

ІНФОРМАЦІЙНО-ОРГАНІЗМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СКЛАДНИХ ЕРГОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуті питання методології забезпечення функціональної стійкості складних систем. Показано, що в складних організаційних ерготехнічних системах важливе місце в забезпеченні їх функціональної стійкості займатимуть процеси циркуляції і засвоєння інформації в системі. На основі інформаційно-організмичного підходу до функціонування складних систем, визначені закони керування системою, що задовольняють умовам забезпечення функціональної стійкості авіаційної бойової системи. Показана можливість створення в авіаційній бойовій системі досконалих підсистем, в яких людина і машина з'єднані у функціонально єдину структуру на основі використання фундаментальних принципів поведінки живих організмів, з використанням методи теорії управління. Запропоновано процедуру визначення законів керування системою, що задовольняють умовам забезпечення функціональної стійкості авіаційної бойової системи з метою прогнозування динаміки застосування угруповань тактичної авіації у конкретних умовах застосування, та зменшення ймовірності здійснення операторами та особами, що приймають рішення, помилкових та нераціональних дій в усій області прогнозованого застосування системи.

Ключові слова: організмичний підхід; функціональна стійкість; ерготехнічна система.

Вступ

Сучасними закономірностями збройної боротьби, які визначені змінами в озброєнні і способах ведення бойових дій можна вважати:

ведення збройної боротьби із застосуванням засобів нового технологічного рівня з використанням сучасних авіаційно-космічних та інформаційних технологій і широким застосуванням високоточних засобів ураження, систем управління військами, розвідки та інших систем забезпечення;

ураження на відповідних етапах бойових дій у першу чергу не угруповань сухопутних військ, а систем їх матеріально-технічного забезпечення, важливих центрів державного та військового управління, об'єктів воєнно-промислового комплексу.

Виходячи з наведеного, можна сказати, що ведення бойових дій авіацією – комплексний та динамічний процес великої складності. В його здійсненні приймає участь велика кількість спеціалістів, що керують різноманітною військовою технікою, технічними засобами та комплексами, застосовують різноманітне озброєння. У попередніх дослідженнях доводиться, що військово угруповання за своїми ознаками є складною ерготехнічною системою і може бути розкладено на низку підсистем, які функціонують заради досягнення єдиної мети. Сукупність організаційно пов'язаних елементів, що ведуть та забезпечують бойові дії угруповання тактичної авіації в інтересах Збройних Сил України, пропонується називати авіаційною бойовою системою (АБС), яка поділяється на низку підсистем, які є, очевидно, авіаційними ергатичними системами (АЕС).

Як видно з наведеного, при незмінності форм та способів застосування, ефективність застосування АБС зростає за рахунок вдосконалення структури та функціональних зв'язків між елементами системи. Однією із важливіших властивостей системи є її стійкість, тобто здатність системи зберігати свої властивості, функції та задану ступінь ефективності застосування при впливі противника та структурній деградації системи.

Необхідною та достатньою умовою функціональної стійкості угруповання тактичної авіації можна покласти існування такого складу елементів і зв'язків між ними, при якому система продовжує виконувати хоча б мінімально необхідні функції з заданою ефективністю, а також мала б достатню надмірність для парирування наслідків структурної деградації [1,2].

Тобто, необхідно виявити надмірність системи (структурну, інформаційну, енергетичну, функціональну, часову та ін.) та реалізувати шляхом перерозподілу ресурсів в системі. Наприклад інформаційну надмірність вважається можливим реалізувати, використовуючи принципи мережоцентричності бойових дій [3].

Мережоцентричність - принцип організації систем управління, що дозволяє реалізувати режим ситуаційної обізнаності завдяки формуванню і підтриманню єдиної для всіх ярусів управління, цілісної, контекстної інформаційного середовища і включення в процес її безперервної актуалізації можливо більшого числа джерел первинної інформації.

Ефективність мережевих структур підтверджена математичним законом Меткалфа, відповідно до якого "корисність" і "ефективність"

мережі пропорційна квадрату числа її вузлів. Математичною моделлю, що найближче описує ці процеси, є закон Амдала. Закони Меткалфа та Амдала вказують, що для реалізації принципу мережочентричності доцільно та необхідно надати системі максимальну однорідність елементів, що дозволяє виконувати швидкий та однозначний перерозподіл завдань в системі, постановку типових задач, уніфікації забезпечення та єдину систему управління.

