Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11)
ISSN 2706-7386
УДК 533.661 DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.11

Макаров С.М., Коломієць В.В., Місценко Р.В., Походенко О.М. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*
Гарнець Д.П. *Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ КОМПЛЕКСУ БОРТОВОГО РАДІОЕЛЕКТРПОНОГО ОБЛАДНАННЯ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МИ-8 ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Розглянуто перспективні напрямки розвитку комплексів бортового обладнання, побудованих на принципах інтегрованої модульної авіоніки. Проаналізовані особливості архітектури і інтерфейсів комплексу, можливості уніфікації і модернізації компонентів інтегрованої модульної авіоніки, описані нові функціональні можливості, принципи забезпечення надійності і відмово безпеки комплексу, розглянуті можливості реалізації систем радіоелектронного обладнання на концепції інтегрованої модульної авіоніки. Проаналізовані можливості розвитку високо інтегрованих бортових систем.

Ключові слова: *архітектура авіоніки, бойовий авіаційний комплекс, бортове радіоелектронне обладнання, інтегрована модульна авіоніка, комплекс бортового обладнання, модернізація.*

Постановка проблеми. У Стратегічному замислі застосування Збройних Сил України, на підставі аналізу ймовірних воєнних загроз України, визначені декілька сценаріїв розвитку подій і відповідно – типові ситуації застосування Збройних Сил: від найбільш масштабного (блокування кордону на випадок конфлікту або оборонної операції) до значно менших за масштабом та інтенсивністю (участь в антитерористичній операції, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій тощо). Для кожної ситуації визначений оптимальний комплект сил і засобів Збройних Сил, який забезпечує виконання завдань [1].

На Повітряні сили Збройних Сил України (ПС ЗС України) при виникненні кризових ситуацій різного характеру покладається: завоювання переваги у повітряному просторі, прикриття угруповань військ і об’єктів від ударів противника з повітря, авіаційна підтримка Сухопутних військ (СВ) та забезпечення бойових дій Військово-морських Сил (ВМС), зрив маневру військ противника та його логістичного забезпечення, висадка повітряних десантів та боротьба з десантними військами противника на землі і в повітрі, ведення повітряної розвідки, здійснення повітряних перевезень військ та матеріальних засобів, руйнування та знищення військових, військово-промислових, енергетичних об’єктів, вузлів і комунікацій противника тощо. Великий об’єм завдань, що покладається на вертольоти ПС ЗС України, вимагає постійного підвищення ефективності використання наявного парку літальних апаратів (ЛА).

Постачання у військові частини транспортно-бойових вертольотів типу Ми-24 та Ми-8, що складають більшу чисельність від повітряних суден в ПС та армійській авіації (АА) ЗС України, було завершено в 1989–1992 роках. Вертольоти мають ознаки морального та фізичного старіння, наслідком яких є зниження рівня справності через вичерпання встановлених строків служби, ресурсів та невідповідність вимогам сучасних показників ефективності бойового застосування.

У сучасних умовах підвищення бойових можливостей ЛА переважно здійснюється за двома напрямами:

модернізація авіаційної техніки, що експлуатується;

заміна фізично і морально застарілих вертольотів на нові [2].

Модернізація (один з основних напрямів) дозволяє при відносно невеликих фінансових витратах істотно підвищити ефективність ЛА, продовжити його ресурс і термін служби. При цьому можлива модернізація або встановлення нових комплексів БРЕО, що веде до поліпшення льотно-технічних характеристик і зниження експлуатаційних витрат.

© Макаров С.М., Коломієць В.В., Місценко Р.В., Походенко О.М., Гарнець Д.П., 2022

Проводяться роботи по вдосконаленню авіаційного озброєння, спрямовані на підвищення бойової ефективності, бойових можливостей і безпеки польоту.

Заміна фізично і морально застарілих вертольотів на нові є досить фінансово витратним напрямом. Вона також потребує певного часу на проведення теоретичних, практичних, технічних та інших досліджень.

