

УДК 629.735.083 (045)

## АКСІОМАТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

*О. А. Тамаргазін*, д-р техн. наук, проф., *Т. Ю. Крамаренко*, *А. В. Гугелик*

Національний авіаційний університет

avia\_icao@mail.ru

*У статті розглянуто проблему підвищення ефективності і якості створення, виготовлення і експлуатації авіаційної техніки (АТ) шляхом керування її життєвим циклом (ЖЦ). Основна увага приділена питанням створення комплексного підходу до розробки теоретичних і методичних засад забезпечення супроводу АТ на усіх етапах її ЖЦ. Таке системне керування ЖЦ АТ повинне забезпечити реалізацію таких факторів виробництва і експлуатації АТ, які б задовольнили вимогам зростання продуктивності праці та ефективності усіх видів діяльності, економії трудових, матеріальних, паливно-енергетичних і фінансових ресурсів.*

**Ключові слова:** життєвий цикл, авіаційна техніка, організаційно-технологічна система, технічне обслуговування

*In the article the problem of raise of efficiency and quality of creation, manufacturing and maintenance of an aeronautics by control of its life cycle is observed. The basic attention is given questions of creation of the complex approach to working out of the theoretical and methodical bases of maintenance of tracking of an aeronautics at all stages by its life cycle. Such system controls of aeronautics life cycle should provide implementation of such factors of manufacture and aeronautics maintenance, as satisfaction to demands of growth of productivity of work and efficiency of all kinds of activity, economy labour, material, fuel and energy and financial resources.*

**Keywords:** life cycle, aviation equipment, organizational-technological system, maintenance.

### Постановка проблеми

Розв'язання сучасних задач інтенсифікації виробництва у цивільній авіації, як одного з найпоширеніших видів транспорту, призвело до перегляду традиційних підходів до технологій створення та використання за призначенням авіаційної техніки (АТ). Проблема підвищення ефективності і якості створення, виготовлення й експлуатації АТ потребує комплексного розв'язання методичних, теоретичних і прикладних задач на усіх етапах життєвого циклу (ЖЦ) АТ.

Керування ЖЦ АТ потребує необхідності розв'язання множини наукових, технічних, технологічних, організаційно-економічних, соціальних, правових, психологічних та інших задач, а проблема їх реалізації вимагає принципово нових підходів системного керування виробництвом.

Системне керування ЖЦ АТ забезпечується реалізацію таких чинників виробництва, які задовольняють сучасні вимоги: зростання продуктивності праці й ефективності усіх видів діяльності; економії трудових, матеріальних, паливно-енергетичних і фінансових ресурсів.

Експлуатація АТ супроводжується безпервною зміною його технічного стану, що призводить до появи ушкоджень і відмов та зниження рівня льотної придатності АТ. Головним змістом заходів, спрямованих на підтримку льотної придатності АТ, є комплекс робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту АТ у процесі експлуатації. Це пов'язане з переходом до динамічних форм керування процесами ТО АТ. Зростає

роль поточної інформації про зміну умов експлуатації та технічного стану парку літаків авіакомпанії в системі керування технологічними процесами.

Формування гнучкої програми ТО ґрунтується на методах системного аналізу і становить багаторівневий процес прийняття рішень щодо вибору стратегій і режимів ТО для парку АТ, конкретного АТ, двигуна, функціональної системи. Особливу актуальність ця проблема становить для нового покоління АТ, спроектованих за принципами безпечного і припустимого ушкодження. Для таких конструкцій АТ розширюються можливості впровадження стратегії ТО за станом.

Забезпечення цілісності конструкції в процесі виробітку АТ встановлених призначених ресурсів і термінів служби пов'язано з поетапним продовженням ресурсу (терміну служби) до списання. Ці роботи проводяться виходячи з:

- уточнення характеру й умов експлуатації АТ;
- аналізу результатів додаткових лабораторних досліджень;
- аналізу наявної інформації про технічний стан АТ.

