

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.861.05
Державного університету інформаційно-
комунікаційних технологій

03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

ВІДГУК
офіційного опонента

завідувача Спеціальної кафедри № 5 Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктора технічних наук, професора Субача Ігоря Юрійовича на дисертацію Коваленко Юлії Борисівни за темою: «Інформаційна підтримка процесу проектування та експлуатації комплексу бортового обладнання інтегрованої модульної авіоніки», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційного дослідження.

З огляду на трансформаційні процеси у галузі авіоніки, які супроводжуються широким впровадженням архітектур на базі інтегрованої модульної авіоніки (ІМА), зростає потреба в ефективних інформаційних рішеннях, що забезпечують підтримку процесів життєвого циклу даних систем – від етапу функціонально-структурного синтезу до експлуатаційного супроводу та модернізації.

Особливу актуальність становить потреба у створенні моделей, методів та інформаційних технологій, здатних забезпечити формалізований підхід до розподілу функціональних ресурсів, оцінки безпеки, відмовостійкості та ефективності ІМА в умовах зміни конфігурацій, включаючи реконфігурацію обчислювальних модулів у реальному часі.

Дисертація Коваленко Ю.Б. відповідає сучасним науково-технічним викликам та спрямована на вирішення важливої прикладної проблеми — побудови комплексної інформаційної підтримки процесу проєктування та експлуатації ІМА. Робота охоплює важливі аспекти проєктування структур функцій, тестування, резервування, діагностики та підвищення надійності засобів бортового обчислювального комплексу.

Результати аналізу наукових джерел на які спирається автор, свідчать про високу інтенсивність досліджень у сфері надійності та управління обчислювальними ресурсами авіоніки. Проте цілісна концепція наскрізної інформаційної підтримки ІМА з урахуванням специфіки її модульної архітектури, потреб у реконфігурованості та автоматизованому аналізі функціональних властивостей систем у режимі експлуатації, не була системно реалізована.

Дисертаційна робота Коваленко Ю.Б. відповідає зазначеним запитам і демонструє високий рівень науково-технічного розв'язання важливої прикладної проблеми інформаційної підтримки інтегрованої модульної авіоніки, що сприяє подальшому розвитку відповідного напрямку інформаційних технологій в авіаційній галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тематика дисертаційної роботи та одержані результати безпосередньо пов'язані з: «Основними науковими напрямами та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних наук НАН України на 2019-2023 роки» (затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 11.01.2018 № 13); Стратегією розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1656; Державною цільовою науково-технічною програмою розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки, схваленою Постановою Кабінету Міністрів України від 1 вересня 2021 р. № 951; науково-дослідною роботою № 5-2024/18.02 «Система забезпечення кібербезпеки та стійкості об'єктів критичної інфраструктури» Державного некомерційного підприємства Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації

У роботі використано методологічний апарат системного аналізу та теорії управління для формалізації процесу проєктування ІМА, логіко-

імовірнісні та статистичні методи для оцінки безвідмовності й відмовостійкості елементів обчислювальної системи, методи дискретної математики та теорії графів для побудови структурно-функціональних моделей, методи теорії обробки спостережень для аналізу результатів експериментів, методи аналітичного та математичного моделювання для створення моделей процесів, а також методи програмної інженерії для реалізації інформаційної технології підтримки проектування та експлуатації бортового обладнання.

Все вищезазначене дає змогу говорити про значну обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, переліку умовних позначень, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (130 найменувань на 14 сторінках) і додатків (на 8 сторінках).

Основний текст роботи викладено на 300 сторінках, рисунків – 58, таблиць – 28. Загальний обсяг роботи становить 320 сторінок.

У вступі обґрунтовується актуальність роботи, ставиться наукова проблема і мета, відповідно до яких формулюються завдання дослідження. Наведено наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів, інформацію щодо опублікованих за темою дисертації робіт і апробацію на конференціях.

У першому розділі проаналізовані сучасні засоби інформаційної підтримки процесу проектування та експлуатації комплексу бортового обладнання. Проведено аналіз розвитку структур комплексу бортового обладнання (КБО), показано як проблеми незалежної і федеративної архітектури привели до створення та розвитку концепції інтегрованості модульної авіоніки.