Таким чином, теоретичні та прикладні дослідження щодо визначення перспективної архітектури комплексу БРЕО вертольотів ПС ЗС України є актуальними, які сприяють підвищенню обороноздатності країни, прискоренню науково-технічного прогресу.

Актуальність дослідження. На фоні успіхів перспективних зарубіжних досліджень (компаній Astronautics Corporation of America, Aerospace Display Systems Inc., Display and Technologies sureface Product, Planar Advance Incorporation, Systran Corporation, Thales, Honeywell, Rockwell Collins, Allide Signal тощо), які проводяться під головуванням об'єднаного комітету по стандартизації архітектури авіаційних комплексів Allied Standart Avionics Architecture Council (ASAAC) в рамках програм створення в США новітніх концепцій побудови БРЕО: DAIS, Pave Pillar/F22 (Raptor), Pave Pace/JSF (Joint Strike Fighter/F35), Pave Aphach/AH-64, MASA (Module Avionics System Architecture), інтегрованих систем датчиків - Integrated Sensor System (ISS), стандартних конструкцій електронних модулів Standard Electronic Module (SEM), і Advanced Avionics Architectured Packing (AAAP), вітчизняними науково-дослідними інститутами (НДІ) та конструкторськими бюро (КБ) сьогодні ведеться пошук нових наукових напрямів розвитку БРЕО, дослідження наукових основ проектування і управління якістю проектних робіт, методології побудови і функціонування БРЕО, які здатні забезпечити якісну, довготривалу і конкурентну перевагу вітчизняних розробок.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні дослідження в області створення ІМА велись з початку 1990-х років.

Основні результати робіт з проєктування апаратної частини комплексів знайшли своє відображення в наукових роботах Грабовски Г., Балсера Б., Форстера М., Алена Р., Оссенфорта Дж., Блэка Р. [3–5]. В них обговорювалися проблеми створення надійних конструктивних рішень для реалізації модулів, в тому числі на основі готових комерційних компонентів (commercial off the shelf (COTS-компоненти)), проблеми організації високошвидкісної мережі передачі даних (з використанням інтерфейсів Avionics Full-Duplex Switched Ethernet - AFDX) [6], а також питання переходу від традиційної федеративної архітектури до концепції ІМА.

Проблемами програмного забезпечення (ПЗ) і моделювання комплексів займались Гаматьє А., Брунетт К., Готьє Т., Конми Ф., Дермид Дж., Паркинсон П., Гасперони Ф., Киннан Л., Миллер С., Коффер Д. та інші. [7–16]. Для даних робіт характерна концентрація на проблемах проєктування ПЗ з високими показниками безпеки (safety critical), планування і розподілу ресурсів комплексу, а також тестування на підставі моделей.

Питаннями операційних систем в комп'ютерах, які працюють в реальному масштабі часу займалися Бэкон Дж. и Харрис Т. [15], Таненбаум Э.С. [18], Вудхалл А.С. [19].

Розвиток методології проєктування комплексів бортового обладнання (КБО) ґрунтованих на концепції ІМА в Російській Федерації (РФ) почалось тільки на початку 2000-х років, хоча на той час в деяких країнах перші комплекси вже запроваджувались в серійне виробництво. Найбільший вклад в дослідження ІМА внесли Гатчін Ю.А., Відін В.Б., Жаринов И.О., Жаринов О.О., Парамонов П.П., Виноградов П.С. [20–25], які пропонували математичні моделі і методи автоматизованого проєктування апаратних засобів ІМА. Джанджгава Г.І., Герасімов Г.И., Евгенов А.В., Турчак А.А. и др. [26–31], запропонували концепції створення КБО ІМА нового покоління.

Проблемами системного обміну і розподілу ресурсів в комплексах займались Богатирьов В.А., Голубєв И.Ю., Беззубов В.Ф. [32, 33], Афраймович Л.Г., Прилуцких М.Х. [34].

