

С. С. Ільєнко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-0437-0995
e-mail: serhii.ilienko@npp.nau.edu.ua;

В. П. Захарченко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-9370-4661
e-mail: viktor.zakharchenko@npp.nau.edu.ua;

А. В. Ільєнко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-8565-1117
e-mail: anna.ilienko@npp.nau.edu.ua;

В. В. Тихонов, кандидат техн. наук, доцент
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-5840-1200
e-mail: viktor.tykhonov@npp.nau.edu.ua

ПЛАНУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ЕТАПАХ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ АВІОНІКИ З УРАХУВАННЯМ ЕКОНОМІЧНИХ СКЛАДОВИХ

Вступ

Розглянемо весь життєвий цикл (ЖЦ) [1] функціональних автоматизованих систем авіоніки повітряних суден (ПС) який зображений на рис 1. Взагалі ЖЦ автоматизованої функціональної системи авіоніки ПС складається з: науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи, в якій літакобудівне конструкторське бюро (КБ) приймає безпосередню участь; промислового серійного виробництва з залученням серійних заводів; експлуатації безпосередньо в складі експлуатантів (авіаліній).

У загальному ЖЦ автоматизованої функціональної системи в складі авіоніки ПС містить: етапи з «проєктування», «сертифікації», «серійного виробництва», «експлуатації»; реалізаційний період — від задуму до початку серійного виробництва; виробничий цикл — від початку виготовлення до випуску та введення в експлуатацію; період корисного життя — від початку серійного виробництва до виведення з експлуатації; періоди економічної ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Широке впровадження та початок експлуатації бортове радіоелектронне обладнання (далі — *авіоніка*) в ПС провідних світових конструкторських бюро (на основі взаємодії функціональних автоматизованих систем з «бортовими комп'ютерами») припадає на 80-ті роки ХХ-го ст.

На основі довготривалого досвіду та досліджень у цьому напрямку ряд зарубіжних та вітчизняних науковців у своїх працях [1; 2; 3; 8; 9] практично та методологічно обґрунтували тематику застосування і експлуатацію сучасної авіоніки ПС. Але економічній частині впровадження на етапах проєктування та експлуатації функціональних автоматизованих систем авіоніки було приділено недостатньо уваги.

Ураховуючи аналіз останніх досліджень та публікацій, планування впровадження функціональних автоматизованих систем авіоніки сучасних ПС на етапі проєктування з урахуванням подальшої їх експлуатації, та економічне обґрунтування такого планування є актуальним та потребує всебічного розкриття, особливо під час роботи провідних світових КБ в ринкових умовах.

Мета статті — розгляд методології системного підходу застосування ієрархічної структури системної моделі реалізації економічної ефективності (як логічної схеми певних цілей та завдань) щодо впровадження функціональних

автоматизованих систем авіоніки на етапах «проектування» і «експлуатації» ЖЦ ПС. Ця системна модель (рис. 2) є складною багато-рівневою структурою, в склад якої входять такі рівні вирішення завдання планування та прийняття рішення, що вирішуються шляхом

переходу від вищого рівня до нижчого [2; 6]: від сукупності цілей; до сукупності завдань; до сукупності алгоритмів; до сукупності програмних та технічних засобів або процесів.