Але, при застосуванні різнорідних за елементною базою систем для забезпечення функціональної стійкості потрібно знаходити досконаліші способи перерозподілу, засвоєння та реалізації інформації в системі, що можна зробити з застосуванням нових системотехнічних принципів забезпечення бажаних властивостей системи. Через наявність в АБС та АЕС великої кількості людей вважається доцільним застосовувати інформаційно-організмичний підхід [4] для дослідження та побудови досконалих систем, та підвищити ефективність застосування за рахунок використання всіх видів надмірності в системі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Функціональна стійкість АЕС військового призначення безпосередньо залежить від здатності різних підсистем, що входять в структуру АЕС, безпомилково виконувати свої виробничі функції. Тому безпомилковість роботи - головний показник, по якому оцінюється ефективність функціонування різних підсистем АЕС у всіх ситуаціях і у всьому діапазоні очікуваних умов застосування. В системотехнічній моделі АЕС [4] показано, що оператор і машина є елементами однієї структури, оперують загальною інформацією, мають загальну мету - управління поточним станом об'єкта управління для ефективного, безперервного і економного застосування. Тому ефективність функціонування АЕС залежить від результатів вирішення таких задач, як організація структури АЕС, вибір кваліфікованого складу операторів, розподіли функцій між ними і технічними засобами, оптимізації взаємодії оператора з засобами діяльності, де як змінні виступають людські і машинні компоненти.

Якщо характеристики оператора розглядаються як незалежні змінні, то, змінюючи їх в потрібну сторону, можна підвищувати ефективність взаємодії людини з конкретною технічною системою, що має фіксовані параметри. Підготовка фахівця з необхідними професійними якостями досягається методами профвідбору, навчання і тренування. Оцінка досягнутого рівня підготовки фахівця ґрунтується на аналізі параметрів, що визначають показники точності, часу і надійності його діяльності. Вказані методи адаптації людини до технічних засобів направлені на формування спеціальної професійної підготовки особового складу АЕС, які по своїх особових характеристиках найкращим чином взаємодіятимуть з відповідним видом авіаційної техніки. Проте можливість цих методів обмежені,

оскільки людина як біологічна система має обмежені можливості по зміні своїх характеристик.

Підвищення ефективності роботи АЕС можна добиватися за рахунок пристосування технічного засобу до людини. При цьому людина розглядається як елемент з малозмінними або фіксованими характеристиками, а параметри машини і середовище розглядаються як незалежні змінні, властивості яких змінюються в необхідному напрямі. Оскільки машина і частина середовища на робочому місці штучно створюються людиною, можливості додання ним бажаних властивостей для ефективного вирішення певного класу задач практично необмежені. При пристосуванні машини до людини використовуються методи сучасної системної інженерії і досягнення науко-технічного прогресу, які дозволяють створювати складні структури авіаційних систем з наперед заданими властивостями, найкращим чином злагожені з робочими характеристиками оператора даної кваліфікації [5]. З погляду забезпечення функціональної стійкості основні з цих властивостей - здатність технічних пристроїв попереджати і нівелювати помилки людини у всьому діапазоні очікуваних умов застосування.

Адаптація характеристик людини до системи, що застосовується за цільовим призначенням і робочого середовища і пристосування системи та і змінної частини середовища до можливостей людини - два доповнюючі один одного напрями, що мають свої області і методи дослідження. Проте АБС - єдина поліергатична та ерготехнічна система, тому об'єднання людини і технічних засобів доцільно ґрунтувати на концепції цілісності, що передбачає створення органічно-цілісних структур, функціональні властивості яких принципово сприяють безпомилковій роботі особи-оператора. Основною методологією цілісної побудови АБС є організмичний підхід, суть якого полягає у використуванні досягнень еволюції живих організмів для побудови людино-машинних систем. Правомірність такого підходу обґрунтована тим, що в існуючому середовищі (природному і штучному) є самі різні системи (організми), що досягають власну мету, борються за своє існування, але підкоряються загальним, немінучим і єдиним законам природи.

