

УДК 629.735.083 (045)

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Тамаргазін О. А., д-р техн. наук, проф., Ліннік І. І., канд. техн. наук, доц., Олег М. В.

Національний авіаційний університет

int2080@ukr.net

Основну увагу приділено розробці та реалізації системного підходу стосовно проблеми підвищення ефективності і якості авіаційної техніки за рахунок формування системної морфології керування її життєвим циклом. Запропоновану методику призначено для створення інформаційно-сумісних технічних, структурно-організаційних, функціональних і програмно-методичних засобів, що реалізують виробничі процеси проектування, виготовлення і експлуатації на єдиній методологічній і логіко-інформаційній основі. Це особливо важливо, оскільки ефективність упровадження засобів інформації на усіх етапах життєвого циклу авіаційної техніки забезпечується за рахунок інтеграції інформаційно-порадкових систем, яка забезпечує системне комплексування автоматизованих систем різного функціонального призначення.

Ключові слова: життєвий цикл, повітряне судно, організаційно-технологічна система.

In the article basic attention is spared design and realization of systems approach in relation to the problem of increase of efficiency and quality of aerotechnics due to forming of system morphology of management of it's life cycle. The offered method is intended for creation informatively compatible technical, structurally organizational, functional and programmatic methodical facilities, which are realize the production processes of design, manufacture and maintenance, on the unique methodological and logical-information basis. This is especially important from the point of view to that efficiency of introduction media on all stages of life cycle of aerotechnics is provided due to integration of the information-voluntary systems, which provides the system complexing of automation systems of the different functional setting.

Keywords: aircraft, life cycle, organizational-technological system.

Постановка проблеми

Вирішення сучасних завдань інтенсифікації виробництва в цивільній авіації, як одного з найпоширеніших видів транспорту, привело до перегляду традиційних підходів до технологій створення та використання за призначенням повітряних суден (ПС). Проблема підвищення ефективності і якості створення, виготовлення й експлуатації ПС потребує комплексного розв'язання методичних, теоретичних і прикладних задач на усіх етапах життєвого циклу (ЖЦ) ПС.

Керування ЖЦ ПС 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 ПС забезпечується реалізацією таких чинників виробництва, які задовольняють сучасні вимоги, а саме: зростання продуктивності праці й ефективності усіх видів діяльності; економії трудових, матеріальних, паливно-енергетичних і фінансових ресурсів.

Управління в організаційно-технологічній системі (ОТС) керування ЖЦ ПС здійснюється на основі широкого використання засобів інформатизації та принципів інтеграції. Таким чином, різні стратегії керування в цій системі на етапах

ЖЦ ПС ефективно можуть бути реалізовані в автоматизованій системі, яка ґрунтується на єдності вимог до технічного, інформаційного, методичного і програмного забезпечення системи.

Вирішення проблеми

Формалізований опис процесів в ОТС може бути подано у вигляді комплексного алгоритму. У загальній постановці ОТС може бути представлена відображенням:

$$\{\Phi\} : \{\chi\} = \{y\},$$

де $\{\chi\}$ — множина входів; $\chi = \{\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n\}$; $\{y\}$ — множина виходів; $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$; $\{\Phi\}$ — множина операторів відображення множини $\{\chi\}$ на множину $\{y\}$.

ОТС (А) функціонує в часі (Т), має відповідну ціль (Ц_с), визначається станом (V), функціонує в умовах збурень (E), характеризується наявністю управлінь (U), які забезпечують досягнення поставленої мети.

ОТС включає систему управління (ІАСУ) і об'єкт управління (ОУ), і її в цілому необхідно розглядати як об'єднання деяких множин, тобто

$$A = A_i \cup A_j \cup A_k, j = 1, 2, \dots, J; i = 1, 2, \dots, I;$$

$$k = 1, 2, \dots, K,$$

де A_i — множина об'єктів управління; A_j — множина систем управління; A_k — множина процесів управління.