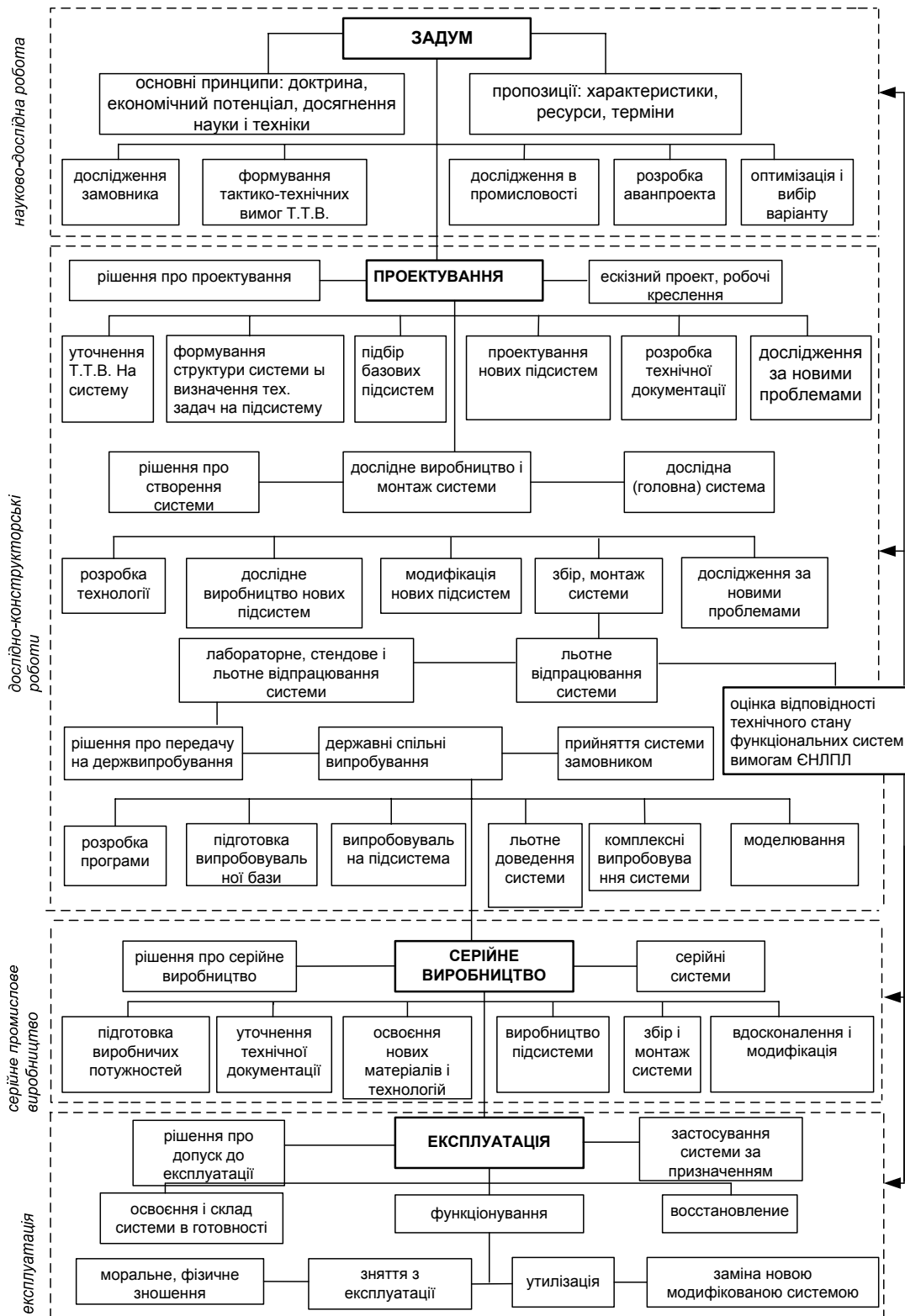


Рис. 1. Життєвий цикл автоматизованої функціональної системи авіоніки в складі ПС