Як показує еволюційний аналіз [6], структура і форми організації управління в живому організмі, як показав природний відбір, є найбільш доцільною. Свідомство цьому - те очолюючи положення, яке людина і інші живі організми займають в сучасній природі. Тому можна стверджувати, що вищим проявом органічної цілісності є людський організм і побудова ергатичних систем, високоєфективних у застосуванні за призначенням, повинна здійснюватися за найдосконалішими принципами і формами, тобто аналогічно живим організмам. В цьому випадку в АЕС забезпечуватиметься:

максимальна безпомилковість дій людини-оператора, оскільки він взаємодіятиме з технічним середовищем, структура і перебіг процесів в якій аналогічна структурі і організації його організму;

ефективність рішення задач застосування, оскільки живі організми найбільш пристосовані для функціонування в існуючому середовищі, що включає очікувані умови застосування.

Наслідком організмичного підходу є твердження, що технічна частина АЕС є штучне продовження організму людини, його додавання, технічна надбудова, що збільшує його можливості. Дійсно, яку б технічну систему не робила людина, значення її доповнити, усилити місце організму, з тим щоб створити можливості для вирішення нових задач. В цьому значенні бойові літаки, наприклад, виступають як технічна надбудова, що підвищує швидкість і дальність переміщення людини та впливу всієї системи, розширюючи її можливості по доставці людей, вантажів, зброї в задану точку простору.

Радіотехнічні комплекси, наприклад, забезпечують оператору та особі, що приймає рішення огляд повітряного простору і зв'язок на сотні кілометрів. Потужним засобом для посилення можливостей оператора з переробки інформації є ЕОМ, що здатні з високою швидкістю обробляти і аналізувати багатовимірні інформаційні потоки. За час свого існування людина створила і продовжує створювати безліч технічних систем, які утворили навкруги нього ціле технічне середовище. Тому можна затверджувати, що еволюція людини продовжується за допомогою безперервної надбудови його організму технічними системами все більшої складності. Втілення організмичного підходу при організації робочих процесів в АЕС дозволяє ефективно вирішувати задачі застосування, але вимагає фактичної сумісності людини і технічної надбудови в рамках єдиної структури на рівні тих закономірностей, які характерні для живих організмів. Ретельне дослідження цих закономірностей дозволяє визначити ряд базових принципів, завжди що виявляються в тому або іншому ступені в поведінці ерготехнічних систем і забезпечують ним успіх. Ці принципи, названі організмичними, включають принципи активності, функціонального гомеостазу, гомеостазу стану, автономності, стаціонарності, якнайменшої взаємодії, раціональності і ін. [4]

Множинність принципів функціонування живих організмів не є недоліком, а, навпаки, свідчить про їх досконалість, що виявляється у формі безлічі реакцій пристосування, що реалізують організмичні принципи і забезпечують здатність біосистем зберігати свої специфічні особливості в умовах різноманітних дій агресивного середовища. Кожний з організмичних принципів має своє смислове значення і відображає окремі характерні риси поведінки живого організму. Тому в теорії ергатичних систем безліч принципів з'єднана в підсистемі відповідно до основних, характерних властивостей біосистем, такими як поведінка, організація, реалізація і природний відбір. Відповідно до цього множина організмичних принципів об'єднується в наступні підсистеми:

фундаментальних властивостей поведінки АЕС;

структурно-функціональної організації АЕС; реалізації функціональних структур АЕС; відбору з безлічі АЕС, що розглядаються, якнайкращих.

Стосовно задачі забезпечення функціональної стійкості організмичні принципи визначають систему закономірностей, виконання яких в АЕС свідчить про її досконалість (в організмичному значенні), а отже, і максимальних можливостей по ефективному виконанню функцій щодо застосування за призначенням. Усі організмичні принципи важливі і грають певну роль в досягненні ефективності функціонування АЕС та АБС. Проте найістотнішими для функціональної стійкості АБС на нашу думку є ті принципи, які визначають поведінку АЕС (форми руху системи параметрів в фазовому просторі станів), по якій судять про виконання умов забезпечення функціональної стійкості. Основні з них - це принципи активності і функціонального гомеостазу.

