

УДК 629.7.083

В.І. Чепіженко, к.т.н., с.н.с.

ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИМ СТАНОМ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОМУ ІНТЕРВАЛІ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Державний науково-дослідний інститут авіації
E-mail: chiv@nau.edu.ua

Уведено поняття функціонального стану складної технічної системи та управління функціональним станом системи. Запропоновано схему системи управління функціональним станом для забезпечення функціонування складної технічної системи на всьому експлуатаційному інтервалі її життєвого циклу.

Введено понятие функционального состояния сложной технической системы и управление функциональным состоянием системы. Предложена схема системы управления функциональным состоянием для обеспечения функционирования сложной технической системы на всем эксплуатационном интервале ее жизненного цикла.

Concepts notion «The functional state» difficult technical system and «the system functional state control in large and whole» are entered. The including chart of control the system by the functional state is offered for providing of functioning of the difficult technical system on all of operating interval of its life cycle.

Постановка проблеми

Сучасний рівень технічного прогресу характеризується створенням і функціонуванням в авіації складних технічних систем (СТС).

Під СТС будемо розуміти сукупність взаємно пов'язаних і взаємодіючих між собою елементів або підсистем, які забезпечують виконання системою деякої достатньо складної функції для вирішення поставлених перед СТС завдань [1; 2].

В авіації України управління технічним станом СТС має певні особливості, які пов'язані з необхідністю їх експлуатації на розширеному інтервалі життєвого циклу в умовах обмеженого фінансування.

Експлуатанти СТС приділяють підвищену увагу аналізу впливу строку експлуатації та напрацюванню СТС на їх технічний стан з урахуванням старіння та розробленню дійових заходів щодо підтримання справності цих систем в умовах обмежених фінансових можливостей авіакомпаній.

Як основні технології підтримання справності (працездатності) СТС у разі суттєвого збільшення календарних термінів служби в експлуатації впроваджується комплекс заходів [3]:

- дослідження технічного стану СТС;
- проведення наукового аналізу інформації про їх стан і надійність;
- підготовку і прийняття рішень про можливість подальшої експлуатації;

– переведення СТС на прогресивні та більш економічні стратегії експлуатації, в основу яких покладаються концептуальні принципи експлуатації за станом [3].

Механізми управління станом СТС на експлуатаційному інтервалі їх життєвого циклу повинні дозволити максимально використовувати ресурсний потенціал і потенціал довговічності, що закладені в СТС на етапах проектування і виготовлення, за умов раціонального витрачання фінансових ресурсів на підтримання її справності.

Система управління технічним станом СТС повинна [4]:

- мати дійові контури управління надійністю і параметрами технічного стану;
- проводити прогноз зміни технічного стану СТС;
- під час формування управляючих дій враховувати довготривалі повільні процеси деградації технічного стану СТС, пов'язані з її природнім старінням;
- забезпечувати в особливих випадках виконання функціональних завдань у разі відмов та несправностей елементів систем СТС;
- мати властивості гнучкої адаптації до обсягів фінансування системи управління справністю СТС;
- функціонувати безперервно на всьому інтервалі життєвого циклу СТС;
- забезпечувати управління за гарантованим оптимальним результатом.

Управління технічним станом СТС є лише необхідною умовою їх ефективного функціонування на всьому експлуатаційному інтервалі життєвого циклу.

Достатньою умовою такого функціонування є забезпечення гарантованого виконання завдань за функціональним призначенням.

Складна технічна система повинна характеризуватись не стільки технічним, скільки функціональним станом [5].

Аналіз останніх досліджень

Поняття «функція», «функціональний» зустрічається в науковій літературі досить часто.

Однак значеннєвий зміст цих термінів в різних галузях науки не є однозначним і в кожному конкретному застосуванні несе своє змістовне навантаження.

У математичному аналізі функцією називається будь яке правило, згідно з яким заданому числу x з деякої множини чисел ставиться у відповідність число y . Область визначення функції – це множина чисел x , для яких визначена функція y [6].

У теорії ергатичних систем одним з основних аксіоматичних принципів є принцип функціонального гомеостазису В.В. Павлова [7].

Функціональний гомеостазис означає властивість системи забезпечувати під час рішення кожного зі своїх приватних або загальних завдань, наявність деякої сукупності стабільних у певних межах своїх функціональних поведінок.

