

УДК 519.816

Д.М. Обідін

*Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград*

## АНАЛІЗ ТЕПЕРІШНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ПОБУДОВИ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА СИСТЕМ

*Проаналізовано існуючі підходи до побудови систем управління, а також деяких авіаційних комплексів. Визначено найбільш перспективні напрямки розвитку літальних апаратів, зокрема систем автоматичного управління.*

**Ключові слова:** літальний апарат, система автоматичного управління, ефективність системи, функціональна стійкість.

### Вступ

На даний час існуючі підходи до побудови та проектування систем автономного управління (САУ) не повною мірою забезпечують сучасним вимогам безпеки польотів. Зміни льотно-технічних характеристик літальних апаратів (ЛА), розвиток авіаційної техніки характеризуються розширенням багатомірних експлуатаційних областей в просторах станів з одно часовим підвищенням надійності, точності та безпеки виконання польотів, що вимагає при проектуванні САУ нового підходу. Характерною рисою такого підходу є комплексна розробка, що дозволяє спочатку проектувати структуру системи в цілому, а потім уже виконувати технічне проектування окремих складових елементів і пристроїв, параметри яких повинні задовольняти вимогам до системи. Складність системи, наявність багатьох перехресних зв'язків між підсистемами породжує такі властивості системи в цілому, які не визначаються відомими властивостями окремих елементів. Тому відомо, що складна система, створена з окремих елементів, можливо, навіть оптимально побудованих, може бути неоптимальною в цілому й навпаки [1, 2].

**Метою даної статті** є аналіз існуючих підходів до побудови систем управління, а також деяких авіаційних комплексів для того, щоб визначити найбільш перспективні напрямки розвитку ЛА.

Складність САУ, насиченість різноманітними за призначенням, принципом дії і конструктивним виконанням комплектуючих підсистем, пристроїв та елементів з різними показниками якості викликають серйозні труднощі в оцінці її ефективності. Система і всі її складові частини характеризуються станом в просторі та часі. Стан системи в цей момент визначається множиною значень істотних змінних: параметрів і характеристик, які має система. Параметри або аргументи – це незалежні змінні. Характеристики або функції залежать від параметрів і взаємозв'язків. Властивості визначаються через відносини, за якими можна встановити стан системи. Кожній конкретній системі, у

тому числі й САУ, властивий певний набір параметрів і характеристик, що визначає її поведінку та функціонування у взаємодії із зовнішнім середовищем і внутрішніми змінами. Природно, що при математичному описі, а, отже, і при моделюванні, з метою спрощення виділяються тільки основні властивості системи, відкидаються другорядні, що не здійснюють значного впливу на процес її функціонування [2].

Кількісно критерії порівняння варіантів технічних рішень, що застосовуються в процесі створення та експлуатації, визначають через показники ефективності. Аналіз показав, що структура комплексних показників досить різноманітна і вони можуть містити в собі, крім міри відповідності своєму призначенню, вартість та інші, різні за своїм змістом показники, то найбільш часто ефективність визначається як міра доцільності вибору того або іншого технічного рішення, що визначає характеристики технічної системи при проектуванні, або методу її застосування при експлуатації. Інакше кажучи, під ефективністю складної авіаційної людино-машинної системи, як правило, розуміють ступінь її пристосованості виконувати ті функції, заради яких вона створена [2]. Показниками ефективності можуть служити різні за характером величини. Вибір показника визначається пріоритетом цілей створення системи. При створенні системи намагаються врахувати, за можливістю, всі критерії ефективності. Розмаїття критеріїв часто приводить до протиріччя між ними. У цьому випадку рішення, що задовольняє всім критеріям, є компромісним варіантом.

### Основний результат

Після дослідження сучасної літератури ми можемо виділити декілька груп показників, які виступають в ролі критеріїв ефективності складних технічних комплексів (систем), що можуть бути застосовані до САУ при побудові перспективних ЛА.

До першої групи показників відносять критерій безпеки польотів, тобто максимальної безпеки для життя людей [3, 4].

До другої групи віднесемо тактико-технічні характеристики системи, які безпосередньо характеризують якість функціонування без урахування можливих позаштатних ситуацій. Наприклад, швидкість, висота, точність, швидкодія, дальність, маса тощо.

В третю групу виділимо показники, що характеризують систему в процесі експлуатації під впливом потоку відмов, тобто показники надійності. Заходи щодо підвищення надійності системи зменшують кількість відмов, підвищують довговічність і ремонтоздатність системи [5 – 8].