Принцип активності. Системне значення цього принципу полягає в тому, що в досконалій АЕС технічна частина не повинна обмежувати можливості людини по ефективному виконанню задач застосування. Ефективність в даному випадку забезпечується можливістю виконувати діяльність за призначенням різними способами і по різних схемах функціонування. В цьому принципі відображається здатність живих організмів скоювати більш різноманітні дії, ніж найпростіші акти типу "стимул-реакція", тому досконала ергатична система не тільки реагує на сигнали, але і сама прагне взаємодіяти з середовищем. Наприклад, в системі "екіпаж-літак" принцип активності найбільшою мірою виявляється на одному з найвідповідальніших етапів польоту -- бойовому маневруванні у вигляді високої різноманітності способів заходу на ціль. Так, сучасний бойовий літак може заходити на ціль з прямої, по прямокутному маршруту, зі складних видів маневру, з різними курсами, швидкостями, з використанням різноманітних радіотехнічних і світлотехнічних засобів, в автоматичному або ручному режимі, з різним положенням механізації.

Ця різноманітність дозволяє екіпажу активно діяти в обстановці, що склалася, свідомо і творчо вибирати різні варіанти маневру для забезпечення основної s_k мети – ефективного та безпечного застосування літака. Аналогічно для кожної АЕС існує своя безліч цільових задач $s_k, k = 1, 2, 3, \dots$, які оператор намагається виконати за допомогою певних h_1 - алгоритмів, $l = (1, 2, 3, \dots)$ в межах встановлених обмежень Q_x . Стосовно такої АЕС принцип активності виконується, якщо існує деяка множина h_1 - алгоритмів дій оператора, що веде до виконання намічених s_k цілей у всьому діапазоні очікуваних умов застосування:

$$\exists h_1 = \langle x_1, s_k, l \rangle, l > k, w \in W \quad (1)$$

де x_1 - сукупність вхідних сигналів;

l - ситуація функціонування системи;

w - вектор збурюючі впливів на систему.

Чим вище активність АЕС ($1 \rightarrow \max$), тим більшу різноманітність управління має в своєму розпорядженні оператор, тим повніше його потенційні можливості по виконанню завдання і забезпеченню ефективного застосування підсистеми (системи). Прояв принципу активності (1) при роботі АЕС на будь-яких режимах - одна з необхідних умов забезпечення ефективного застосування.

Принцип функціонального гомеостазу. Системне значення цього принципу полягає в тому, що в досконалій АЕС повинні забезпечуватися стабільні, функціональні h -дії оператора при вирішенні всієї безлічі задач, для виконання яких вона призначена. Явище гомеостазу характерно для біологічних систем і виявляється у вигляді сукупності реакцій пристосування, спрямованих на стабілізацію життєво важливих, істотних змінних організму при дії збурюючих чинників зовнішнього і внутрішнього середовища. Наприклад, температура тіла, освітлення сітківки ока, концентрація глюкози і луги в крові, об'єм циркулюючої крові і інші практично не змінюються при значних змінах погодних умов, режимів живлення, праці і відпочинку.

По відношенню до $x(t)$ (поведінка АЕС) h -дії оператора можна розглядати як істотні змінні, різноманітність яких для ефективного функціонування АЕС повинна змінюватися в певних стабільних межах. Це зв'язано з тим, що можливості оператора по формуванню, зберіганню (запам'ятовуванню) і реалізації h_1 -алгоритмів є кінцеві. В системі "екіпаж-літак", наприклад, принцип функціонального гомеостазу виявляється у вигляді системи вимог нормативних документів з виконання застосування за типовими схемами, прийомами, маршрутами, що добре зарекомендували себе. Необхідність забезпечення функціонального гомеостазу в роботі АЕС задається в різних нормативних документах у вигляді вимог на обмеження дій оператора в тих або інших умовах. Функціональний гомеостаз в АЕС забезпечується організацією таких умов роботи оператора, щоб його взаємодія з технічними системами, зовнішнім і внутрішнім середовищем відбувалося при обмеженій різноманітності h_1 -дій, $l \in L$, L - обмеження на складність h_1 -дій

Для формалізації принципу функціонального гомеостазу стосовно моделі АЕС

$$\left. \begin{aligned} dx/dt &= f(x, u, w, t); \\ u &= \varphi(x_2, h, t); \\ h &= \langle x_1, s, t \rangle \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

припустимо, що h_L множина алгоритмів, за допомогою яких можна здійснити виконання s_k мети за заданий інтервал часу T і при певній протидії середовища w . Хай також здійснює деяку множину h_1 -алгоритмів, виконанню яких оператор навчений і при виконанні яких