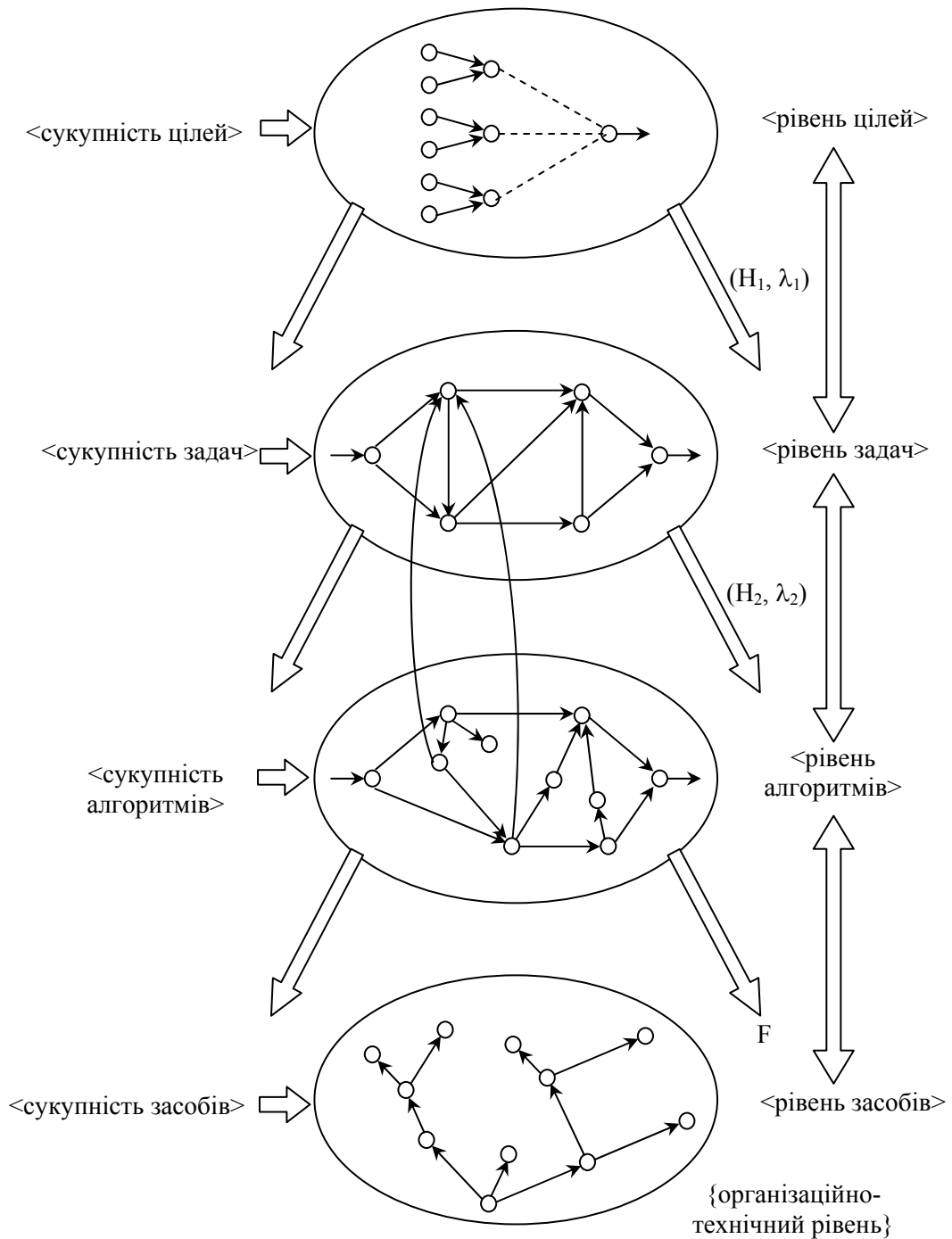


Рис. 2. Системна модель складної багаторівневої структури

Теоретичні основи дослідження

Перший рівень — це рівень цілей, що розглядається як система з елементами, зв'язками, структурою. Кожний елемент E є функцією послідовності результатів r_E , параметрів якості χ_E , ресурсів c_E та строків реалізації цілі t_E .

$$E = (r_E, \chi_E, c_E, t_E). \tag{1}$$

Структуру системи цілей подамо виразом:

$$E_{ц} = E_1 U E_2 U \dots E_{n1} = \{e_0\}, \tag{2}$$

де e_0 в виразі (2) — кінцева ціль, а кожні E_n розбивається на підмножину альтернативних цілей.

Такі показники як «якість», «надійність» «відмовостійкість», «економічна ефективність» функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС формують важливу багаторівневу структуру системної цілі, що будується у вигляді «Дерева цілей» та забезпечує функцію формування оцінки економічної ефективності [6].

Таке дерево цілей включає такі етапи — розробка, впровадження та розвиток дослідних функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС (рис. 3). Відмовостійкість в свою чергу забезпечує функціонування функціональ-

них автоматизованих систем авіоніки ПС на певному рівні якості за відмов на апаратному та програмному рівнях, здатності виконувати свої функції та працювати за часткових «відмов».