Для вирішення поставленого завдання запропоновано використовувати концепцію ієрархічної переваги структури функцій над структурами програмного забезпечення (ПЗ) і апаратного забезпечення (АЗ). Також, розглянуто основи побудови архітектури перспективних обчислювальних систем (ОС) ІМА, наведено порівняльну характеристику принципів побудови архітектури ОС різних виробників, розглянута мережева організація міжмодульного внутрішнього інтерфейсу.

На основі проведеного аналізу систем контролю та їх алгоритмічного забезпечення, зроблено висновок про необхідність розробки універсального

алгоритмічного засобу контролю та діагностики стану сучасних вимірювальних комплексів.

У другому розділі наведено метод і моделі процесу проектування та експлуатації комплексу бортового обладнання ІМА.

У третьому розділі запропоновано математичне й алгоритмічне забезпечення інформаційного процесу автоматизованого проектування комплексу бортового обладнання інтегральної модульної авіоніки для підвищення достовірності контролю обчислювальної системи ІМА.

Четвертий розділ присвячений вирішенню таких задач, як: розробка системи підвищення відмовостійкості бортового радіоелектронного обладнання (БРЕО) на основі теорії функціональних систем; синтез та аналіз евристичної процедури виявлення погіршення технічного стану на основі оцінювання параметрів моделі змін показників надійності; синтез та аналіз евристичної процедури виявлення погіршення технічного стану на основі апроксимації емпіричних даних для стрибкоподібної моделі; синтез та аналіз послідовної процедури виявлення погіршення технічного стану; отримання оцінок параметрів погіршення технічного стану на основі методу максимальної правдоподібності для стрибкоподібної, лінійної та квадратичної моделей.

У п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень та результатів моделювання роботи елементів і пристроїв ОС ІМА.

У висновках робиться підсумок виконаних досліджень, в чіткій і зрозумілій формі наводиться перелік результатів і досягнень, що містяться в дисертаційній роботі.

Додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації та акти впровадження результатів роботи.

Структура дисертаційної роботи є логічною, послідовною, і добре відображає зміст виконаних досліджень.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

- удосконалено метод підтримки процесу проектування ІМА, який за рахунок виокремлення етапів: ескізного проектування, формуванні вимог процесу оцінки безпеки, верифікації процесу оцінки безпеки та виділення окремої проектної процедури генерування структури функцій КБО, дозволяє формалізувати процес визначення множини параметрів для побудови комплексів бортового обладнання нового покоління;

- удосконалено модель процесу проектування КБО ІМА, яка за рахунок узагальнених функцій верхнього рівня та первинних даних про їх структуру, окремої процедури процесу проектування формалізації та типізації структури функцій, дозволяє побудувати математичні методи підвищення надійності та відмовостійкості на ранніх стадіях проектування;
- вперше розроблено графову модель структури функцій КБО, в якій за рахунок стандарту IEEE 1149.1, зв'язуються множини вхідних і вихідних параметрів функцій та їх груп, та яка дозволяє визначати: необхідну кількість обчислювальних модулів; рівні гарантії проектування кожного модуля; кількість переданих по мережі даних параметрів; перелік функцій;
- вперше розроблена структурна модель процесу проектування складних автоматизованих систем управління (АСУ) КБО ІМА, яка за рахунок модернізації спеціалізованих контролерів універсальними модулями забезпечення незалежної роботи різних авіаційних систем та інтеграції підсистеми віртуальних з'єднань внутрішньої комутованої мережевої інфраструктури, при підтримці технологій AFDX і CAN, дозволяє обґрунтувати основні етапи та компоненти АСУ бортового обладнання та вирішити проблеми виявлення несправностей автоматизованих систем;
- вперше розроблена структурно-логічна модель уніфікованого автоматизованого робочого місця (АРМ), яка за рахунок застосування модульного принципу розділення модулів-тестів за функціональною залежністю кожного тестуючого елемента та процедури мажорювання результатів контролю кожного функціонального елемента ОС, дозволяє у сукупності підвищувати достовірність контролю обчислювальної системи ІМА;
- вперше розроблені методи оцінки ймовірності безвідмовної роботи структурно-логічної моделі уніфікованого АРМ обчислювальної системи ІМА, яка за рахунок аналітичних процедур реалізації процесів резервування на рівні однотипних функціональних модулів та окремої процедури кожного резервування на рівні ідентичних функціональних модулів контролю функціональних елементів обчислювальної ІМА, дозволяє у сукупності підвищити достовірність контролю її ОС;
- вперше розроблено інформаційну технологію (ІТ), яка за рахунок методу підтримки процесу проектування ІМА, моделей процесу проектування та графової моделі структури функцій КБО, та враховуючи структурну модель процесу проектування складних АСУ комплексу бортового обладнання ІМА, з врахуванням методів прогнозування, апріорно-