ефективність застосування всієї АЕС відповідає встановленим вимогам. Тоді властивість функціонального гомеостазу означає, що всі фактичні $x(t)$ поведінки АЕС, що відповідають

h_1 -дій оператора, повинні відповідати умові -

$$h_L(x, s_k, t) \in h_1(x, s_k, t), x(t) \in Q_x, w \in W, t \in T \quad (3)$$

Виконання співвідношення (2) означає, що в процесі функціонування АЕС оператор (ОПР) вирішує всі задачі застосування в класі звичних, знайомих і таких, що добре зарекомендували себе h_1 -дій, де ймовірність здійснення ним помилки мінімальна. Прояв принципу функціонального гомеостазу в роботі АЕС - одна з найважливіших умов для забезпечення функціональної стійкості. Принципи активності і функціонального гомеостазу є основними показниками її досконалості і разом з іншими організмичними принципами визначають необхідні умови ефективної взаємодії людини і технічних засобів і фундаментальні властивості АЕС. Вони відображають ті характерні закономірності, які повинні виявлятися в будь-яких цілеспрямованих діях оператора, щоб при функціонуванні різних АЕС в межах очікуваних умов застосування ймовірність створення загрози втрати функціональної стійкості $R \Rightarrow x \notin Q_x, t \in T$ була мінімальна.

За своїм фізичним значенню вимоги принципів активності і функціонального гомеостазу (1) та(2), носять антагоністичний характер.

Відповідно до принципу активності АЕС повинне забезпечувати можливість формування і виконання оператором максимальної різноманітності, орієнтованих на s_k задач, h_1 -алгоритмів, що дозволяє йому успішно здійснювати функції застосування елементу (підсистеми, системи) в самій різній обстановці і непередбачених ситуаціях.

Відповідно до принципу функціонального гомеостазиса (2) необхідно, щоб для досягнення мети оператор користувався обмеженими діями, оскільки людина як біофізична система може вивчити, освоїти і набути твердих навичок по безпомилковій реалізації кінцевого числа до h_1 -алгоритмів. При імпровізації, використовуванні у застосуванні малознайомих незвичних дій ймовірність помилки оператора підвищується.

При цьому для умов, де в роботі оператора домінує функція активності (рішення складних задач в змінній обстановці), ефективність рішень прямо залежить від ступеня різноманітності h_1 -дій. Чим більше можливості оператора, тим з більшою ефективністю він може виконувати необхідну роботу по управлінню поточним $x(t)$ станом АЕС відповідно до намічених цілей. В умовах, коли домінує принцип функціонального гомеостазу (однотипні задачі, але різні способи виконання мети) l - різноманітність служить мірою важкості роботи оператора, якому для виконання цільової задачі необхідно формувати і реалізувати безліч різних алгоритмів.

Очевидно, чим більше їх різноманітність, тим більше число різних дій необхідно виконувати оператору. Це підвищує ймовірність виникнення помилки, тобто знижує ефективність функціонування всієї АЕС.

Відповідно до принципів активності і функціонального гомеостазу закономірності поведінки АЕС повинні задовольняти суперечливим властивостям. Для максимального здійснення принципу активності потрібне дотримання умови $l \rightarrow \infty$, а для виконання принципу функціонального гомеостазу необхідно, щоб різноманітність дій оператора була мінімальною $l \rightarrow 0$. Проте обидва граничні випадки нереальні, оскільки суперечать вимозі фізичної здійсненності процесу управління.