### Розв'язання проблеми

Міжнародна практика забезпечення цілісності конструкції АТ опирається на виконання Програми збереження цілісності конструкції відповідно до рекомендацій документів ICAO (Doc 9051-AN/896, Doc 9642-AN/941), яка створюєть-

ся розроблювачем АТ і передбачає додаткові перевірки, заходи щодо запобігання корозії та боротьби з нею, доопрацювання конструкції, аналіз результатів ремонтів.

Для того щоб забезпечити виконання усіх цих вимог необхідно систему керування ЖЦ АТ розглядати як організаційно-технологічну систему (ОТС). А при її дослідженні доцільно скористатись підходами, розробленими для ОТС загального типу і на першому етапі необхідно розглянути аксіоматичні основи цього підходу.

Організаційно-технологічна система як категорія є об'єктом не тільки процесу конструювання, а і підготовки виробництва, організації процесу виробництва й експлуатації технічних і технологічних об'єктів. Таким чином, теорія організаційно-технологічних систем повинна охоплювати всі аспекти діяльності й етапи ЖЦ АТ.

Під організаційно-технологічною системою слід розуміти множину елементів ( $x$ ) різної природи, упорядковану за відповідними правилами деякою ціллю функціонування ( $\Pi$ ). Окремі частини системи, що наділені властивостями аналогічними як у ОТС, називаються підсистемами. Елементом ОТС є об'єкт (частина системи) з однозначно заданими властивостями. Система (підсистема, елемент) має входи і виходи.

Входом називається дискретна, або безперервна множина «контактів», за допомогою яких вплив середовища передається системі [1; 2]. Вихід — множина «контактів», за допомогою яких ОТС діє на середовище. Множина усіх виходів може бути зведена до вектора.

Стан ОТС являє собою упорядковану множину значень властивостей, які характеризують функціонування відповідних процесів. Множина станів системи може бути кінцевою, рахунковою, континуальною.

Таким чином, ОТС може бути задана трьома складовими:

вхід —  $\{X_1, \dots, X_n\}$ ;

вихід —  $\{Y_1, \dots, Y_n\}$ ;

стан —  $\{U_1, \dots, U_n\}$ .

Входи і виходи включають усі види зв'язків з навколишнім середовищем: збурення, зв'язки матеріального, енергетичного, економічного та інформаційного характеру.

Структура ОТС являє собою множину елементів і відношень між ними. Якщо  $\varphi_i$  множина елементів, а  $F_i$  множина відношень, тоді структура  $structure\{\varphi, F\}$  є множиною, що включає  $\{\varphi, F\}$ . ОТС може мати декілька структур, які відтворюють різні її аспекти функціонування (функціональну, організаційну, інформаційну тощо).

У більшості випадків ОТС являє собою систему, яка включає елементи (підсистеми) типу [об'єкт]  $\leftrightarrow$  [процес].

Елементами можуть бути як технологічні і технічні об'єкти (літаки, спецавтотехніка, технологічне обладнання тощо), так і процеси, що забезпечують їх функціонування в навколишньому середовищі. Взаємодію підсистем ОТС можна подати у вигляді:

[об'єкт]  $\rightarrow$  [суб'єкт]  $\rightarrow$  [процес]  $\rightarrow$  [середовище].

Функціонування ОТС являє собою множину послідовних у часі станів системи. У зв'язку з класифікацією і ступенем складності, викладеними в працях [2; 3], ОТС можна класифікувати за такими ознаками:

– розміщенням системи в ієрархії (надсистема, система, підсистема);

– зв'язкам з навколишнім середовищем (відкрита, закрита);

– міною стану (динамічна, статична);

– характером функціонування (детермінована, стохастична);

– типом елементів (конкретні, абстрактні);

– характером залежності виходів (комбінаційні, секвентивні);

– ступенем складності структури (гранично складна, дуже складна, проста);

– видам елементів (процес, об'єкт).