I рівень системної цілі: «Рівень безпеки польотів» (глобальна ціль)

Відмовостійкість ергатичної системи «екіпаж–ПС–середовище», виконання вимог нормативно-технічної документації органів сертифікації та безпеки авіації. Забезпечення безпеки польотів за допомогою достатнього функціонування функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС. Системна економічна ефективність таких систем

II рівень системної цілі: достатня мінімальна вартість ПС та обладнання на ЖЦ. Системний критерій — мінімальна вартість ЖЦ



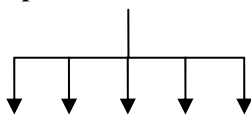
Проектування ПС з такими системами авіоніки. Доцільність застосування та вибір обладнання	Сертифікація ПС з такими системами авіоніки (в тому числі за міжнародними стандартами)	Серійне виробництво сертифікованого ПС	Експлуатація ПС (з урахуванням технічного обслуговування та ремонту, і модернізаційних можливостей)
Вигоди I:	Вигоди II:	Вигоди III:	Вигоди IV:
Затрати I:	Затрати II:	Затрати III:	Затрати IV:

III рівень — економічна ефективність етапів проектування функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС

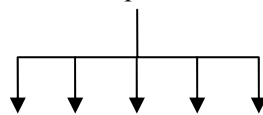


Економічна ефективність науково дослідницьких та дослідно конструкторських робіт	Економічна ефективність синергетики функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС	Економічна ефективність розвитку та можливості модернізації	Економічна ефективність застосування нової архітектури та появи нових сертифікаційних вимог
Вигоди I:	Вигоди II:	Вигоди III:	Вигоди IV:
Затрати I:	Затрати II:	Затрати III:	Затрати IV:

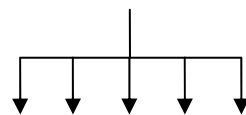
IV рівень: Завдання, засоби і методи реалізації



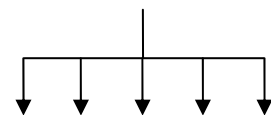
Методи, моделі, алгоритми, методики



Методи, моделі, алгоритми, методики



Методи, моделі, алгоритми, методики



Методи, моделі, алгоритми, методики

Рис. 3. «Дерево цілі» оцінки економічної ефективності функціональних автоматизованих систем авіоніки на ЖЦ

Надійність та якість функціонування забезпечується шляхом резервування функціонально-мінімальних систем, з яких складаються функціональні автоматизовані системи авіоніки ПС, та може розглядатися на двох рівнях: функціональному та резервування функціональної компонентної бази [3,5].

Функціональне резервування шляхом дублювання систем та підсистем веде до подорожчання системи та збільшення її маси і габаритів. Резервування функціональної компонентної бази

здійснюється підвищенням надійності та напрацювання на відмову систем та обладнання (наприклад перехід з чотирьохдвигунової схеми ПС на двохдвигунову будову). Введення надійної елементної бази фіксації індикації і сигналізації та досконалої інтегрованої архітектури комп'ютерно-обчислювальних систем керування з гнучким інтерфейсом (приклад — скляна кабіна) знижує число компонентної бази для досягнення рівня функціональної готовності. Для цього вже існують надійні шляхи передачі даних

від джерел сигналів до місця обробки (індикатор, виконавчий привід, функціональний пристрій).

Забезпечення економічної ефективності та достатньої якості функціонування функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС під час ЖЦ

Достатня якість функціонування досягається як резервуванням на технічному рівні, так і забезпеченням вимог нормативно-технічної документації (як державних, так і міжнародних) органів сертифікації та безпеки авіації, які регулюють її діяльність. Міжнародні органи сертифікації та безпеки авіації: ICAO, FAA, МАК, IATA, EASA, ECAS, AFCAS, LACAS, EUROCONTROL, COCESNA, ACI, IAQG [4].

Формування сукупності цілей для підвищення економічної ефективності функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС здійснюється шляхом застосування формалізованого елементу сукупності цілей, який в загальному вигляді може бути представлений так:

$$\alpha = (r_\alpha, \chi_\alpha, C_\alpha, t_\alpha), \quad (3)$$

де r_α — результат цілі; χ_α — якість результату r_α ; C_α — ресурси, які витрачаються на досягнення цілі; t_α — момент часу досягнення цілі.