При $l \rightarrow \infty$ оператор фізично нездатний реалізувати необхідний об'єм роботи, а з умови $l \rightarrow 0$ слідує, що людина (що знаходиться в структурі АЕС) повністю функціонально ізолюється від інформації x, s, t і не в змозі здійснювати процес управління. Відсутність меж в реалізації принципу функціонального гомеостазу суперечить концепції активності, а непомірність властивості активності веде до невиконання найважливішого показника досконалості АЕС. Проте ця суперечність лише уявна. В живому організмі ці принципи не існують один без одного. Вони виявляються спільно і взаємно визначаються в залежності від ситуації, що склалася, складності вирішуваної задачі, стану зовнішнього і внутрішнього середовища. В цьому і виявляється діалектична єдність і протилежність фундаментальних властивостей живого організму, що забезпечує значні можливості людини з пристосування для ефективного виконання різноманітних цільових функцій. Прояв організмичних принципів обумовлює пороговий характер реалізованості фундаментальних властивостей АЕС. В області малих (l_{\min}) різноманітностей h_1 - алгоритмів цей поріг визначається з умови виконання принципу функціонального гомеостазу, але збереження при цьому за умовами вирішуваної задачі інформованості про стан АЕС і навколишнього середовища. В області l_{\max} (вимоги принципу активності) граничні значення залежать від здібностей оператора (рівня професійної підготовки, особових психофізичних характеристик) безпомилково виконувати той обсяг h_1 -дій, що вимагається за умовами вирішуваної задачі і обстановки, що склалася. Таким чином, свої кращі, гомеостатичні форми управління станом АЕС оператор реалізує в класі h -алгоритмів, складність яких визначена інтервалом $[l_{\min}, l_{\max}]$. Порогові характеристики прояву організмичних принципів добре узгоджуються з одним з основних психологічних законів роботи людини – законом Ієркса-Додсона. Він встановлює зв'язок між ефективністю виконання різних задач і рівнем емоційної напруженості оператора. Ефективного рішення

задач одного класу оператор досягає при певному рівні емоційної напруженості.

Напруженість оператора можна оцінити через число елементарних операцій m , виконуваних за одиницю часу. Це означає, що в інтервалі $[l_{\min}, l_{\max}]$ існує сукупність h_1 - алгоритмів, що забезпечують оптимальний рівень емоційної напруженості ($l \in [l_{\min}, l_{\max}]$), при якому ймовірність появи помилки в процесі виконання оператором s_k задачі мінімальна.

Існування оптимальних h_1 - алгоритмів дії оператора показує, що для досконалих АЕС характерним є гармонійне поєднання організмичних принципів, при якому ефективність виконання цільових функцій максимальна. Таким чином, суть організмичної концепції забезпечення функціональної стійкості полягає в створенні і експлуатації в АЕС тільки досконалих АЕС, в яких чоловік і машина органічно з'єднані у функціонально єдину структуру на основі гармонійного поєднання фундаментальних принципів поведінки живих організмів.

Для створення досконалих АЕС використовуються методи теорії управління, відповідно до яких необхідна ефективність функціонування АЕС досягається направленою зміною характеристик об'єкту управління. Це здійснюється наступним чином:

Оператор для виконання виробничої задачі управляє поточним $x(t)$ станом АЕС, використовуючи наявні можливості $u \in U$ і керуючись наміченою s_k метою. Положення керуючих органів змінюється через управляючий пристрій, який узгоджує характеристики людини з характеристиками керованого об'єкту і забезпечує необхідний комплекс динамічних властивостей всієї АЕС.

Об'єднання керованого об'єкту з пристроєм управління складає технічну частину АЕС, яка по відношенню до оператора виступає як деяка цільна машина, але володіюча динамічними властивостями, відмінними від властивостей керованого об'єкту. Це об'єднання називатимемо віртуальним керованим об'єктом (КО).

Динамічні властивості віртуального КО описуються відповідно до (2) системою рівнянь:

$$\begin{aligned} dx / dt &= f(x, u, w, t); \\ u &= \varphi(x_2, h, w, t) \end{aligned} \quad (4)$$

Положення теорії управління [7] стверджують, що, варіюючи u - законами управління, динамічні властивості віртуального об'єкту (4) можна змінити в найширших межах. Це означає, що задача системного синтезу АЕС може бути вирішена шляхом знаходження таких u - законів роботи керуючого пристрою, щоб динамічні властивості віртуального керованого об'єкту відповідали (по відношенню до оператора) вимогам організмичних принципів. В цьому випадку технічна надбудова оператора буде системно і функціонально узгоджена з організмом людини, а вся АЕС відноситиметься до класу досконалих. Процедура синтезу досконалих АЕС складається з декількох етапів. На першому

визначаються множина s_k мети і задач конкретної АЕС, які вона повинна успішно вирішувати в процесі застосування за призначенням.