Роботи Буздалова Д.В., Зеленова С.В., Корнихина Е.В., Петренко А.К. та інших авторів присвячені інструментальним засобам проєктування систем IMA [35, 36].

Потребує уваги вивчення питань створення реконфігурованих багатопроцесорних систем, якими займались Каляєв І.А., Каляєв А. В., Лєвін І.І., Бєсєдін І.В., Дмитриенко Н.Н., Семерніков Є.А., Чуянов Г.А., Косьянчук В.В., Севельсюк Н.І. [37–41].

Основні проблеми розвитку комплексів БРЕО для вертольотів ПС ЗС України.

Необхідною умовою подальшого удосконалення авіаційних комплексів БРЕО є проведення поглиблених системних перед проєктних воєнно-наукових досліджень і зовнішнього проєктування на концептуальній стадії формування їх технічного обліку. Ці дослідження і попередні проектні розробки повинні включати обґрунтування загальної концепції (основної ідеї) створення і бойового застосування комплексу БРЕО, який планується до розробки, оптимізацію значень його тактико-технічних характеристик (ТТХ) і конструктивних параметрів, які визначають технічний облік комплексу.

Виклад основного матеріалу. Програми модернізація транспортно-бойових вертольотів США.

Підрозділ технічних програм армії США Army's Technical Applications Program Office (TAPO) прийняв концепцію модернізації БРЕО Common Avionics Architecture System (CAAS) корпорації Rockwell Collins International. Концепція CAAS має на меті модернізацію ПЗ та апаратних засобів КБО армійських вертольотів сил спеціальних операцій.

Архітектура побудови КБО за програмою CAAS ґрунтується на концепції IMA.

В теперішній час за програмою CAAS модернізуються вертольоти армійської авіації: AH-6, MH-6, MH-47D, MH-47, MH-60K, MH-60L, MH60L-IDAP.

В 2000-х роках вертольоти армійської авіації MH-47D і MH-60L були модернізовані за програмою Cockpit Management System (CMS) компанії Rockwell Collins International, вертольоти MH-47E і MH-60K за програмою Integrated Avionics System (IAS) компанії Lockheed Martin.

В 2021 році вертольоти Національної гвардії США UH-60 були оснащені інтегрованим комплексом бортового обладнання (ІКБО) з модульною конструкцією систем і відкритою архітектурою ПЗ компанії Northrop Grumman Corporation за програмою OpenLift Northrop Grumman.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів Франції.

На початку 2000-х років вертольоти Військово-повітряних сил (ВПС) Франції EC225/725 Cougar і вертольоти Військово-морських сил (ВМС) NH90 NATO Frigate Helicopter (NFH) пройшли модернізацію за програмою Advanced Helicopter Cockpit & Avionics System, за підсумками якої вертольоти були оснащені ІКБО за концепцією IMA та модернізованою кабіною екіпажу по типу скляної кабіни Glass Cockpit.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів в РФ.

До державних програм РФ, які направлені на розробку нових і удосконалення (модернізацію) існуючих комплексів БРЕО з використанням нових технічних рішень відносяться наприклад такі програми:

"Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 г. и на период до 2015 г.";

"Модернизация и развитие интегрированных комплексов и систем цифрового оборудования самолетов гражданской авиации России на период 2003–2010 г., ("Авионика–2010")";

"Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 г.".

Командування повітряно-космічних сил (ПКС) і АА РФ проводить модернізацію транспортно-бойових вертольотів типу Ми-8/Ми-17 і Ми-24/35, які знаходяться на озброєнні. В процесі модернізації на вертольоти встановлюються сучасні КБО: комплекс бортового обладнання КБО-17 на вертоліт Ми-171АВ, інтегрований бортовий комплекс вертольоту ИБКВ-17 на вертольоти Ми-8МТВ, Ми-17В-5. Вертольоти Ми-38, Ка-62, Ка-52 і Ми-28Н які

приймаються на озброєння обладнані ІКБО з модульною конструкцією систем та відкритою архітектурою ПО.