Для бортового радіоелектронного обладнання, яке експлуатується з кінця 80-х років ХХ-го ст. на ПС, спроектованих такими літакобудівними КБ як Boeing, Airbus, Embraer, Bombardier, а з початку ХХІ-го ст. на ПС ДП «Антонов» (Ан-148, Ан-158, Ан-132, Ан-178), Сухой (SSJ-100) Іллюшин (Ил-96, Ил-114), Іркут (МС21), ряду ПС Китаю (ARJ21, С919) та Японії (MRJ70, MRJ90), напрацювання на відмову знаходиться на рівні 15 000 льотних год. Це свідчить про досягнення дуже високих рівнів надійності для бортового обладнання ПС, до складу якого входять і функціональні автоматизовані системи авіоніки.

Вартість реалізації принципу відмовостійкості має два суперечливі моменти:

- необхідні затрати ресурсів для реалізації задуманого ($C_{\text{рес}}$);
- експлуатаційні затрати та ефекти (продовження ресурсу, зниження маси та габаритів, зменшення експлуатаційних затрат, відповідність сучасним вимогам забезпечення польотів тощо) повинні мати пріоритетне значення ($C_{\text{експл}}$).

$$C_{\text{експл}} > C_{\text{рес}} \quad (4)$$

Затратною частиною в цьому випадку є принцип необхідності.

Зважаючи на всебічний аналіз розглянутого питання **кінцева ціль проектування** — це

ефективний результат проектної діяльності з необхідним рівнем якості за заданих ресурсів та за певний момент часу. Відповідно, **кінцева ціль експлуатації** — мінімізація вартості володіння функціональною автоматизованою системою авіоніки ПС без втрати необхідного рівня якості під час її ЖЦ. Альтернативні цілі проектування та експлуатації формуються на основі глибокого аналізу об'єкта — функціональної автоматизованої системи авіоніки ПС.

Економічні цілі та складові «проектування» і «експлуатації» функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС

На етапах проектування та експлуатації автоматизованих систем авіоніки ПС, окрім всебічного економічного підтвердження доцільності експлуатації таких систем, слід враховувати питання безпекового, експлуатаційного, організаційно-управлінського, соціального та екологічного характеру [5].

Критерієм системної економічної ефективності є **вартість володіння** за час ЖЦ ПС та функціональних автоматизованих систем авіоніки в складі цього ПС. Неприпустимо знижувати один фактор вартості за рахунок іншого. Ця умова особливо важлива на етапі формування початкової вартості під час обґрунтування, проектування, розробки та проведення комплексу випробувань автоматизованих систем авіоніки відносно до складової вартості експлуатації на всьому ЖЦ ПС.

Системна модель вартості володіння повинна містити рекомендації до забезпечення конструктивних та схематичних рішень щодо функціональних автоматизованих систем авіоніки для забезпечення максимального зменшення резервування (ваги, об'єму, паливної ефективності) до мінімуму. Наприклад, перехід до модульного типу побудови функціональних автоматизованих систем авіоніки та створення загальнолітакового обладнання на базі сучасної елементної авіаційної електроніки (ІМА).

Експлуатанти (авіалінії) зацікавлені в наявності **системної моделі вартості володіння** з можливістю:

- закладеної здатності до доступної модернізації функціональних автоматизованих систем авіоніки під час ЖЦ ПС (а це 35–40 років в середньому);
- аналізу вартості експлуатації за допомогою використання системної моделі володіння функціональними автоматизованими системами авіоніки під час ЖЦ ПС;
- проведення стратегії технічної експлуатації та ремонту (ТОіР) за максимально стислі

строки з урахуванням логістичного постачання запасних частин по всій земній кулі (особливо в зонах скупчення значної кількості серійних ПС одного типу);

– урахування досвіду такої експлуатації під час проєктування нових ПС та розвитку програм розробки нових автоматизованих систем авіоніки, тощо.

На практиці вартість володіння функціональними автоматизованими системами авіоніки включає в себе суму вкладеної вартості та експлуатаційні затрати:

$$C_{\text{володіння}} = C_{\text{вклад}} + C_{\text{експл}}, \quad (5)$$

де $C_{\text{володіння}}$ — вартість володіння функціональними автоматизованими системами авіоніки в складі ПС; $C_{\text{вклад}}$ — кошти вкладеної вартості (закупка елементної бази, або розробка власної); $C_{\text{експл}}$ — експлуатаційні затрати за період експлуатації.