Таким чином,

$$A_j \in A; A_k \in A; \forall j=1, 2, \dots, J; \\ \forall i=1, 2, \dots, I; \forall k=1, 2, \dots, K.$$

При цьому структура множини оператора φ включає три підмножини $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, оскільки їх логічне об'єднання має вигляд:

$$\varphi(A) = \varphi_1(A_1) \cup \varphi_2(A_2) \cup \varphi_3(A_3).$$

Розглянемо структуру і зміст складових ОТС — об'єкта і системи управління. Кожний об'єкт управління в множині $A_i, i = 1, 2, \dots, I$ включає

$$A_i = \varphi_i(I_i, \hat{O}_i, \hat{I}_i, \hat{A}_i),$$

де $I_i, \Phi_i, M_i, O_i, E_i$ — відповідно інформаційне, алгоритмічне, математичне, організаційно-методичне і технічне забезпечення.

Об'єкт управління A_i відповідно може включати підмножини

$$A_1 = \varphi_{11}(I_1, \hat{O}_1, \hat{I}_1, \hat{A}_1); \quad (1)$$

$$A_2 = \varphi_{12}(I_2, \hat{O}_2, \hat{I}_2, \hat{A}_2);$$

$$\dots$$

$$A_n = \varphi_{1n}(I_n, \hat{O}_n, \hat{I}_n, \hat{A}_n).$$

Задача спільного розгляду зводиться до об'єднання відповідних підмножин, наприклад, для алгоритмічного забезпечення можна записати

$$\hat{O}_i = \hat{O}_1 \cup \hat{O}_2 \cup \dots \cup \hat{O}_n. \quad (2)$$

Враховуючи, що кожна підмножина Φ_i включає елементи

$$\hat{O}_1 = \hat{O}_1(f_1, f_2, \dots, f_k);$$

$$\hat{O}_2 = \hat{O}_2(f_{k+1}, f_{k+2}, \dots, f_t);$$

$$\dots$$

$$\hat{O}_n = \hat{O}_n(f_{e+1}, f_{e+2}, \dots, f_n);$$

$$e \neq k \neq n.$$

Завдання інтеграції полягає не тільки в об'єднанні (2), а й у встановленні функціонально подібних елементів із множини Φ_i , які забезпечують створення нової структури. Це вирішується операцією перетину над множиною Φ_i

$$\hat{O}_1 \cap \hat{O}_2 \cap \dots \cap \hat{O}_n = \bigcap_{i=1}^n \hat{O}_i.$$

Система управління A_j може бути представлена у векторній формі:

$$A_j = \varphi_2(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{V}, \vec{U}, \vec{E}, \vec{O}_c, \vec{T}), \quad (3)$$

де \vec{X} — вхід системи; $\vec{X}_i = (X_1, X_2, \dots, X_n)$; \vec{Y} — вихід системи $\vec{Y}_j = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$; $j = 1, 2, \dots, J$;

\vec{V} — управління, $\vec{V}_k = (V_1, V_2, \dots, V_K)$; $k = 1, 2, \dots, K$;

\vec{E} — збурення, $\vec{E}_g = (I_1, I_2, \dots, I_G)$; $g = 1, 2, \dots, G$;

\vec{O}_c — ціль системи; $\vec{O}_c = (\hat{O}_1, \hat{O}_2, \dots, \hat{O}_C)$; $C = 1, 2, \dots, c$; \vec{U} — стан системи, $\vec{U}_d = (U_1, U_2, \dots, U_D)$;

$d = 1, 2, \dots, D$; \vec{T} — час, $0 < \tau < T$; φ_d — оператор

функціонування системи.