Програми модернізації транспортно-бойових вертольотів в Україні.

Державним підприємством (ДП) "Авіакон" та акціонерним товариством (АТ) "Мотор Січ" розроблені програми модернізації бортового обладнання, систем та двигунів вертольотів типу Ми-8, Ми-24. В програмах модернізації бортового обладнання вертольотів пропонується традиційна федеративна архітектура побудови комплексу у відмінності від сучасної архітектури верхнього рівня побудови КБО на основі мультифункціональної інтегрованої модульної авіоніки.

Основними недоліками федеративної архітектури комплексу БРЕО є:

не уніфіковані конструктивні рішення на окремі системи, що входять до складу блоків;

програмне забезпечення нерозривно пов'язане з фізичним розвитком апаратури, закінченим продуктом є обчислювач з програмою;

електронна компонентна база досить швидко старіє, в зв'язку із старінням знімається з виробництва, потребує заміни і тривалого виготовлення виробу даного типу;

системна інтеграція є унікальним процесом творчої діяльності розробника архітектури, який складно автоматизувати;

сертифікація системи є довготривала і дорого вартісною процедурою;

стандартизацією охоплені тільки загальносистемні інтерфейси і бортові лінії передачі інформації.

В концепції ІМА функції бортового комплексу відокремлюються в логічні розділи, які можуть розташовуватись як в одному фізичному обчислювальному пристрої, так і в декількох. Всі обчислювальні пристрої, які з'єднані швидкісним бортовим інтерфейсом, є високо інтегрованими пристроями із загальним рівнем, типовим для специфікації ARINC 653 APEX.

Основними принципами побудови бортових інтегрованих обчислювальних систем (БЦОС) є:

модульна, відкрита, незалежна архітектура, яка дозволяє нарощувати обчислювальні ресурси, поєднувати вироби різних розробників в єдиному стандарті Євромеханіки;

розподілена обробка сигналів і даних на підставі багатопроцесорних обчислювальних засобів в розподіленій архітектурі обчислювальних систем, використання розподіленої мультизадачної операційної системи реального часу (ОСРЧ);

використання швидкісних інформаційних каналів і інтерфейсів для міжсистемного, міжмодульного і внутрішньо модульного інформаційного обміну;

використання технології розробки ПЗ з використанням сертифікованих мов програмування високого рівня;

використання уніфікованих компонентів (модулів, вузлів) в якості конструктивно-змінних одиниць авіоніки, за рахунок чого підвищуються експлуатаційні властивості обчислювальної системи.

Перспективний інтегрований КБО вертольотів ПС ЗС України повинен відповідати вимогам по забезпеченню всепогодного цілодобового застосування, забезпеченню мінімального часу на підготовку до польотів, високих показників надійності, забезпеченню вимог до простоти, зручності експлуатації та обслуговування, а також вимог до сертифікації.

Основні експлуатаційні властивості комплексів ІМА досягаються за рахунок:

відкритої мережевої розподіленої архітектури побудови бортового комплексу з можливістю нарощування обчислювальних ресурсів;

магістрально-модульної ієрархічної структури обчислення;

мультифункціональності інтегрованої обчислювальної системи (ІВС);

крейтово-модульного виконання ІВС;

принципів стандартизації і уніфікації проектних рішень на апаратному і програмному рівні;

відсутності необхідності обслуговування комплексу під час між сервісних періодів із зберіганням необхідного рівня безпеки польотів і показників надійності апаратури;

реалізації можливості автоматичної діагностики апаратури з наступною реконфігурацією структури обчислювальної системи при виявленні відмов під час польоту.