Повітряні судна належать до відкритих, динамічних, ієрархічних, складних систем.

Процеси, у яких ті або інші властивості об'єкта дії (операнда) змінюються для досягнення наміченої цілі, називаються перетвореннями. Операнд [3] являє собою загальну назву всіх предметів, систем і станів, які зазнають цілеспрямованих перетворень.

При побудові ОТС можна виділити такі типи відношень: подібність, аналогія, гомоморфізм, ізоморфізм, ідентичність, еквівалентність, причинність.

У ОТС розглядаються три характерні типи задач, що включають задачі синтезу, аналізу та ідентифікації.

Задачі синтезу забезпечують формування структури ОТС, яка відповідає необхідним вимогам.

Задачі аналізу забезпечують функціонування ОТС з заданими властивостями.

Задачі ідентифікації забезпечують формування моделей і умов функціонування об'єктів і процесів ОТС, якщо вони невідомі, з метою їх постійного розвитку, удосконалення й адаптації в предметних областях діяльності.

У ОТС задачі перетворення операнда досягаються цілеспрямованими діями матеріального (М), енергетичного (Е) та інформаційного (І) ти-

пів. Ці три типи дій при різних перетвореннях здійснюються у ОТС під час взаємодії з зовнішнім середовищем.

У реальних умовах функціонування ОТС задається необхідний стан операнда  $[O_2]$ , який є метою перетворення. Початковий стан операнда  $[O_1]$ , як правило, задається. Стан  $[O_2]$  досягається шляхом перетворення  $[O_1] \rightarrow [O_2]$ , яке відбувається у конкретних умовах або із-за незадовільного стану  $[O_1]$ , або за необхідності  $[O_2]$ . Стан  $[O_2]$  може бути досягнутий різними технологіями (інформаційними, організаційними, виробничими). Перетворення здійснюється шляхом матеріальної, енергетичної або інформаційної дії на операнд.

Операнд — це елемент ОТС, який належить до усіх складових, що включають людей, матеріальні об'єкти, енергію, інформацію. Стан операнда може бути означений як множина властивостей ОТС.

Люди як оператори перетворень можуть бути охарактеризовані як деяка підмножина, що забезпечує виконання відповідних дій для відповідної підмножини. ОТС як оператор перетворень являють собою підмножину систем, що виконують відповідні дії для заданого перетворення.

Зовнішнє середовище охоплює всі джерела дій на процес перетворень. У реальних умовах функціонування ОТС враховуються тільки ті дії зовнішнього середовища, які мають зв'язки з елементами перетворень і можуть бути достатньо адекватно описані при формуванні і забезпеченні заданих властивостей.

До основних властивостей ОТС необхідно віднести такі: побудови, функціонування, розвитку й адаптації. Кожна із перелічених груп властивостей оцінюється за допомогою змінних, які включають цільові показники, що виступають як системні характеристики ОТС. До властивостей побудови можна віднести: цілісність, ієрархічність структури, ергономічність, автономність, ефективність. До властивостей функціонування ОТС можна віднести: надійність, оптимальність, системну ефективність, неозначеність. Властивості розвитку й адаптації характеризують здатність ОТС задовольняти вимоги багатопільового і багаторежимного функціонування. Цілеспрямованість характеризує здатність (у заданих границях) ОТС керувати своєю ентропією при дії на неї середовища. Ця властивість забезпечує «прагнення» системи до наміченої цілі.

Система експлуатації АТ як ОТС має ієрархічну структуру і може бути представлена структурою, яка вміщує три рівня: технічний, організаційно-технологічний і організаційно-економічний. Технічний рівень являє собою технічні

об'єкти (літаки, спецтехніка, технологічне обладнання тощо). Тобто тут реалізуються відношення [засоби виробництва]  $\leftrightarrow$  [засоби праці].