Можна записати

$$\vec{O}_{v_1\tau} = \varphi_{2i}(\vec{X}, \vec{U}, \vec{E}, \vec{V})V_\tau, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

З урахуванням (1), (3) і (4) можна записати:

$$A_1 \leftrightarrow \hat{O}_{(1)u_1\tau} = \varphi_{21}(\vec{X}_1, \vec{U}_1, \vec{E}_1, \vec{V}_1)v_{1\tau};$$

$$A_2 \leftrightarrow \hat{O}_{(2)u_2\tau} = \varphi_{22}(\vec{X}_2, \vec{U}_2, \vec{E}_2, \vec{V}_2)v_{2\tau};$$

$$\dots$$

$$A_n \leftrightarrow \hat{O}_{(n)u_n\tau} = \varphi_{2n}(\vec{X}_n, \vec{U}_n, \vec{E}_n, \vec{V}_n)v_{n\tau}.$$

Ієрархічна суть і взаємна залежність між етапами ЖЦ ПС обумовлює впорядковану послідовність переходу від системи до системи, тобто

$$\hat{O}_{(0)}(X_1) \rightarrow \hat{O}_{(1)v_1\tau}(X_2) \rightarrow \dots \rightarrow \hat{O}_{(n)U_n\tau}(X_n + 1).$$

Обов'язковою умовою (4) є наявність оберненого зв'язку

$$\hat{O}_{(0)}(X_1) \leftrightarrow \hat{O}_{(1)v_1\tau}(X_2) \leftrightarrow \dots \leftrightarrow \hat{O}_{(n)U_n\tau}(X_n + 1). \quad (5)$$

Припустимо, що серед множини параметрів системи виконуються такі умови:

$$X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap X_n = \hat{O};$$

$$U_1 \cap U_2 \cap \dots \cap U_n = \hat{O};$$

$$\hat{A}_1 \cap \hat{A}_2 \cap \dots \cap \hat{A}_n = \hat{O};$$

$$V_1 \cap V_2 \cap \dots \cap V_n = \hat{O}.$$

Оцінка цих перетинів і є розв'язком задачі інтеграції A_j .

Існування взаємозв'язку поміж A_1, A_2, \dots, A_n і виразами (3) і (5) потребує оцінки міжсистемних зв'язків і забезпечення

$$w_1 : y_1 = x_2, w_2 : y_2 = x_3, \dots, w_{n-1} : y_{n-1} = x_n.$$

Відсутність тотожної рівності вимагає не тільки аналізу міжсистемних зв'язків, а й відповідного керування процесами перетворення

$$\varphi_1 : y_1 = x_2, \varphi_2 : y_2 = x_3, \dots, \varphi_{n-1} : y_{n-1} = x_n.$$

У загальному випадку процес функціонування ОТС визначається його технологією, а виконання цього процесу досягається за рахунок формування множини функцій F_{jk} , задач Z_{jk} і підсистем (систем) Σ_{jk} , що забезпечують їх реалізацію.

Для розробки методів розв'язання задач Z_{jk} сформулюємо ряд визначень.

Визначення 1. Будь-яку функцію F_{jk} завжди можна представити множиною взаємопов'язаних задач, упорядкованих за деяким алгоритмом.

Визначення 2. Формально F_{jk} можна представити у вигляді предиката

$$F_{jk}(C_{jke}, U_{jk}),$$

де U_{jk} — бінарне відношення на $C_{je} \times C_{je}$, що формує зв'язки між задачами і задає на Z_{jk} структуру частково упорядкованої множини.

Визначення 3. Одна й та сама функція може бути представлена множиною задач з різним ступенем деталізації, причому кожна множина

кість її вирішення. Знаючи трудомісткість вирішення задачі $t_{jk} \in T$ можна при заданих характеристиках комплексів програмно-методичних і технічних засобів, а також рівнях кваліфікації виконавців отримати їх чисельність, необхідну для реалізації множини задач Z_{jk}

$$m_{jk} = \frac{t_{jk}}{\hat{O}_{jk} k_a}, j = 1, 2, \dots, J; k = 1, 2, \dots, K,$$

де m_{jk} — чисельність виконавців, необхідних для вирішення задач t_{jk} ; Φ_{jk} — баланс часу спеціаліста, зайнятого вирішенням j -х задач на k -у рівні ієрархії; k_a — величина, що характеризує рівень автоматизації процесів вирішення задач.