Мережева розподілена структура повинна бути готова до динамічного розподілу наявних ресурсів з метою зберігання працездатності апаратури при можливих відмовах обладнання і досягненні обчислювальною системою максимальної продуктивності. Така архітектура забезпечить можливість програмно керувати реконфігурацією апаратних засобів для надання необхідних функціональних характеристик авіаційній техніці з метою підвищення показників відмово стійкості.

Важливою особливістю відкритої архітектури, властивою IMA, є відсутність жорстко встановлених логічних зв'язків між елементами бортового обладнання (обчислювальними системами, датчиками, індикаторами). Це дозволяє реалізовувати динамічно реконфігуруєму обчислювальну структуру комплексу з перерозподілом завдань в межах доступних обчислювальних ресурсів.

Мультифункціональність обчислювальної системи IMA означає можливість виконання великої кількості функцій обчислювальної системи ЛА на однакових (однотипних) апаратних засобах. Таким чином, перехід від федеративної до інтегрованої архітектури забезпечує якісно новий рівень проєктного рішення: перехід від ідеї “система – одна функція” до ідеї “багато функцій в одному обчислювальному ядрі”. Реалізація ідеї “багато функцій в одному обчислювальному ядрі” дозволяє здійснити незалежне проєктування програмних і апаратних платформ.

Крейтово-модульне стандартизоване виконання обчислювальної системи реалізується на практиці шляхом побудови обчислювальної системи на базі обмеженого набору уніфікованих компонентів. До таких компонентів можна віднести: базову несучу конструкцію крейта, мінімально достатній набір уніфікованих і стандартизованих конструктивно-функціональних модулів (КФМ) і мезонінів з високою продуктивністю.

Принцип стандартизації і уніфікації вимагає єдиного підходу до створення системних, схемо технічних, програмних і конструктивно-технологічних рішень, що призводить до спрощення модернізації складу бортового комплексу і можливості нарощування функціональних завдань авіоніки.

Організація обчислювальних систем IMA дозволяє підвищити працездатність і показники надійності апаратури, зокрема, час напрацювання на відмову. Це досягається шляхом побудови ефективної організації обчислювальних процесів в розподіленому обчислювальному середовищі за рахунок реалізації:

апаратних складових комплексу у вигляді мінімального набору стандартизованих КФМ з високою працездатністю;

операційної системи реального часу (ОСРЧ), яка забезпечує розподіл програмних додатків для рішення функціональних завдань;

високошвидкісних мережевих каналів інформаційного обміну, які забезпечують необхідну пропускну здатність і відмово стійкість системи.

Сучасний комплекс БРЕО транспортно-бойового вертольоту представляє сукупність систем, які реалізують на борту різні задачі по управлінню ЛА, і складають:

інформаційно-керуючий простір (органи управління кабіни, нашоломна система цілевказання та індикації, індикатор лобового скла (коліматорні, широко кутові), багатофункціональні індикатори, пульти управління, система відеорегістрації);

бортову цифрову обчислювальну систему и блок формування сигналів;

пілотажно-навігаційну інформаційну систему (автоматичний радіокомпас, радіовисотомір, система повітряних сигналів, радіосистема ближньої і дальньої навігації, система курсу і вертикалі, інерціально-навігаційна система, супутникова навігаційна система та інші);

пілотажний комплекс вертольоту або систему автоматичного управління польотом.

Головні висновки та перспективи використання результатів досліджень. Необхідною умовою подальшого удосконалення комплексів БРЕО вертольотів ПС ЗС України є проведення системних перед проєктних воєнно-наукових досліджень і зовнішнього проєктування на концептуальній стадії формування їх технічного обліку. Ці дослідження і попередні проєктні розробки повинні включати обґрунтування загальної концепції (основної ідеї) створення і бойового застосування комплексу БРЕО, який планується до розробки, оптимізацію значень його ТТХ і конструктивних параметрів, які визначають технічний облік комплексу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біла книга України. – 2006. – 95 с.

