

ка. Управління (САІУ-2011): ІІ Всеукраїнська наук.-практ. конф., 10–11 берез. 2011 р.: тези доповідей. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – С. 160-162.

Здобувачем розроблена схема взаємодії інформаційних потоків, процесів та інструментальних засобів інформаційної технології забезпечення функціональної безпеки бортової ІКС повітряного судна.

17. Похил В. С. (Кулинич В. С.) Обеспечение функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов с использованием реконфигурируемого вычислительного ядра / В. С. Похил, А. В. Харыбин // Інформаційні технології та інформаційна безпека в науці, теніці та навчанні «ІНФОТЕХ-2011»: міжнар. наук.-практ. конф., 05-10 верес. 2011 р.: тези доповідей. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 174-175.

Здобувачем запропоновано використання обчислювального ядра, здатного до ре конфігурації, для забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА.

18. Pohyl V. (Kulynych V.) The method and information technology of the onboard ICS'S functional safety estimation and providing / V. Pohyl, A. Kharybin // Critical Infrastructure Safety and Security (CrISS-DESSERT 2011): the first International Workshop, 11 – 13 may 2011: proceedings. – Kharkiv, 2011. – P. 315-318.

Здобувач дослідив методи оцінювання та забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС ЛА з використанням обчислювального ядра, здатного до реконфігурації, та принципи реалізації відповідної інформаційної технології.

АНОТАЦІЇ

Кулинич Вікторія Станіславівна. Методи і моделі оцінювання та забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем літальних апаратів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2013.

Дисертація присвячена розробці та вдосконаленню моделей, методів оцінювання і забезпечення функціональної безпеки бортових інформаційно-керуючих систем (ІКС) літальних апаратів, які є основою для інформаційних технологій аналізу, оцінювання і підтримки прийняття рішень по забезпеченню функціональної безпеки на різних етапах життєвого циклу. Одержано метод оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, який враховує структурну надійність їх підсистем і функціональну критичність окремих елементів, дозволяє отримати якісну і кількісну оцінки зазначеної властивості. Дістала подальший розвиток модель оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів, яка ґрунтується на їх функціональному та архітектурному описі, враховує розподіл обчислювальних ресурсів та дозволяє проводити аналіз продуктивності обчислювальної підсистеми. Удосконалено метод забезпечення функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів на різних етапах життєвого циклу, що базується на використанні моделі та методу оцінювання функціональної безпеки бортових ІКС літальних апаратів з обчислювальним ядром, здатним до реконфігурації, дозволяє оптимізувати

проведення реконфігурації необхідних процесів за результатами оперативного контролю функціональної безпеки відповідних функціонально-інформаційних потоків та забезпечити її заданий або максимально можливий рівень.

Ключові слова: бортова інформаційно-керуюча система, літальний апарат, функціональна безпека, ризик, збиток, модель і метод оцінювання, метод забезпечення, реконфігурація, інформаційна технологія.

Кулинич Виктория Станиславовна. Методы и модели оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем летательных аппаратов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2013.

Диссертация посвящена разработке и усовершенствованию моделей и методов оценивания и обеспечения функциональной безопасности бортовых информационно-управляющих систем (ИУС) летательных аппаратов (ЛА), являющихся основой для информационных технологий анализа, оценивания и обеспечения заданного или максимально возможного уровня функциональной безопасности бортовых ИУС ЛА на различных этапах жизненного цикла.

Впервые получен метод оценивания функциональной безопасности бортовых ИУС ЛА, который, в отличие от существующих, учитывает структурную надежность соответствующих подсистем бортовых ИУС ЛА и функциональную критичность ее отдельных элементов для выполнения функций безопасности этих систем, что позволяет получить качественные и количественные оценки функциональной безопасности. Это в свою очередь дает возможность производить обоснованный выбор элементов, обеспечению безотказности которых необходимо уделять наибольшее внимание на всех этапах жизненного цикла ИУС. Применение разработанного метода позволяет учесть реальную структурно-топологическую схему выполнения вычислительных процессов и обработки информации в функциональной подсистеме, а также определить показатель ущерба при отказе функций, связанных с безопасностью.

Получила дальнейшее развитие модель оценивания функциональной безопасности бортовых ИУС летательных аппаратов, основанная на ее функциональном и архитектурном описании, учитывающая, в отличие от существующих, распределение информационных потоков между элементами системы и позволяющая проводить анализ производительности вычислительной подсистемы и оценивание показателей надежности и функциональной безопасности бортовых ИУС летательных аппаратов в целом.

Усовершенствован метод обеспечения функциональной безопасности бортовых ИУС летательных аппаратов на различных этапах жизненного цикла, базирующийся на использовании модели и метода оценивания функциональной безопасности бортовых ИУС летательных аппаратов с реконфигурируемым вычислительным ядром, позволяющий оптимизировать проведение реконфигурации информационно-вычислительных и информационно-управляющих про-

цессов отдельных функциональных подсистем по результатам оперативного контроля функциональной безопасности соответствующих функционально-информационных потоков и обеспечить её заданный или максимально возможный уровень для бортовых ИУС летательных аппаратов.

Результаты внедрены в ООО «Телекарт-Прибор» (г. Одесса), НТ СКБ «ПОЛИСВИТ» ГНПП «Объединение Коммунар» (г. Харьков), а также в учебные процессы Государственной летной академии Украины (г. Кировоград) и Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка при подготовке учебных дисциплин «Компьютерные системы», «Надежность и отказоустойчивость компьютерных систем и сетей», «Методы и средства компьютерных информационных технологий».

Ключевые слова: бортовая информационно-управляющая система, летательный аппарат, функциональная безопасность, риск, ущерб, модель и метод оценивания, метод обеспечения, реконфигурация, информационная технология.

Kulynych Viktoriia Stanislavivna. The methods and models of the aircraft on-board instrumentation and control systems functional safety assessment and assurance. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences on speciality 05.13.06 – information technology. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, 2013.

Dissertation is devoted to the development and improvement of models, methods and information technologies of the aircraft on-board instrumentation and control systems (ICS) functional safety assessment and assurance. Scientific results are: method of the aircraft on-board ICS functional safety assessment, which taking into account the subsystems structural reliability and functional criticality of separate elements that allows to get qualitative and quantitative assessment of the functional safety; aircraft on-board ICS functional safety assessment model, based on its functional and architectural description, taking into account information flows allocation between the elements of the system and allows to analyze computing subsystem performance has been developed; advanced method of the aircraft on-board ICS functional safety assurance at the different life cycle stage based on the using of the aircraft onboard ICS with reconfigurable computing core functional safety assessment model and method allows to optimize reconfiguration of the some processes according to functional safety results of the corresponding functional-information flows by operational control and provide the aircraft on-board ICS functional safety required or maximum level.

Key words: aircraft on-board instrumentation and control system, functional safety, risk, harm, assessment model and method, assurance method, reconfiguration, information technology.