Процес формування ОТС як систем, що реалізують задачі ціледосягнення в предметних областях діяльності необхідно розглядати комплексно. Розглянемо формування вимог [3]. Нехай задано:

$\lambda \in \Lambda$ — варіант структури логічної схеми задач ($W^2\lambda$ — структура логічної схеми задач $\varphi^3\lambda \in W^3$);

$\beta \in B$ — варіант структури логічної схеми алгоритмів вирішення задач (W_β — структура логічної схеми алгоритму вирішення задач $\varphi^A\beta \in W^A\beta$);

$\varphi\lambda\beta, \lambda \in E^A, \beta \in B$ — функції операцій алгоритму вирішення задач;

$IS\beta, S \in S, \beta \in B$ — функції оцінки якості процесів (результатів вирішення задач);

$P \in E^P$ — функції розподілу ресурсів за операціями алгоритму.

Вимоги до якості результуючих процесів $Z | W_\beta$,

$$Z = I_\beta(Z | W_\beta) \leq Z_e,$$

де I_β — сімейство функціоналів (I_S); $S \in W_\beta$ — якості вихідних даних; Z_e — нормативні (задані) характеристики досягнення якості цілі.

Вимоги до заданих ресурсів

$$C = \sum_{\lambda \in E^A} T_{\lambda\beta} \leq T_e,$$

де $T_{\lambda\beta}$ — загальна трудомісткість виконання операції λ для варіанта структури $\beta \in B$; T_e — заданий ресурс на досягнення цілі.

Вимоги до динаміки процесів

$$t = L_\beta \left(T_{\lambda\beta} / h_{\lambda\beta} \left[\sum_{P \in E^P} \xi(\lambda) \right] \right) = L_\beta t_{\lambda\beta} \leq t_e,$$

де L_β — функція, що характеризує час роботи алгоритму Σ^A залежно від часу роботи $t_{\lambda\beta}$ на окремих операціях і варіантах структури $\beta \in B$; $t_{\lambda\beta}$ — час виконання окремої операції λ при варіанті структури $\beta \in B$; $\Sigma\xi(\lambda)$ — ресурс, що використо-

вується для виконання операції λ ; $h_{\lambda\beta}[\Sigma\xi(\lambda)]$ — трудові витрати на виконання операції λ при варіанті структури алгоритму β .

Обмеження системного вирішення задач ОТС такі: на розподіл ресурсів $[\Sigma\xi_P \leq \xi]$; на відповідність розподілу ресурсів за операціями; заданий набір функціоналів, з яких можливий вибір ($I_{S\beta} \in I_S$); заданий набір операторів, з яких можливий вибір ($\varphi_{\lambda\beta} \in \Phi_{\lambda\beta}; \lambda \in E^A; \beta \in B$); управління функціонування $[Z | \varphi_\beta^A(\lambda)\varphi_{\lambda\beta}(Z)] : \lambda \in E^A$; множина варіантів структури логічної схеми задач, з яких можливий вибір

$$\left[\pi(\varphi_\beta^A(\lambda)) \right] = \varphi_\beta^C[H(\lambda)] : \forall \lambda \in E^A; \\ (H, \pi - \hat{a}i \hat{z}i \hat{i} \delta \delta \hat{z}i \Sigma^A \hat{i} \hat{a} \Sigma^C).$$

Формальна постановка системного вирішення задач в ОТС полягає в такому:

$$I(k) = \begin{cases} I_{k\beta}[Z(k)], k \in W_\beta; \\ \sum_{\lambda \in E^A} T_{\lambda\beta}(k), k = m+1, \dots, m+k; \\ L_\beta \left(T_{2\beta} / h_{\lambda\beta} \left[\sum_{P \in E^P} \xi(\lambda) \right] \right) \end{cases}$$

Введемо функцію

$$X(k) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } I(k) \geq X(k) \text{ в } V \times \\ & \times [I(k) \rightarrow \text{extr} V [I(k) \in X(k)]]; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Можна записати $X = \bigwedge_{k=1}^P X(k)$. Загальна умова

системного вирішення задач має вигляд $X \stackrel{\Delta}{\geq} 1$. Цей критерій є узагальнюючою системою вимог до цільових показників і ресурсних характеристик ОТС.