2. Казак В.М. Аналіз світового ринку вертольотів і перспективи його розвитку / В.М. Казак, А.Г. Огир // Наукоємкі технології. – 2011. – Вип. № 1–2(9–10). – С. 20–23.

3. Alena R. Communications for Integrated Modular Avionics [Электронный ресурс] / R. Alena, J. Ossenfort, K. Laws, A. Goforth, M. Filed, F. Figueroa. – Режим доступу: ti.arc.nasa.gov/m/pubarchive/1277h/1277%20%28Alena%29.pdf.

4. Grabowski G. Integrated Modular Avionics with COTS directed to Open System and Obsolescence Management [Электронный ресурс] / G. Grabowski, B. Balser, M. Forster. – Режим доступу: dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/p010973.pdf.

5. Black R. Using Proven Aircraft Avionics Principles to Support a Responsive Space Infrastructure. – Режим доступу: responsivespace.com/Papers/RS4/Papers/RS4_1006P_Black.pdf.

6. Дегтярев А.Р. Реализация Avionics Full-Duplex Switched Ethernet для интегрированной модульной авионики с использованием COTS-компонентов / А.Р. Дегтярев, С.К. Киселев // Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы: сб. науч. тр. Всероссийской научно-технической конференции ИВК-2013; под ред. В.В. Родионова. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 329 с.

7. Gamatie A. A modeling Paradigm for Integrated Modular Avionics Design / A. Gamatie, C. Brunette, R. Delamare, T. Gautier, J. Talpin. – Режим доступу: irisa.fr/prive/talpin/papers/seaa06.pdf.

8. Oikonomou G. An Emulator for the Network Stack of Integrated Modular Systems / G. Oikonomou, I. Phillips, L. Guan, A. Grigg. – Режим доступу: researchgate.net/publication/224165588_An_emulator_for_the_network_stack_of_Integrated_Modular_Systems.

9. Conmy P. High level failure analysis for Integrated Modular Avionics / P. Conmy, J. McDermid. – Режим доступу: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.18.9979&rep=rep1&type=pdf. – DOI:10.1.1.18.9979.

10. Parkinson P. High Integrity Systems Development for Integrated Modular Avionics using VxWorks and GNAT / P. Parkinson, F. Gasperoni. – Режим доступу: adacore.com/uploads/technical-papers/HIE_Using_VxWorks_GNAT.pdf.

11. Miller S. Implementing logical synchrony in Integrated Modular Avionics. / S. Miller, D. Cofer, L. Sha, J. Meseguer. – Режим доступу: researchgate.net/publication/221137269_Persistent_Logical_Synchrony.

12. Efkemann C. Model-Based testing for the Second Generation of Integrated Modular Avionics / C. Efkemann, J. Peleska. – Режим доступу: informatik.unibremen.de/agbs/jp/papers/peleska_efkemann_icstw2011.pdf.

13. Lee Y. Resource Scheduling in Dependable Integrated Modular Avionics / Y. Lee, D. Kim. – Режим доступу: informatik.unibremen.de/agbs/jp/papers/peleska_efkemann_icstw2011.pdf.

14. Parkinson P. Safety-Critical Software Development for Integrated Modular Avionics / P. Parkinson, L. Kinnan. – Режим доступу: vxworks.ru/rus_safety-critical-sw-dev_wp-1107.pdf.

15. Gangkofer M. Transitioning to Integrated Modular Avionics with a Mission Management System / M. Gangkofer, D. Kader, D. Klockner, C. White. – Режим доступу: dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/p010970.pdf.

16. Tagawa G. An overview of the Integrated Modular Avionics Concept / G. Tagawa, M. Souza. – Режим доступу: sbmac.org.br/dincon/2011/files/articles/071.pdf.

17. Бэкон Дж. Операционные системы / Дж. Бэкон, Т. Харрис. – СПб.: Питер, 2004. – 800 с.

18. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2010. – 3-е издание. – 1120 с.