У теорії управління ряд авторів використовують поняття функціональної стійкості системи [8; 9]. Під функціональною стійкістю розуміють властивість системи зберігати протягом заданого часу виконання своїх основних функцій у межах, установлених нормативними вимогами, в умовах впливу потоку відмов, несправностей, збоїв.

У психофізіології в теорії функціональних систем П.К. Анохіним було введено поняття «функціональна система» і «функціональний стан» [10].

Функціональна система – динамічна, саморегулююча центрально-периферична організація, що забезпечує своєю діяльністю корисні для метаболізму організму і його пристосування до навколишнього середовища результати.

Функціональний стан – це комплекс властивостей, що визначає рівень життєдіяльності організму, системну відповідь організму на фізичне навантаження, в якому відбивається ступінь інтеграції і адекватності функцій виконуваних роботи.

Мета статті

Така розмаїтість понять, різних не тільки у разі переходу від живої природи до технічних систем, але й залежно від типу, призначення, способу організації технічних, ергатичних і кібернетичних систем, приводить до необхідності формування єдиної системи понять щодо функціонального стану складних технічних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження

Під функціональним станом системи будемо розуміти стан, що дозволяє їй реалізовувати сукупність структурних і динамічних поведінок для цільового виконання послідовностей взаємозалежних завдань (функцій) на заданому інтервалі часу.

Поняття функціонального стану безпосередньо пов'язано з поняттям технічного стану.

Еволюційні зміни технічного стану СТС на експлуатаційному інтервалі їх життєвого циклу однозначно приводять до еволюційних змін функціонального стану системи.

На відміну від поняття технічного стану, що характеризується в певний момент часу сукупністю властивостей системи, підданих зміні в процесі виготовлення або експлуатації, встановленими технічною документацією [5], зміна функціонального стану приводить до реконфігурації області існування безлічі функціональних поведінок системи, яка характеризує гарантоване виконання системою певних функцій.

Перехід від одного функціонального стану системи до іншого на експлуатаційному інтервалі її життєвого циклу свідчить про зміну кількості функцій, які може виконати система.

Понятійний апарат характеристик технічного стану об'єкта ґрунтується на виконанні ним заданих або необхідних функцій [11]. Однак це не дає в повному обсязі уявлення про досягнення потрібного функціонального стану СТС. Якщо мова йде про характеристики технічного стану, то ці поняття не дають повного уявлення про те, чи виконує за такого стану система свої функції, чи може вона вирішити поставлене перед нею завдання.

Особливо гостро це питання постає в позаштатних ситуаціях, а також у разі необхідності вирішення функціональних завдань на критичних і закритичних режимах. Якщо стан системи оцінюється як несправний, то система не в змозі виконати свої функції.

Розгляд характеристик технічного стану об'єкта стосовно одиничного агрегату (вузла), що виконує одну функцію, приводить до однозначного висновку про виконання або невиконання агрегатом цієї функції. У цьому випадку коректно вести мову про технічне резервування у системі. У разі розгляду багатофункціональної СТС ці поняття повною мірою можуть не відбивати її функціональні можливості.

Агрегація або взаємодія двох і більше елементів СТС, які несправні, може привести до функціональної справності системи. Це вказує на функціональне резервування в системі. Якщо деякі елементи складної системи технічно несправні й ці несправності різні, то комплексування цих елементів за певних умов може не вплинути на виконання системою функціональних завдань. У цьому випадку говорять про інваріантність системи до несправностей. У випадку, коли комплексування несправних елементів супроводжується відповідною цілеспрямованою реконфігурацією структури СТС для досягнення поставленої мети, то це є управління функціональним станом системи.

Можливість управляти функціональним станом СТС виникає за наявності:

- структурної розвиненості системи;
- структурної надмірності;
- структурної розмаїтості за Ешбі [12];
- структурної гнучкості (здатності до реконфігурації) системи.

У разі виконання цих умов найбільш зручним для рішення завдань синтезу управління функціональним станом СТС є метод нелінійної інтегральної інваріантності [13], оскільки цей метод [7]:

- застосовується до широкого класу математичних моделей системи;
- не вимагає, щоб математична модель системи мала властивість одиничності рішення;
- за своєю сутністю сумісний з довільними методами формування множини функціональних поведінок і в той же час від них не залежний.