Бажання зберегти систему функціонуючою, нехай з погіршенням деяких характеристик, в результаті локальних відмов, привело до формування четвертої групи показників – показників відмовостійкості [1, 3].

Щоб оцінити здатність системи функціонувати, хоча б із гіршою якістю, в результаті ушкоджень, використовують показники живучості, які умовно віднесемо до п'ятої групи.

До шостої групи показників ефективності відносять показники, що характеризують властивість функціональної стійкості системи. Професором Машковим О.А. вперше введено поняття функціональної стійкості динамічної системи [1], «як властивості системи, що полягає в здатності виконувати хоча б установлений мінімальний об'єм своїх функцій при відмовах в інформаційній, обчислювальній та енергетичній частинах системи, а так само впливів зовнішніх дій, які передбачені умовами експлуатації».

Аналізуючи заходи забезпечення відповідних властивостей систем функціональна стійкість складної технічної системи авіаційного призначення поєднує властивості надійності (безвідмовності), відмовостійкості та живучості. Показники функціональної стійкості відображують результат стратегії її забезпечення шляхом перерозподілу існуючої надмірності або ресурсів у позаштатних ситуаціях і безпосередньо впливають на побудову та експлуатацію системи.

Забезпечення функціональної стійкості досягається застосуванням у складній системі різних, уже існуючих, видів надмірності (апаратної, структурної, часової, інформаційної, функціональної, навантажувальної та ін.) шляхом перерозподілу ресурсів з метою парирування наслідків позаштатних ситуацій. Особливу увагу в теорії функціональної стійкості звернено на те, що на етапі проектування не повинна вводитися додаткова надмірність, а парирування наслідків позаштатних ситуацій здійснюється перерозподілом уже існуючих ресурсів. Завдання полягає у виявленні вже існуючої надмірності і формуванні сигналів у потрібний момент на її перерозподіл. В цьому і є принципова відмінність задачі забезпечення функціональної стійкості від задачі побудови структурно-надмірних систем.

За стратегією забезпечення функціональної стійкості професора Машкова О.А., парирування наслідків зовнішніх впливів, передбачених умовами, здійснюється в 3 етапи: виявлення; розпізнавання; парирування [1]. Виявлення залежить в основному від ступеня виразності так званого приваблиючого ефекту. При добре вираженому приваблиючому ефекті ситуація відразу звертає на себе увагу. Відмови із середнім приваблиючим ефектом виявляються, як правило, шляхом порівняння заданих параметрів, що характеризують рух, і поточних параметрів. Відмови з низьким приваблиючим ефектом виявляються тільки шляхом порівняння стану декількох вимірювальних, обчислювальних, виконавчих систем. Процес розпізнавання відмов визначається наявністю або відсутністю конкретної інформації про їх виникнення. Етап парирування наслідків позаштатних ситуацій полягає у формуванні та впливі на систему так званого відновлюючого управління. Під відновлюючим управлінням розуміється управління, що парирує наслідки відмов, збоїв, руйнувань, а також впливів інших зовнішніх дестабілізуючих чинників, передбачених умовами, з метою збереження, хоч і з деяким погіршенням, основних функцій системи шляхом перерозподілу надмірності [1].

Теорія функціональної стійкості перебуває в стадії розвитку, і на наш погляд, формування показників функціональної стійкості як показників ефективності складних технічних систем є важливим напрямком наукових досліджень. Аналіз інтелектуальної функціональної стійкості САУ, як складної авіаційної системи, дозволяє оцінити, на скільки реальний процес функціонування системи буде відповідати розрахунковому, тому що завжди при розрахунках користуються наближеними моделями, і цілий ряд факторів не враховується.

Наведемо загальне визначення інтелектуальної функціональної стійкості САУ. У загальному випадку під функціональною стійкістю мають на увазі збереження деякої властивості процесу функціонування відносно збурювання, або невизначеності деяких параметрів системи, або її математичної моделі. При цьому обов'язково повинен бути обговорений припустимий клас збурювань [2].

Функціональна стійкість інтелектуальної системи автоматичного управління ЛА – це її властивість перебувати в стані працездатності, тобто виконувати необхідні функції протягом заданого інтервалу часу або наробітку в умовах відмов складових частин із-зі зовнішніх і внутрішніх факторів.

