

УДК 629.735.085

0580.31-55 082-688661.3

В.Г. Мелкумян

## КЕРУВАННЯ РЕСУРСАМИ В СИСТЕМІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

*Розглянуто деякі аспекти алгоритмічного забезпечення системи керування ресурсами при експлуатації радіоелектронних засобів обслуговування повітряного руху.*

Система експлуатації радіоелектронних засобів (РЕЗ) обслуговування повітряного руху відноситься до класу складних технологічних систем (СТС) обслуговуючого типу [1]. Ефективність систем подібного класу значною мірою визначається рівнем споживаних у процесі виробничої діяльності ресурсів при формуванні “вихідного продукту” СТС - своєчасного виконання заявок споживачів. В обґрунтуванні структур і характеристик системи експлуатації РЕЗ обслуговування повітряного руху при проектуванні нової або докорінної модернізації існуючої системи важливе місце займає задача оптимізації процесу споживання і розподілу трудових і матеріальних ресурсів з метою їх економії в процесі виробничої діяльності відповідних служб авіапідприємств при заданому рівні забезпечення безпеки і регулярності польотів. Розглянемо деякі аспекти алгоритмічного забезпечення системи керування ресурсами у СТС експлуатації РЕЗ при оптимізації процесу споживання і розподілу трудових і матеріальних ресурсів з метою їх економії у процесі виробничої діяльності авіапідприємств [2]. Система керування ресурсами у СТС вирішує такі задачі:

- контроль поточного рівня споживання ресурсів; прийняття рішень про необхідність поповнення ресурсів або формування керуючих впливів на СТС з метою регулювання рівня споживання ресурсів;
- реалізація прийнятих рішень.

Задача алгоритмів обробки інформації в системі керування ресурсами полягає у формуванні і реалізації відповідних команд.

У загальному випадку опис процесів керування ресурсами в СТС можна звести до спрощеної схеми “стан – рішення – дія”, використовуючи оператори типу  $S, F, R$ .

Оператор типу  $S(r)$  вирішує задачу оцінки стану СТС за ознакою рівня споживання ресурсів:

$$S = \begin{cases} S_0(r), r \in r_0, \Delta r = 0; \\ S_k(r), r \notin r_n, \Delta r \leq \Delta r_n; \\ S_t(r), r \notin r_n, \Delta r > \Delta r_n, \end{cases}$$

де  $S_0(r)$  – стан системи, який не потребує поповнення ресурсів;  $S_k(r)$  – стан системи, у якому потрібно поповнення ресурсів;  $S_t(r)$  – стан системи, у якому відбувається перевитрата ресурсів;  $r_i$  – поточний рівень споживаних ресурсів;  $\Delta r_i$  – рівень поповнення ресурсів, необхідних для нормального функціонування СТС;  $r_n$  – нормативний рівень поповнення ресурсів.

Оператор типу  $F(S)$  формує одне з таких альтернативних рішень:

$$F(S) = \begin{cases} F_0(S(r)), S(r) \in S_0(r); \\ F_k(S(r)), S(r) \in S_k(r); \\ F_t(S(r)), S(r) \in S_t(r), \end{cases} \quad (1)$$

де  $F_0(\cdot)$  – рішення про відсутність необхідності поповнення ресурсів;  $F_k(\cdot)$  – рішення про поповнення ресурсів;  $F_t(\cdot)$  – рішення про проведення визначених керуючих впливів на елементи СТС з метою усунення причин перевитрати ресурсів.

Оператор типу  $R(F)$  реалізує прийняте згідно з виразом (1) рішення:

$$R(F) = \begin{cases} R_0(F(s)), F(s) \in F_0(s); \\ R_k(F(s)), F(s) \in F_k(s); \\ R_l(F(s)), F(s) \in F_l(s), \end{cases}$$

де  $R_0(\cdot)$  – реалізує планове споживання ресурсів згідно з технологічним процесом формування “вихідного продукту” СТС;  $R_k(\cdot)$  – реалізує поповнення запасів ресурсів;  $R_l(\cdot)$  – реалізує керуючий вплив на елементи СТС для усунення причин перевитрат ресурсів.

У наведених прикладах алгоритмічного забезпечення керування ресурсами особливе місце займає задача прийняття і реалізації рішень, необхідних для усунення причин перевитрати ресурсів.

Досвід експлуатації СТС показує, що при виробітку рішень, спрямованих на усунення різкого збільшення рівня витрат ресурсів, особа, яка приймає рішення (ОПР), стикається з труднощами через необхідність збору й опрацювання великого обсягу вихідної інформації про процеси, які відбуваються в системі, урахування ряду економічних і соціальних аспектів реалізації прийнятих рішень тощо. При цьому багато чинників, що супроводжують прийняття рішень, не піддаються чіткому опису, тому часто ОПР приймає рішення, яке базується на власній інтуїції, здоровому глузді і накопиченому в цій галузі досвіді.