Обрана мета повинна відповідати формальним вимогам:

$$x(t_k) \in s_k(x) \quad (5)$$

На другому етапі визначаються динамічні властивості віртуального КО з умови забезпечення в АЕС властивості функціонального гомеостазу і збереження активності системи (1) по виконанню s_k мети. Для цього динамічні властивості КО (2) використовують як вихідні. По відношенню до них задаються новими, бажаними, які відповідають комплексу поставлених вимог. До них відносяться вимоги:

незалежності (інваріантності) управляючих дій оператора від неконтрольованих дій w зовнішнього середовища;

здібності системи зберігати в умовах перешкод заданий режим роботи;

однозначної і швидкої реакції віртуального об'єкту на h - управління;

незалежності управління окремими складовими процесу, що мають самостійне функціональне призначення;

здійсненості управління у всій області можливих станів Q_x і ін.

Формування комплексу вимог до властивостей віртуального об'єкту в кожному конкретному випадку має свої особливості і залежить від призначення АЕС, характеру вирішуваних задач, умов функціонування, вимог нормативної документації.

Реалізація організаційних принципів в АЕС здійснюється за рахунок надання віртуальному об'єкту певних властивостей і якостей, які описуються в класі рівнянь, подібних початковій системі (2):

$$dx / dt = f_b(x, h, t) \quad (6)$$

де f_b - вектор-функція, що описує поведінку віртуального об'єкту.

На третьому етапі синтезуються закони роботи управляючого пристрою, що забезпечують віртуальному об'єкту множину необхідних властивостей. Виконання умов (1), (3) вимагає фактичної сумісності початкових динамічних

властивостей КО, що визначаються вектор-функцією $f(x, u, w, t)$, з бажаними, описуваними правою частиною рівняння (6):

$$f(x, u, w, t) = f_b(x, h, t) \quad (7)$$

Співвідношення (7) можна представити у вигляді функціонального рівняння

$$\Phi(x, u, h, w, t) = 0 \quad (8)$$

вирішивши яке щодо невідомої u , отримаємо шукані закони управління:

$$u = \varphi(x, h, w, t) \quad (9)$$

Якщо функція Φ лінійна відносно u , то рішення (3.18) не представляє ускладнень. В загальному випадку воно розв'язується чисельними методами в результаті побудови ітераційних процедур, знаходження часткових рішень u_i і апроксимації $u = u(u_i)$ в просторі змінних, що входять в (8). Реалізація синтезованих законів здійснюється в структурі АЕС управляючим пристроєм на підставі вимірюваного $x(t)$ стану КО, інформації $w(t)$ про дію збурення і управляючих h - дій оператора.

В результаті виконання всіх трьох етапів АЕС набуває комплекс таких властивостей, які забезпечують прояв організаційних принципів. Це означає, що серед множини цілеспрямованих h_L - дій оператора буде підмножина таких h_1 , які належать інтервалу $I = [I_{\min}, I_{\max}]$, що визначає існування в АЕС необхідних умов, при яких ймовірність здійснення оператором помилки мінімальна.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Як видно з вищеведеного, моделювання авіаційних ерготехнічних систем та умов виникнення функціональної нестійкості – потужний засіб пошуку таких системотехнічних рішень, створення таких варіантів структури авіаційних систем військового призначення, форм та способів їх застосування, які зменшать ймовірність генерації операторами та особами, що приймають рішення помилкових та нерациональних дій в усій області прогнозованого застосування системи.

Література

1. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. – К.: НАОУ, 2004, – 226 с. 2. Кравченко Ю. В. Теория синтеза псевдоспутниковых радионавигационных систем. – К.: НАОУ, 2007. – 208 с. 3. Попов И. М. Сетецентрическая война. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.milresource.ru>. 4. Сакач Р. В., Зубков Б. В., Давиденко М. Ф. Безопасность полетов: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1989, – 239 с. 5. Мирненко В. И., Пустовой С. О., Яблонский П. М., Розраунок