Вкладена вартість містить такі затрати:

- затрати на обґрунтування, розробку, проєктування, випробування та сертифікацію обладнання, яке є в складі функціональних автоматизованих систем авіоніки в складі ПС;
- амортизаційні відрахування та компенсація основних засобів;
- вартість ресурсів, матеріалу та доданої вартості високотехнологічної продукції;
- вартість маси та габаритів (збільшення чи зменшення — вигоди чи затрати);
- вартість робіт та оплати праці фахівцям, які приймали участь в створенні продукції.

Експлуатаційні витрати включають такі затрати:

- вартість ТОiP;
- вартість логістичної підтримки льотної придатності парку ПС даного типу;
- вартість обладнання контролю технічного стану (введення в структуру авіоніки бортових систем діагностики та контролю);
- вартість обслуговування ПС в аеропортах (аеропортовий збір);
- потреби в фінансуванні розвитку перспективних функціональних автоматизованих систем авіоніки в складі ПС тощо.

Таким чином, *критерієм системної економічної ефективності* обрано *вартість володіння функціональними автоматизованими системами авіоніки в складі ПС протягом ЖЦ*, та мінімізована, без втрати якості та надійності їх експлуатації відносно до всього ЖЦ (включаючи утилізацію).

Цільове планування експлуатації функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС на рівні стратегії ТОiP.

Концепція виробника та експлуатанта (авіаліній) передбачає тимчасові плановані інтервали для проведення ТОiP.

Чим більше ці часові інтервали, а час ТОiP менше, — тим це краще з економічного погляду. Ринкова економіка диктує свої правила. Літак приносить прибуток тільки коли він літає. Введення до складу авіоніки ПС централізованих бортових систем діагностики і вбудованих систем контролю функціонування складних функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС дає змогу раннього виявлення відмов в їх роботі [1; 7].

З'являється можливість швидкої діагностики та виявлення будь-якої несправності з великою долею достовірності зі збереженням принципу селективності. Таким чином, за рахунок великої долі автоматизації дослідні системи точно ідентифікують свій технічний стан, що дає можливість точного прогнозу експлуатантам наступного регламенту ТОiP. Планування строків робіт з ТОiP стало цілком нормальним в практиці експлуатації ПС. В свою чергу це стало можливим завдяки формуванню відповідної інформації про стан систем ПС за допомогою відповідних вбудованих систем діагностики і контролю. Така інформація не потрібна екіпажу (навіть деякі відмови, які не зменшують працездатність системи), а призначена технічному персоналу, який цей ПС обслуговує.

Філософія стратегії ТОiP включає такі принципи:

- позапланове ТОiP можливе але небажане;
- збільшення інтервалів між ТОiP та легкість процедури за рахунок бажаного модульного виконання та зручного програмного забезпечення;
- інтервал часу попередження про необхідність ТОiP для окремих функцій автоматизованих систем авіоніки ПС $T_{\text{ср}} \geq 15,000$ льотних годин;
- нормальне функціонування автоматизованих систем авіоніки ПС (навіть за часткових відмов) протягом 200 льотних годин з імовірністю безвідмовної роботи на рівні $P = 0,99$;
- логістичне забезпечення наявності запасних частин на складах та місцях проведення планового ТОiP тощо

Ця стратегія розповсюджується на всі функціональні автоматизовані системи авіоніки ПС, якщо це економічно обумовлено та виправдано.

Принцип «нульового ТОiP» можливий, але може втратитись історія «відмови»: неможливо визначити час «відмови»; експлуатант фізично не готовий до негайного усунення «відмови»,

у результаті чого приймається рішення експлуатації з «відмовою», якщо це дозволяється керівництвом з льотної експлуатації ПС, або ПС виводиться з експлуатації до прийняття рішення усунення «відмови».

Модульність фізичного виконання обладнання функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС, та централізованих бортових систем діагностики і вбудованих систем контролю (в тому числі апаратної та програмної частини) знижує вартість володіння за рахунок швидкого виявлення відмов, та реагування щодо їх усунення.