Таким чином, для багатофункціональних СТС поняття «технічний стан» є необхідним, але недостатнім для повного опису можливостей СТС щодо досягнення заданих цілей, вирішення поставлених функціональних завдань.

Для однофункціональних систем поняття надійності відповідають поняттям функціональності.

Для багатофункціональних СТС більш повну характеристику про стан системи дає сукупність понять функціонального змісту.

Система понять функціонального стану відноситься до понятійного апарата більш високого рівня, наближеного до інтелектуального рівня, тому що підґрунтям розкриття понять «функціональний стан» і «управління функціональним станом» є необхідність проведення евристичних і інших логічних операцій для визначення можливостей СТС з виконання своїх функцій.

Наявність у складних системах зазначених ознак дозволяє робити висновок про можливість управління їх функціональним станом не тільки в малому (для лінійних і квазілінійних систем), але й у «великому», і в «цілому».

Під управлінням функціональним станом СТС у «великому» розуміємо цілеспрямовану зміну реалізованих системою структурних і динамічних поведінок в обмеженій області функціональних станів, що не є околицею кожної з особливих точок динамічного процесу функціонування.

Під управлінням функціональним станом СТС у «цілому» розуміємо цілеспрямовану зміну реалізованих системою структурних і динамічних поведінок у всій потенційно можливій області функціональних станів.

Основною особливістю управління функціональним станом СТС є її можливість деградувати на структурному рівні до відмови:

- виключати зі структури елементи, що відмовили;
- перебудувувати структуру;
- оперативно налаштувати параметри системи для пристосування (адаптації) до нових умов експлуатації для вирішення своїх функціональних завдань.

Синтез управління функціональним станом СТС повинен базуватися на відповідних моделях.

На основі системної концепції дослідження динамічних процесів еволюції технічного стану СТС на експлуатаційному інтервалі їхнього

життєвого циклу запропоновано багатofункціональну динамічну модель структурного фрактала СТС [14; 15].

Необхідність розроблення такої моделі зумовлена необхідністю формування єдиного модельного підходу до створення систем управління функціональним станом СТС в умовах розвитку її об'єктами системами управління.

Внутрішній контур об'єкту (рис. 1) складається з систем автоматичного управління (САУ) або систем автоматичного регулювання (САР).

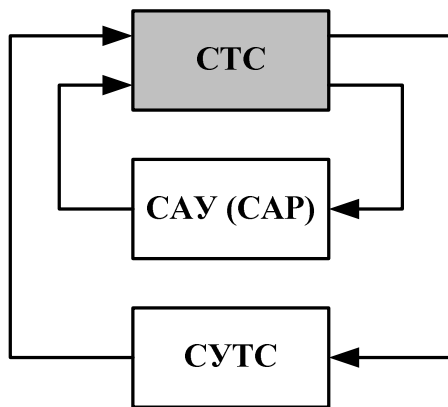


Рис. 1. Двоконтурна схема об'єкту СТС системами управління

Внутрішній контур функціонує на активних фазах використання СТС для оперативного забезпечення виконання функціональних завдань і призначається для оперативного управління СТС як динамічним об'єктом (підтримка заданих показників перехідних процесів, стабілізація на заданих режимах і т.д.).

Зовнішній контур об'єкту складається з системи управління технічним станом (СУТС) системи.

Зовнішній контур працює на пасивних фазах експлуатації СТС і здійснює управління технічним станом СТС на експлуатаційному інтервалі її життєвого циклу.

Недоліками цієї структури є:

- контури управління взаємодіють між собою тільки через СТС (практично не взаємодіють один з одним);
- темпи керувань у кожному з контурів істотно рознесені за часом;
- формалізація математичних моделей і відповідних алгоритмів управління в кожному з контурів здійснюється на основі різних методологічних підходів.

Для внутрішнього контуру об'єкту в САУ (САР) в основу моделей СТС як об'єкта управління покладають канонічні підходи опису динамічних систем із застосуванням теорій Лагранжа, Гамільтона, Ньютона, Ейлера.

У зовнішньому контурі в СУТС використовуються ймовірнісно-статистичні моделі Маркова, а також емпіричні й напівемпіричні моделі.

На практиці ці недоліки приводять до неогрунтованого збільшення ресурсів, затрачуваних на забезпечення кожного із цих контурів управління окремо. Крім того, така структура системи управління не дозволяє в теоретичному плані вирішувати функціональні завдання більше високого рівня:

- завдання підтримки заданого функціонального стану СТС на тривалому інтервалі експлуатації без проведення капітально-відновлювальних робіт;
- завдання управління фінансовими витратами на підтримку заданого рівня функціонального стану СТС на тривалому інтервалі її експлуатації.