показников надёжности последовно з'єднаних і резервованих елементів без відновлення для дифузійно-немонотонного розподілу їх відмов. // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – НУОУ, 2015. – №1. – С. 83-89. 6. Ковалев В. И. Психология боевой активности оператора. – М.: Воениздат, 1974, – 141 с. 7. Воронин А. Н., Зиятдинов Ю. К., Харченко А. В., Осташевский В. В. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования. – Х.: Факт, 1997. – 240 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ОРГАНИЗМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Алексей Николаевич Горский (канд. техн. наук)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Рассмотрены вопросы методологии обеспечения функциональной устойчивости сложных систем. Показано, что в сложных организационных эрготехнических системах важное место в обеспечении их функциональной устойчивости будут занимать процессы циркуляции и усвоения информации в системе. На основе информационно-организмического подхода к функционированию сложных систем определены законы управления системой, удовлетворяющие условиям обеспечения функциональной устойчивости авиационной боевой системы. Показана возможность создания в авиационной боевой системе совершенных подсистем, в которых человек и машина соединены в функционально единую структуру на основе использования фундаментальных принципов поведения живых организмов, с использованием методов теории управления. Предложена процедура определения законов управления системой, удовлетворяющих условиям обеспечения функциональной устойчивости авиационной боевой системы с целью прогнозирования динамики применения группировок тактической авиации в конкретных условиях применения, и уменьшение вероятности осуществления операторами и лицами, принимающими решение, ошибочных и нерациональных действий во всей области прогнозируемого применения системы.

Ключевые слова: организмический подход; функциональная устойчивость; эрготехническая система.

INFORMATIONAL-ORGANIZMICAL APPROACH TO PROVIDING FUNCTIONAL STABILITY OF COMPLEX ERGOTECHNICAL SYSTEMS

Oleksii M. Horskyi (Candidate of Technical Sciences)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The questions of methodology of providing complex systems functional stability are considered. It is shown, that in providing of the complex organizational ergotechnical systems functional stability important role will be played by the processes of information circulation and mastering in the system. On the basis of the informational-organizational approach to functioning of the complex systems, management laws of the system, that fulfil conditions of providing functional stability of the aviation combat system, are defined. Main results allow to apply optimum algorithms of operator actions for functioning of the aviation ergotechnical systems with maximum efficiency of own functions implementation.

Such approach allows to create within the aviation combat system only perfect aviation ergotechnical subsystems in which a man and machine are organically united in a functionally sole structure on the basis of harmonious combination of living organisms behaviour fundamental principles, using the methods of management theory, according to which necessary functioning system efficiency is achieved by the directed change of managed object features. Realization of offered procedure of system management laws determination that fulfil conditions of providing functional stability for the aviation combat system allows to use achieved results for prognostication of dynamics of the tactical aviation forces warfare in the determined conditions, and to decrease probability of erroneous and inefficient actions by operators or persons, that make decision over all area of aviation combat system using.

Keywords: organizational approach; functional stability; ergotechnical system.

References

1. **Barabash O.V.** (2004) Construction of the functionally stabile distributed informative systems. [*Postroyeniye funktsionalno ustoychivyykh raspredelennykh informatsionnykh sistem*], NDA of Ukraine, Kyiv, 226 p.
2. **Kravchenko Y.V.** (2007) Theory of the pseudosatellite radionavigation systems synthesis, [*Teoriya sinteza psevdospuznikovykh radionavigatsionnykh sistem*], NDA of Ukraine, Kyiv, 208 p.
3. **Popov I.M.** Webcentered war [*Setecentricheskaya vojna*]. available at: <http://www.milresource.ru>.
4. **Sakach R.V., Zubkov B.V., Davidenko M.F.** (1989) Flight safety. [*Bezopasnost poliotov: Uchebnik dlya vuzov*]. Transport, Moscow, 239 p.
5. **Mirnenko V.I., Pustovyi S.O., Yablonskiy P.M.** (2015) Computation of reliability indexes of the consistently united and reserved elements without renewal for the diffusion-unmonotonous distributing of their refusals. [*Rozrakhunok pokaznykh nadiynosti poslidovno zvednanykh I rezervovanykh elementiv bez vidnovlennya dlya dyfuziynonemonotonnogo rozpodilu yikh vidmov*], Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, No1, pp. 83-89.
6. **Kovalyov V.I.** (1974) Psychology of the operators combat activity [*Psikhologiya boyevoy aktivnosti operatora*]. Militaty publishing, Moscow, 141 p.
7. **Voronin A.N., Ziyatdinov Y.K., Kharchenko A.V., Ostashevskiy V.V.** (1997) Complex technical and ergatic systems: research methods [*Slozhnyie tekhnicheskie i ergaticheskiye sistemy: metody issledovaniya*]. Fact, Kharkiv, 240 p.

Отримано: 31.03.2016 року.