Взаємозамінність необхідна експлуатантам та виробникам функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС для досягнення економічного ефекту і розподілу вартості їх проєктування та експлуатації. Бажаним є забезпечення взаємозамінності продукції різних розробників.

Висновки

У результаті дослідження проблематики статті визначено:

– життєвий цикл автоматизованої функціональної системи авіоніки ПС складається з етапів «проєктування», «сертифікації», «серійного виробництва», «експлуатації», а дослідження статті стосується в основному етапів «проєктування» та «експлуатації»;

– представлено філософію та методологію системного підходу застосування ієрархічної структури системної моделі реалізації економічної ефективності щодо впровадження функціональних автоматизованих систем авіоніки ПС;

– показник «відмовостійкості» здатний забезпечувати надійне функціонування автоматизованих систем авіоніки ПС на певному рівні якості за «відмов» на апаратному та програмному рівнях, здатності виконувати свої функції та працювати за часткових «відмов»;

– кінцева ціль проєктування полягає в ефективному результаті проєктної діяльності з необхідним рівнем якості за заданих ресурсів та за певний момент часу;

– кінцева ціль експлуатації полягає в мінімізації вартості володіння функціональною автоматизованою системою авіоніки ПС без втрати необхідного рівня якості під час її ЖЦ;

– критерій системної економічної ефективності полягає в **вартості володіння** за час ЖЦ ПС та функціональних автоматизованих систем авіоніки в складі цього ПС;

– **системна модель вартості володіння** функціональними автоматизованими системами

авіоніки складає рекомендації до забезпечення конструктивних та схематичних рішень для забезпечення максимального зменшення резервування (ваги, об'єму, паливної ефективності) до мінімуму з рядом можливостей, які наведені в статті;

– стратегія ТОіР пропонує ряд принципів, що вплинуть на зменшення вартості ТОіР як за рахунок уведення до складу авіоніки ПС централізованих бортових систем діагностики і вбудованих систем контролю, так і за рахунок логістичного забезпечення наявності запасних частин на складах та місцях проведення планового ТОіР.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Ільєнко С. С., Захарченко В. П., Єнчев С. В., Ільєнко А. В. Функціональні автоматизовані системи та комплекси повітряних суден: навч. посібник. К.: НАУ, 2019. 160 с.
- [2] Захарченко В. П., Єнчев С. В., Товкач С. С., Ільєнко С. С. Системна ефективність програмованої експлуатації авіоніки: монографія / за заг. ред. д. т. н., проф. В. М. Воробйова. К.: НАУ, 2018. 192 с.
- [3] Захарченко В. П., Єнчев С. В., Ільєнко С. С., Товкач С. С., Ільєнко А. В. Методи та засоби забезпечення резервування авіоніки: монографія / за заг. ред. д. т. н., проф. В. М. Воробйова. К.: НАУ, 2020. 276 с.
- [4] Радько О. В., Мельник В. Б. Процеси та системи управління якістю в авіації: навч. посібник. К.: НАУ, 2020. 188 с.
- [5] ARINC 651 Руководство по проектированию интегральной модульной авиационной электроники: пер. с англ. США. Мериленд, 1991. 278 с.
- [6] Воробьев В. М., Захарченко В. А., Ильенко С. С., Новикова М. В. Методологические основы задач оптимизации, планирования и управления экономической эффективностью авионики по критерию «затраты – выгоды». *Проблеми інформатизації та управління*. 2007. Вип. 2 (20). С. 57–66.
- [7] Захарченко В. П., Ільєнко С. С., Курганський О. Ю., Мухін В. В.. Побудова, експлуатація та технічне обслуговування централізованих бортових систем діагностики і вбудованих систем контролю авіоніки сучасних повітряних суден. *Наукоємні технології*. 2016. Вип. 4 (32). С. 434–440.
- [8] Moir, I., Seabridge, A., & Jukes, M. Civil avionics systems. John Wiley & Sons. 2013.
- [9] Wyatt, D., & Tooley, M. Aircraft Electrical and Electronic Systems. Routledge. 2018.