Організаційно-технологічний рівень відображає множину операцій і перетворень із забезпеченням, наприклад, перевезень пасажирів, технічного обслуговування тощо. На цьому рівні реалізуються відношення

[суб'єкт праці]  $\leftrightarrow$  [спосіб праці].

Організаційно-економічний рівень відображає реалізацію відношення

[процес праці]  $\leftrightarrow$  [предмет праці].

ОТС у процесі функціонування реалізує такі відношення:

[ОТС]  $\leftrightarrow$  [засоби виробництва і праці]  $\leftrightarrow$   
 $\leftrightarrow$  [суб'єкт праці]  $\leftrightarrow$  [спосіб праці]  $\leftrightarrow$   
 $\leftrightarrow$  [процес праці]  $\leftrightarrow$  [предмет праці].

Ергономічність ОТС відображає комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних та інших психологічних властивостей людини як оператора (виконавця).

Автономність ОТС відображає наявність у системі групи перетворень і внутрішньосистемних законів збереження, які визначаються фізичним змістом і особливістю побудови системи.

Властивості стійкості, надійності, інваріантності, оптимальності, системної ефективності і оцінюються за допомогою відповідних критеріїв з урахуванням специфічних особливостей авіатранспортної системи.

Викладені властивості ОТС формуються згідно з формулою системного аналізу:

[ціль]  $\leftrightarrow$  [властивості]  $\leftrightarrow$  [функції]  $\leftrightarrow$   
 $\leftrightarrow$  [задачі]  $\leftrightarrow$  [підсистеми]  $\leftrightarrow$  [результати].

Для змістовного формулювання задач цілеспрямованості, системного планування і ціледосягнення властивості ОТС доцільно розглядати по етапах ЖЦ АТ.

Декомпозиція системної цілі при цьому здійснюється за формулою системного аналізу:

$$\begin{aligned} \ddot{O}_n &\rightarrow \ddot{O}_{jk} \{ \ddot{O}_{jk} : \ddot{O}_{jk} \in \ddot{O}_{jk}; \\ &k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J \}; \\ \ddot{O}_{jk} &\rightarrow S_{jk} \{ S_{jk} : S_{jk} \in S_{jk}; \\ &k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J \}; \\ S_{jk} &\rightarrow F_{jk} \{ F_{jk} : F_{jk} \in F_{jk}; \\ &k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J \}; \\ F_{jk} &\rightarrow C_{sjk} \{ C_{sjk} : C_{sjk} \in C_{sjk}; \\ &k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J \}; \\ C_{sjk} &\rightarrow \Sigma_{jk} \{ \Sigma_{jk} : \Sigma_{jk} \in \Sigma_{jk}; \\ &k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J \}; \end{aligned}$$

$$\Sigma_{jk} \rightarrow P_{jk} \{P_{jk} : P_{jk} \in P_{jk}; \\ k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, J\},$$

де  $\Pi_c$  — системна ціль функціонування ОТС;  
 $\Pi_{jk}$  — множина локальних цілей по етапах ЖЦ;  
 $S_{jk}$  — множина властивостей об'єктів і процесів праці і виробництва по етапах ЖЦ;  $F_{jk}$  — множина функцій, що забезпечують функціонування об'єктів і процесів праці і виробництва по етапах ЖЦ;  $Z_{jk}$  — множина задач, що забезпечує реалізацію відповідних функцій по етапах ЖЦ;  $\Sigma_{jk}$  — підсистема, що реалізують множину функцій і задач відповідно  $F_{jk}$ ,  $Z_{jk}$ ;  $P_{jk}$  — множина характеристик підсистем.

Властивості ОТС можуть бути класифіковані за такими ознаками [4; 5]: способом встановлення (зовнішні, внутрішні); причинним зв'язком (вхідні дії, наслідки); значимістю (важливі, дуже важливі, менш важливі); фізичною суттю (виробничі, економічні, естетичні, технологічні, конструктивні).