Аналіз літератури показав, що при рішенні задач структурного і параметричного синтезу широко використовується поняття стійкості. При цьому, крім установлення факту стійкості, визначається запас стійкості відповідно до конкретної ознаки, а також області стійкості у фазовому просторі пара-

метрів системи. Однак аналіз різних понять стійкості, методів визначення стійкості показав, що класична теорія стійкості оперує в основному з динамічними системами, які описуються системою диференціальних рівнянь у різних модифікаціях: лінійні, нелінійні, цифрові, стохастичні, адаптивні, оптимальні та інші системи. Проблема визначення стійкості складних організаційних систем, до класу яких відноситься САУ, на сьогоднішній день залишається вирішеною не повністю. Здатність САУ виконувати необхідні функції при зовнішніх і внутрішніх впливах, здійснювати вибір оптимального режиму функціонування за рахунок власних внутрішніх ресурсів, перебудови структури, зміни функцій окремих підсистем та їх поведінки характеризується властивістю функціональної стійкості. Основною особливістю функціональної стійкої САУ є здатність деградувати на структурному рівні до повної відмови системи, тобто виключати зі структури елементи, що відмовили, перебудовувати структуру, налагоджувати параметри системи для пристосування до нових умов експлуатації.

Таким чином, забезпечення САУ властивості функціональної стійкості є актуальним. Аналіз наукових праць показав, що теорія синтезу функціонально стійких складних технічних систем розроблена та розвинута для динамічних [1], розподілених інформаційних систем [3], псевдосупутникових радіонавігаційних [9] та автоматизованих систем управління повітряним рухом.

## Висновок

Проаналізувавши існуючі теорії нам вдалось виділити декілька груп показників, які виступають в ролі критеріїв ефективності складних технічних комплексів, що можуть бути застосовані до САУ при побудові перспективних ЛА. Крім того, можемо зробити висновок, що розглянута теорія не може бути застосована з ряду причин для забезпечення функціональної стійкості в автоматизованій системі управління повітряним рухом, тому, що принцип дії

інтелектуалізовано САУ істотно відрізняється від досліджуваних раніше складних технічних систем.

## Список літератури

1. Артюшин Л.М. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / Л.М. Артюшин, О.А. Машков. – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
2. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
3. Неділько С.М. Технологічні основи забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом / С. М. Неділько, Г. Л. Баранов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: "ХАІ", 2011. – № 9 (86). – С. 202 – 206.
4. Барабаш О.В. Побудова нечіткої бази знань системи управління складною організаційно-технічною системою / О.В. Барабаш, В.А. Савченко, А.С. Слюняев // *Авиационно-космическая техника и технология: Наукотехнический журнал*. – Х., 2010. № 2(69). – С. 79 – 82.
5. Барабаш О.В. Формування принципів координації систем планування розподілу повітряного простору / О.В. Барабаш, О.Б. Котов, Р.В. Хращевський // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – К.: ЦНДІ НІУ, 2012. – Вып. 1(21). – Т. 2. – С. 30 – 34.
6. Барабаш О.В. Рекомендації щодо створення адаптивної системи планування розподілу повітряного простору / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, Р.В. Хращевський // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – К.: ЦНДІ НІУ, 2012. – Вып. 3(23). – С. 13 – 17.
7. Гостев В. И. Способы обеспечения отказоустойчивости бортовых вычислительных систем на основе их самоконтроля / В. И. Гостев, О. А. Машков, В. А. Машков // *Кибернетика и вычислительная техника*. – 1997. – Вып. 109. – С. 38 – 51.
8. Согомонян Е.С. Самопроверяемые устройств и отказоустойчивые системы / Е.С. Согомонян, Е.В. Слабаков. – М.: Радио и связь, 1989. – 208 с.
9. Кравченко Ю. В. Применение метода последовательного увеличения ранга  $k$ -однородного матрицы в задаче синтеза структуры псевдоспутниковой радионавигационной системы / Ю. В. Кравченко // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. – К.: 2008. – №2(2). – С. 19 – 22.

Надійшла до редколегії 27.03.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук доц. Р.В. Хращевський, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ

Д.Н. Обидин

*Проанализированы существующие подходы к построению систем управления, а также некоторых авиационных комплексов. Определены наиболее перспективные направления развития летательных аппаратов, в том числе систем автоматического управления.*

**Ключевые слова:** летательный аппарат, система автоматического управления, эффективность системы, функциональная устойчивость.

## ANALYSIS OF CURRENT AND PERSPECTIVE METHODOLOGICAL APPROACHES TO CONSTRUCTION OF AIRCRAFT COMPLEXES AND SYSTEMS

D.M. Obidin

*Existing approaches to building management systems, as well as some aviation systems are analyzed. The most prospective branches of aircraft, including automatic control systems are defined.*

**Keywords:** aircraft, automatic control system, system efficiency, functional stability.