Ільєнко С. С., Захарченко В. П., Ільєнко А. В., Тихонов В. В.
**ПЛАНУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ЕТАПАХ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ АВІОНІКИ З УРАХУВАННЯМ
ЕКОНОМІЧНИХ СКЛАДОВИХ**

Планування впровадження функціональних автоматизованих систем авіоніки сучасних повітряних суден на етапі проектування та подальшої їх експлуатації передбачає застосування певного структурованого системного підходу, який в повній мірі буде враховувати як технічну так і економічну складову ефективності цього процесу. Достатньою метою такого впровадження має бути отримання ефективного результату під час експлуатації серійних повітряних суден певного типу, з забезпеченням достатньої якості функціонування та виконання вимог міжнародної нормативно-технічної документації органів сертифікації та безпеки авіації, що регулюють її діяльність, охоплюють як державні так і міждержавні зв'язки та умови експлуатації авіаційної техніки (з обов'язковим урахуванням експлуатаційних особливостей по всій земній кулі). Такими органами сертифікації та безпеки авіації є всесвітньо відомі ICAO, FAA, МАК, IATA, EASA, ECAC, AFCAC, LACAC, EUROCONTROL, COCESNA, ACI, IAQG, які охоплюють як регіональний, так міждержавний рівні з обов'язковою участю уповноважених органів незалежних держав, на території яких юридично знаходяться експлуатанти авіаційної техніки (як авіалінії так і аеродромна інфраструктура). Процес забезпечення економічної ефективності та достатньої якості функціонування автоматизованих систем авіоніки повинен враховувати весь життєвий шлях сучасного повітряного судна поетапно, а саме «проектування», «сертифікацію», «серійне виробництво» та «експлуатацію». При розгляді проблематики, яку охоплює дане дослідження, особливу увагу приділено етапам саме проектування та експлуатації. Цільове планування експлуатації дослідних функціональних автоматизованих систем авіоніки сучасних повітряних суден не буде в повній мірі ефективне та залежить від стратегії якісного технічного обслуговування і ремонту (TOiP). Економічним критерієм доцільності такого планування впровадження функціональних автоматизованих систем авіоніки є показники, які враховують «затрати» та «вигоди» такого впровадження та економічну ефективність експлуатації таких систем.

Ключові слова: функціональна автоматизована система; авіоніка; експлуатація; життєвий цикл; системна модель; технічне обслуговування та ремонт.

Pyenko S., Zakharchenko V., Pyenko A., Tykhonov V.
**IMPLEMENTATION PLANNING AT THE STAGES OF DESIGN AND OPERATION OF
FUNCTIONAL AUTOMATED AVIATION SYSTEMS ON THE BASE OF ECONOMIC
CRITERION**

Planning the implementation of functional automated avionics systems of modern aircraft at the design stage and their subsequent operation involves the use of a structured system approach, which will fully take into account both the technical and economic component of the efficiency of this process. The sufficient purpose of such implementation should be to obtain an effective result during the operation of serial aircraft of a certain type, ensuring sufficient quality of operation and compliance with international regulatory and technical documentation of aviation certification and safety bodies, regulating its activities, covering both state and interstate communications and operating conditions of aircraft (with mandatory consideration of operational features throughout the replacement bullet). Such certification and aviation safety bodies are the world-famous ICAO, FAA, IAC, IATA, EASA, ECAC, AFCAC, LACAC, EUROCONTROL, COCESNA, ACI, IAQG, which cover both the regional and interstate levels with the obligatory participation of authorized bodies territories of which are legally located aircraft operators (both airlines and airfield infrastructure). The process of ensuring economic efficiency and sufficient quality of operation of automated avionics systems should take into account the entire life path of a modern aircraft in stages, namely "design", "certification", "serial production" and "operation". When considering the issues covered by this study, special attention is paid to the stages of design and operation. Targeted planning of operation of experimental functional automated avionics systems of modern aircraft will not be fully effective and depends on the strategy of quality maintenance and repair. The economic criterion for the feasibility of such planning for the implementation of functional automated avionics systems are indicators that take into account the "costs" and "benefits" of such implementation and the cost-effectiveness of such systems.

Keywords: functional automated system; avionics; operation; life cycle; system model; maintenance and repair.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2021 р.
Прийнято до друку 10.03.2021 р.