Для усунення зазначених недоліків пропонується комбінована схема управління СТС на всьому експлуатаційному інтервалі їх життєвого циклу (рис. 2).

Основним елементом схеми є система управління функціональним станом (СУФС) СТС. СУФС здійснює інтеграцію систем управління САУ (САР) і СУТС з метою формування цілеспрямованої зміни структурних і динамічних поведінок СТС в області існування її функціональних станів.

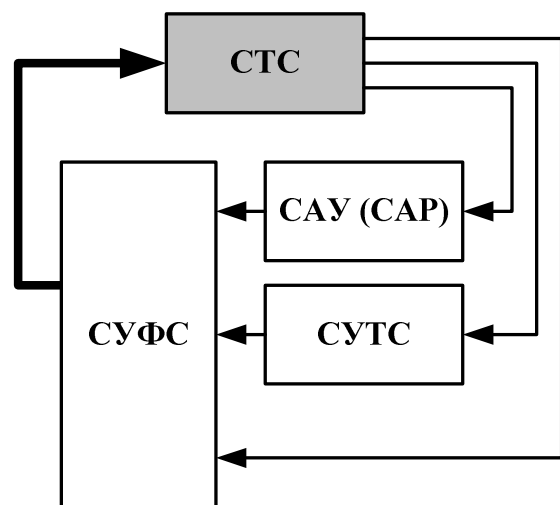


Рис. 2. Комбінована схема об'єкту СТС системами управління

Висновки

1. Перспективним напрямом розвитку систем управління СТС є створення систем управління їх функціональним станом.

2. Запропонований підхід є основою для синтезу управління функціональним станом СТС на всьому експлуатаційному інтервалі їх життєвого циклу.

Література

1. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1968. – 356 с.

2. *Воронин А.Н.* Сложные технические системы: методы исследования / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко. – Х.: Факт, 1997. – 240 с.

3. *Безпека авіації* / В.П. Бабак, В.П. Марченко, В.О. Максимов та ін. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.

4. *Чепіженко В.І.* Формалізація структури функціонального рівня інформаційної системи супроводження експлуатації складних технічних систем / В.І. Чепіженко // Зб. наук. пр. Держ. н.-д. ін-ту авіації. – К.: ДНДІА, 2009. – № 5(12). – С. 193 – 198.

5. *Чепіженко В.І.* Наукова проблема адаптивного управління технічним станом військової авіаційної техніки: України в сучасних умовах / О.В. Харченко, В.І. Чепіженко // Зб. наук. пр. Держ. н.-д. ін-ту авіації. – К.: ДНДІА, 2006. – № 2(9). – С. 6 – 11.

6. *Пискунов Н.С.* Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. Т.1 / Н.С. Пискунов. – М.: Наука, 1985. – 432 с.

7. *Павлов В.В.* Начала теории эргатических систем / В.В. Павлов. – К.: Наук. думка, 1975. – 240 с.

8. *Барабаш О.В.* Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.

9. *Барабаш О.В.* Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем / О.В. Барабаш, О.А. Машков // Моделювання та інформаційні технології: зб. наук. пр. ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України. – К.: ІПМЕ НАН України, 2003. – № 25. – С. 29 – 35.

10. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. – М.: Психология, 1980. – 216 с.

11. *ДСТУ 2860-94.* Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.

12. *Эшби У.Р.* Исследования по общей теории систем / У.Р. Эшби. – М.: Прогресс, 1969. – 411 с.

13. *Павлов В.В.* Инвариантность и автономность нелинейных систем управления / В.В. Павлов. – К.: Наук. думка, 1971. – 272 с.

14. *Павлов В.В.* Многофункциональная динамическая модель структурного фрактала сложной технической системы / В.В. Павлов, В.И. Чепіженко // Вісник НАУ. – 2010. – № 1. – С. 76 – 82.

15. *Чепіженко В.І.* Енергетична концепція ядра для моделювання CALS-процесів у складних технічних системах / В.І. Чепіженко // Вісник НАУ. – 2009. – № 3. – С. 76 – 82.

Стаття надійшла до редакції 30.03.10.