19. Таненбаум Э.С. Операционные системы: разработка и реализация / Э.С. Таненбаум, А.С. Вудхалл. – СПб.: Питер, 2007. – 704 с.

20. Гатчин Ю.А. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики: монографія / Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов. – М.: Машиностроение, 2010. – 224 с.

21. Жаринов И.О. Принципы построения и методы автоматизации проектирования вычислительных систем интегрированных комплексов бортового оборудования : дисс. д-ра техн. наук : 05.13.12. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 298 с.

22. Жаринов О.О. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения / О.О. Жаринов, Б.В. Видин, Р.А. Шек-Иовсепянц // Научно-технический вестник. – СПб: ГУ ИТМО, 2010. – Вып. № 4(68). – С. 21–27.

23. Гатчин Ю.А. Архитектура програмного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования / Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – Вып. № 2(78). – С. 140–141.

24. Видин Б.В. Декомпозиционные методы в задачах распределения вычислительных ресурсов многомашинных комплексов бортовой авионики / Б.В. Видин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Информационно-управляющие системы. – 2010. – Вып. № 1. – С. 2–5.

25. Парамонов П.П. Проектирование систем бортового информационного обмена и их функциональных элементов: монография / П.П. Парамонов, А.А. Бобцов, Б.В. Видин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов, Ю.И. Сабо, Р.А. Шек-Иовсепянц. – Тула: Гриф и К., 2010. – 208 с.

26. Джанджгава Г.И. Развитие интегрированных комплексов бортового оборудования навигации, управления и наведения летательных аппаратов в разработках Раменского приборостроительного конструкторского бюро / Г.И. Джанджгава, Г.И. Герасимов, П.Ю. Петкевичус // Авиакосмическое приборостроение. – 2008. – Вып. № 2. – С. 3–8.

27. Джанджгава Г.И. Интегрированная динамически реконфигурируемая система комплексной обработки информации бортовых комплексов навигации, управления и наведения / Г.И. Джанджгава, А.П. Рогалев, А.В. Бабиченко, С.Я. Сухоруков // Авиакосмическое приборостроение. – 2002. – Вып. № 6. – С. 8–14.

28. Джанджгава Г.И. Авионика пятого поколения: новые задачи – новая структура / Г.И. Джанджгава // Вестник авиации и космонавтики. – 2001. – Вып. № 5. – С. 8–10.

29. Джанджгава Г.И. Концепция создания интегрированных комплексов бортового оборудования летательных аппаратов нового поколения / Г.И. Джанджгава, Г.И. Герасимов, А.П. Рогалев, В.М. Шерман, С.Я. Сухоруков, В.В. Вершков // Авиакосмическое приборостроение. – 2002. – Вып. № 6. – С. 38.

30. Евгенов А.В. Направления развития интегрированных комплексов бортового оборудования самолетов гражданской авиации / А.В. Евгенов // Авиакосмическое приборостроение. – 2003. – Вып. № 3. – С. 48–53.

31. Турчак А.А. Архитектура вычислительных систем для интегрированной модульной авионики перспективных летательных аппаратов / А.А. Турчак // Радиотехника. – 2001. – Вып. № 8. – С. 87–95.

32. Богатырев В.А. Организация межмашинного обмена в дублированных вычислительных комплексах / В.А. Богатырев, И.Ю. Голубев, В.Ф. Беззубов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – Вып. № 3. – С. 8–13.

33. Богатырев В.А. К распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашинных вычислительных системах / В.А. Богатырев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – Вып. № 12. – С. 1–5.

34. Афраймович Л.Г. Многоиндексные задачи распределения ресурсов в иерархических системах / Л.Г. Афраймович, М.Х. Прилуцкий // Автоматика и телемеханика. – 2006. – Вып. № 6. – С. 194–205.