При створенні ОТС їх властивості за етапами ЖЦ АТ формуються з урахуванням конкретних особливостей предметної області діяльності.

Для забезпечення властивостей в ОТС формується множина функцій  $F_{jk}$ . Функція являє собою здатність системи при заданих умовах перетворювати вхідну величину в необхідну вихідну величину на основі використання таких категорій, як людина, матерія, енергія й інформація. Множину функцій ОТС залежно від їх змісту і призначення можна умовно розділити на три групи: технічні, технологічні, організаційно-економічні.

Технічні функції полягають у підтриманні АТ у працездатному стані і використанні їх за призначенням. Організаційно-технологічні функції забезпечують ефективну реалізацію відношень:

[суб'єкт праці] ↔ [спосіб праці],  
 тобто раціональне використання людей і засобів виробництва за рахунок розробки і впровадження відповідних технологій (ТО, перевезень пасажирів і вантажів).

Організаційно-економічні функції забезпечують реалізацію відношень:

$$[\text{ОТС}] \leftrightarrow [\text{засоби виробництва і праці}] \\ \leftrightarrow [\text{суб'єкт праці}] \leftrightarrow \\ \leftrightarrow [\text{спосіб праці}] \leftrightarrow [\text{процес праці}] \leftrightarrow \\ \leftrightarrow [\text{предмет праці}]$$

за рахунок ефективної організації і розпорядчо-економічної діяльності. Чітких границь між групами функцій нема.

Основним чинником декомпозиції множини функцій  $F_{jk}$  на групи є види виробничої діяльності і сфери компетентності [5]. Кожна конкретна функція може бути оцінена за допомогою ступеня складності, рівня абстрактності та призначення.

## Висновок

Дослідження, проведені на ряді підприємств авіаційного транспорту, показали, що технічні й організаційно-технологічні функції нетворчого характеру на етапі експлуатації становлять (50...70 %) від загальної кількості; до 20 % становлять економічні і розпорядчі функції, і тільки до 10 % займають функції, пов'язані з розв'язанням інтелектуальних задач оптимізації, планування і керування.

На підприємствах авіабудівної промисловості (етап проектування) до 70 % від загальної кількості становлять технічні і організаційно-технологічні функції творчого характеру; до 20 % займають організаційно-економічні і розпорядчі функції; до 10 % — функції не творчого характеру.

Наприклад, множина організаційно-економічних функцій для авіакомпанії включає функції: прогнозування і планування; організації робіт; мотивації і стимулювання; контролю, обліку й аналізу.

Організаційно-технологічні функції передбачають: керування технологічними процесами; формування нових інформаційних і виробничих технологій тощо. Для реалізації множини функцій  $F_{jk}$  в ОТС здійснюється постановка і розв'язання множини задач  $Z_{jk}$ .

На множині  $Z_{jk}$  задані М, Т, В, К, що характеризують для кожної задачі,  $M_{jk}(Z_{jk})$  — модель задачі;  $T_{jk}(Z_{jk})$  — метод розв'язання задачі;  $V_{jk}(Z_{jk})$  — обмеження, що мають місце при розв'язанні задачі;  $K_{jk}(Z_{jk})$  — результати розв'язання задачі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дружинин В. В. Системотехника / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. — М. : Радио и связь, 1985. — 200 с.
2. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем: пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, Я. Такахара. — М. : Мир, 1973. — 244 с.
3. Месарович А. Общая теория систем. Математические основы: пер. с англ. / А. Месарович, Я. Такахара. — М.: Мир, 1978. — 311 с.
4. Хмеловскіш Г. Л. Сложность систем и ее измерение / Г. Л. Хмеловскіш // Автоматика. — № 4, 1981. — С. 86—89.
5. Холл А. Опыт методологии для системотехники / А. Холл. — М. : Сов. радио, 1975. — 447 с.