математичної моделі редукованої динамічної експертної системи, дозволяє підвищити відмовостійкість та надійність бортового обладнання ІМА.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження.

Отримані в дисертаційній роботі результати можуть бути використані для побудови та оптимізації структури функцій КБО, дозволяють ефективно провести роботи по формуванню структури комплексу на ранніх стадіях процесу проектування, що в результаті призводить до зниження кількості помилок на ранніх стадіях проектування; зниження трудовитрат на усунення помилок, які виникають на ранніх стадіях проектування; підвищення ефективності виконання робіт в рамках ескізного етапу проектування; скорочення загального часу проектування КБО та зниження вартості процесу проектування.

Запропоновані модель і метод підтримки процесів проектування ІМА впроваджено до складу ІТ АРМ, що дозволило формалізувати процедури вибору параметрів для побудови надійних та адаптивних авіаційних систем. Вони застосовані у дослідно-конструкторських роботах, спрямованих на моделювання структури функцій БРЕО.

Розроблена графова модель функціональної структури комплексу ІМА дозволила виконати прогнозування навантажень на мережі передачі даних, а також обґрунтовано оцінити необхідну обчислювальну потужність для проектування архітектури програмного й апаратного забезпечення.

Використання структурної моделі процесу проектування складних АСУ дало змогу виявити типові відмови підсистем ІМА та інтегрувати алгоритми діагностики, як на етапі цифрового моделювання, так і в рамках експлуатаційного моніторингу.

Результати дослідження впроваджено в навчальні плани підготовки магістрів і аспірантів Національного авіаційного університету за спеціальністю І72 «Телекомунікації та радіотехніка», а також у межах виконання науково-дослідної теми № 5-2024/18.02 «Система забезпечення кібербезпеки та стійкості об'єктів критичної інфраструктури».

Розроблена ІТ оцінювання відмовостійкості застосована у процесі верифікації працездатності АРМ контролю обчислювальної системи ІМА. Це забезпечило підвищення ефективності процедур тестування і локалізації збоїв у складі програмного та апаратного забезпечення під час його виготовлення і технічної експлуатації.

Алгоритми контролю та діагностики, запропоновані в дисертації, пройшли апробацію в лабораторних умовах з використанням

реконфігурованих діагностичних модулів. Результати експериментів підтвердили збільшення достовірності виявлення відмов у критичних режимах роботи бортових систем.

Упровадження отриманих в роботі наукових результатів підтверджується відповідним актом від 15.04.2025 року товариства з обмеженою відповідальністю «СІТОН ДІДЖИТАЛ», а також у навчальний процес Національного авіаційного університету на кафедрі телекомунікаційних та радіоелектронних систем (акт від 29.05.2024 р.).

Отже, результати дисертаційної роботи мають прикладну цінність і можуть бути використані при створенні, модернізації та експлуатації перспективних авіонічних систем, сприяючи підвищенню їх відмовостійкості, адаптивності та рівня кіберзахисту.

Повнота викладу основних результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження викладені у 41 науковій праці. Із них 30 статей – опубліковано у наукових журналах, з яких: 24 статті – у наукових фахових виданнях України, що включені до переліку, затвердженого МОН України; 5 статей – у виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі даних Scopus. За матеріалами доповідей на науково-технічних та науково-практичних конференціях опубліковано 11 тез доповідей.

Кількість і зміст опублікованих робіт дають змогу зробити висновок про достатню повноту викладення основних результатів дисертаційного дослідження.

Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно і зрозуміло. Матеріал викладено в чіткій логічній послідовності, наукова термінологія є загальновизнаною, розділи взаємопов'язані і в достатній мірі розкривають зміст проведених досліджень та їх результатів, висновків та рекомендацій, що забезпечує доступність сприйняття роботи. Наведені моделі, їх використання для розв'язання задач супроводжуються якісними ілюстраціями, таблицями й аналізом отриманих результатів. В роботі не виявлено елементів фальсифікації, фабрикації, компіляції, плагіату та запозичень, а використані ідеї і результати інших авторів мають відповідне посилання на джерело.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертаційна робота Коваленко Ю.Б. відповідає вимогам, що висуваються до наукових досліджень на здобуття ступеня доктора технічних наук. У ній представлено обґрунтовані наукові результати, які мають внутрішню узгодженість і сформульовані з дотриманням принципів наукової аргументації. Робота характеризується достатнім рівнем завершеності, що дозволяє розглядати її як таку, що може бути представлена до захисту.

Оформлення дисертації та реферату виконано відповідно до вимог чинних державних стандартів. Текст подано технічно коректною мовою з дотриманням термінологічної точності та стилістичної послідовності.

Відповідність реферату змісту дисертаційної роботи.

У тексті реферату відображено основні положення, зміст, результати та висновки виконаного дослідження.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи.

1. На мою думку, за обсягом та рівнем теоретичних і практичних досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів, а також відповідно до «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, в дисертаційній роботі вирішено не науково-прикладне завдання, як стверджує авторка дисертації, а прикладна проблема.

2. У другому розділі дисертації, присвяченому розробці методу підтримки процесу проектування інтегрованої модульної авіоніки, відсутній розгорнутий аналіз сценаріїв виникнення критичних режимів експлуатації, що обмежує можливість повного оцінювання життєздатності запропонованої методології в умовах багатофакторної невизначеності.

3. Вважаю, що побудова графової моделі структури функцій інтегрованої модульної авіоніки є важливим етапом дослідження, проте в роботі не деталізовано способи адаптації цієї моделі до сценаріїв із надзвичайно високим динамічним навантаженням на обчислювальну інфраструктуру.

4. У четвертому розділі дисертації, де представлено структурну модель процесу проектування складних автоматизованих систем управління комплексу бортового обладнання, недостатньо уваги приділено механізмам

валідації даних у реальному часі, що є критично важливим для практичного застосування в системах критичного призначення.

5. Метод резервування для підвищення відмовобезпеки і надійності, запропонований у межах системи автоматизованого супроводу, подано без достатнього аналізу альтернативних стратегій резервування, які застосовуються в авіаційній практиці.

6. Методика створення бази нечітких правил на основі діагностичної матриці (розділ 4, п. 4.3 дисертації) потребує більш детального опису.

7. У запропонованій автором інформаційній технології, яка реалізує наскрізну підтримку життєвого циклу інтегрованої модульної авіоніки, алгоритми оцінки достовірності результатів моделювання залишаються описаними загально та потребують подальшого уточнення.

8. Розділ 5 дисертації, що присвячений впровадженню розробленої технології, не містить докладного аналізу інтеграційної сумісності з існуючими CAD/CASE-середовищами, які застосовуються на підприємствах авіаційної промисловості.

Разом з тим, зазначені зауваження не знижують наукової цінності, теоретичної вагомості та практичної значущості виконаного дослідження і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи в цілому.

Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Вважаю, що дисертаційна робота Коваленко Юлії Борисівни на тему «Інформаційна підтримка процесу проєктування та експлуатації комплексу бортового обладнання інтегрованої модульної авіоніки», відповідає формулі й галузі досліджень паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології, є завершеною науковою працею, виконаною на високому науковому і методичному рівнях, в якій представлені нові наукові результати, спрямовані на вирішення важливої прикладної наукової проблеми.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем теоретичних і практичних досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, науковою новизною та практичною цінністю, змістом та оформленням, дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, а її автор, Коваленко Юлія Борисівна,

заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент

Завідувач Спеціальної кафедри № 5 Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор
«07» 07 2025 року



Ігор СУБАЧ

Підпис Субача І.Ю. засвідчую.

Заступник начальника Інституту
з наукової роботи
кандидат технічних наук, доцент



Сергій КОНЮШОК