35. Буздалов Д.В. Инструментальные средства проектирования систем интегрированной модульной авионики / Д.В. Буздалов, С.В. Зеленов, Е.В. Корныхин, А.К. Петренко, А.В. Страх, А.А. Угненко, А.В. Хорошилов // Труды института системного прораммирования РАН. – 2014. – Т. 26. – Вып. № 1. – С. 201–230.

36. Федосов Е.А. Российский проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой . Состояние и перспективы [Электронный ресурс] / Е.А. Федосов // Фазотрон. – 2011. – Вып. № 2. – Режим доступа: mediaphazotron.ru/?p=192. – дата обращения 15.12.2021.

37. Каляев И.А. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры / И.А. Каляев. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2008. – 393 с.

38. Каляев А.В. Модульно-наращиваемые многопроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вичислений / А.В. Каляев, И.И. Левин. – М.: Янус-К, 2003. – 380 с.

39. Семейство базовых модулей для построения реконфигурируемых многопроцессорных вычислительных систем со структурно-процедурной организацией вычислений / И.В. Беседин [и др.] // Научный сервис в сети Интернет: технологи распределенных вычислений : матер. всерос. науч. конф. – М.: Издательство Московского университета, 2006. – С. 47–49.

40. Чуянов Г.А. Перспективы развития комплексов бортового оборудования на базе интегрированной модульной авионики / Г.А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – Вып. № 3. – С. 55–62.

41. Федосов Е.О. Интегрированная модульная авионика / Е.О. Федосов, В.П. Косьянчук, Н.А. Севельсюк // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – Вып. № 1. – С. 66–71.

Макаров Сергій Миколайович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9889-0763
+38066-865-95-77

Коломієць Володимир Вікторович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orsid.org/0000-0001-6566-8333
+38093-592-91-45

Місценко Роман Вікторович
начальник науково дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4015-5616
+38095-176-36-38

Serhii Makarov
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9889-0763
+38066-865-95-77

Volodymyr Kolomiiets
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testingand Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orsid.org/0000-0001-6566-8333
+38093-592-91-45

Roman Mistsenko
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4015-5616
+38095-176-36-38

ISSN 2706-7386

Походенко Олександр Миколайович
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-6727-6835
+38063-226-75-87

Гарнець Даниїл Павлович
старший інженер служби експлуатації авіаційного обладнання управління головного інженера авіації Командування логістики Командування ПС ЗСУ, Вінниця, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9072-877X
+38097-156-11-29

Alexandr Pokhodenko
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-6727-6835
+38063-226-75-87

Danyil Harnets
Senior Engineer of Avionics Maintenance Service of Main Aviation Engineer Department of Logistics Command of Air Force Command, Vinnytsia, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9072-877X
+38097-156-11-29

WAYS OF DEVELOPMENT A COMPLEX OF AVIONICS FOR HELICOPTERS OF MI-8 TYPE OF THE AIR FORCES OF UKRAINIAN ARMED FORCES

S Makarov, V Kolomiiets, R Mistsenko, A Pokhodenko and D Harnets

Perspective directions of development of the onboard equipment complexes built on the principles of integrated modular avionics are considered. Features of architecture and interfaces of the complex, possibilities of unification and modernization of components of integrated modular avionics are analyzed, new functional possibilities, principles of reliability and safety failure of the complex are described, possibilities of realization of systems of electronic equipment on the basis of integrated modular avionics are considered. Possibilities of development of highly integrated onboard systems are analyzed.

The main conclusions and prospects for the use of research results. A necessary condition for further improvement of avionics equipment helicopter complexes of the Armed Forces of Ukraine is to conduct systematic pre-project military research and external design at the conceptual stage of formation of their technical accounting. These studies and preliminary design developments should include substantiation of the general concept (basic idea) of creation and combat application of the avionics equipment complex, which is planned for development, optimization of its performance characteristics values and design parameters that determine the technical accounting of the complex.

***Keywords**: avionics architecture, combat aviation complex, avionics, integrated modular avionics, complex of avionics, modernization.*