Задача динамічної оптимізації може бути сформульована в такому вигляді. Задано: критерій ефективності $I(u)$, де $u = u_1, \dots, u_n$ — вектор змінних управління; множина обмежень r_1, \dots, r_n , накладених на змінні u_1, \dots, u_n , які можуть задаватися у вигляді системи рівнянь, або нерівностей $r_i : \varphi_i(u_i \leq Q_i)$, і обумовлюють множину допустимих значень вектора

$$\Omega_i = \bigcap_{i=1}^k r_i.$$

Необхідно забезпечити оптимальне значення $I \in u$ по u на множині Ω , тобто $\text{opt } I(u) = I(u^*)$.

Якщо функція $I(u)$ і множина Ω з часом не змінюються, то має місце статична оптимізація. Задача динамічної оптимізації виникає при зміні $f(u_t, \Omega)$ в часі, тобто якщо необхідно знайти $\text{opt } I_t(u) = I_t(u_t^*)$. Позначимо через R множину $u_t \in \Omega_t$,

всіх допустимих значень Ω_t $t \in T$, так щоб у кожний момент часу t множина $\Omega_t \in R$. Кожний варіант вирішення задачі динамічної оптимізації u_t^* належить одному з елементів множини R .

Висновки

При постановці задач динамічної оптимізації становлять інтерес два питання:

1. Чи змінюється оптимальне рішення $u^{(0)}$, якщо так, то наскільки при зміні варіанта постановки задачі з $[I_i, \Omega_i]$ на $[I_j, \Omega_j]$?

2. Чи можна знайти таку множину підмножин $R = \{[I_t, \Omega_t] \mid t \in T\}$, на якій оптимальне рішення інваріантне, або стійке?

Оптимальне рішення u^* називається ε — стійким відносно зміни структури задачі $[I, \Omega]$ на $[I_\varepsilon, \Omega]$, якщо має місце нерівність $I(u^*) - I_\varepsilon(u_\varepsilon^*) < \varepsilon$. При інваріантності цільової функції $I(u)$ існує множина $r_i \in r$ така, що u^* є оптимальним рішенням для кожної множини $\Omega_t \in r_i$.

Можна ввести поняття субоптимальної області $Z(u^* + \bar{a}; u^* - \bar{a})$ і вважати, що кожна точка \bar{u}^* з Z є допустимим рішенням оптимізаційної задачі.

Запропонований підхід забезпечує розробку на єдиній системній основі ОТС, які реалізують за всіма етапами ЖЦ ПС інформаційні технології вирішення задач у предметних областях діяльності, а також перейти до формування єдиної сукупності відповідних моделей і методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриценко В. И. Информационная технология управления ремонтным производством. Социально-экономические аспекты: препр./ В. И. Гриценко, А. А. Типченко, П. Р. Левковец // АН Украины. Ин-т кибернетики. — К. : 1989. — 25 с.

2. Долгополов Б. П. О методике разработки ТУ на ремонт в условиях ограниченных исходных данных / Б. П. Долгополов, С. Ю. Богачев // Проблемы обеспечения надежности машин при ремонте: сб. научных трудов МАДИ (ГТУ). — М. : 2001. — С. 76—81.

3. Тимченко А. А. Исследование структуры и моделирование логико-динамических систем / А. А. Тимченко, К. Д. Жук, Т. И. Доленко. — К. : Наук. думка, 1975. — 197 с.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2011.