Розглянемо один із методів розв’язання схожих задач, використовуючи підходи теорії нечітких множин [3].

Нехай є множина  $m$  альтернативних засобів усунення причин перевитрати ресурсів у СТС. За оцінками експертів реалізація прийнятих рішень  $F_{i(i \in m)}$  може призвести до економічних  $C_i$  (додаткові витрати на реалізацію прийнятих рішень) і соціальних  $G_i$  (скорочення або зміна кваліфікаційних вимог до персоналу, раціоналізація структури керування тощо) наслідків. Потрібно вибрати з можливих варіантів метод усунення причин перевитрат ресурсів із мінімальними економічними і соціальними наслідками при безумовному забезпеченні необхідного рівня середнього прибутку  $D$  від реалізації “вихідного продукту” СТС.

Уявимо взаємозв’язок множин альтернативних рішень  $F$  та відповідних економічних  $X \in N_m$  і соціальних  $Y \in G_m$  наслідків у вигляді матриць нечітких співвідношень  $xCF$  та  $yGF$  з відповідними функціями приналежності  $M_C(x, F) \in [0, 1]$  та  $M_G(y, F) \in [0, 1]$ .

$$C = \begin{array}{c} \begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_i \\ \dots \\ x_m \end{array} \left| \begin{array}{cccc} F_1 & F_2 & F_3 & \dots & F_m \\ M_C(x_1, F_1) & M_C(x_1, F_2) & M_C(x_1, F_3) & \dots & M_C(x_1, F_m) \\ M_C(x_2, F_1) & M_C(x_2, F_2) & M_C(x_2, F_3) & \dots & M_C(x_2, F_m) \\ M_C(x_3, F_1) & M_C(x_3, F_2) & M_C(x_3, F_3) & \dots & M_C(x_3, F_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_C(x_i, F_1) & M_C(x_i, F_2) & M_C(x_i, F_3) & \dots & M_C(x_i, F_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_C(x_m, F_1) & M_C(x_m, F_2) & M_C(x_m, F_3) & \dots & M_C(x_m, F_m) \end{array} \end{array} \quad (2)$$

$$G = \begin{array}{c} \begin{array}{c} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_j \\ \dots \\ y_m \end{array} \left| \begin{array}{cccc} F_1 & F_2 & F_3 & \dots & F_m \\ M_G(y_1, F_1) & M_G(y_1, F_2) & M_G(y_1, F_3) & \dots & M_G(y_1, F_m) \\ M_G(y_2, F_1) & M_G(y_2, F_2) & M_G(y_2, F_3) & \dots & M_G(y_2, F_m) \\ M_G(y_3, F_1) & M_G(y_3, F_2) & M_G(y_3, F_3) & \dots & M_G(y_3, F_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_G(y_j, F_1) & M_G(y_j, F_2) & M_G(y_j, F_3) & \dots & M_G(y_j, F_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_G(y_m, F_1) & M_G(y_m, F_2) & M_G(y_m, F_3) & \dots & M_G(y_m, F_m) \end{array} \end{array} \quad (3)$$

Матриці (2) і (3) є узагальненими оцінками ступеня належності негативних наслідків до тих чи інших рішень, які спрямовані на усунення причин перевитрати ресурсів у СТС. У разі прийняття рішення  $F_i$ , яке не має ні економічного наслідку типу  $x_i$ , ні соціального – типу  $y_i$ , відповідна функція належності дорівнює нулю. Подамо стовпчики матриць (2) і (3) у вигляді таких нечітких множин:

$$\begin{aligned} F_{1C} &= \{M_C(x_1, F_1)F_1, M_C(x_2, F_1)F_1, M_C(x_3, F_1)F_1, \dots, M_C(x_m, F_1)F_1\} \\ F_{2C} &= \{M_C(x_1, F_2)F_2, M_C(x_2, F_2)F_2, M_C(x_3, F_2)F_2, \dots, M_C(x_m, F_2)F_2\} \\ F_{3C} &= \{M_C(x_1, F_3)F_3, M_C(x_2, F_3)F_3, M_C(x_3, F_3)F_3, \dots, M_C(x_m, F_3)F_3\} \\ &\dots \dots \dots \\ F_{iC} &= \{M_C(x_1, F_i)F_i, M_C(x_2, F_i)F_i, M_C(x_3, F_i)F_i, \dots, M_C(x_m, F_i)F_i\} \\ &\dots \dots \dots \\ F_{mC} &= \{M_C(x_1, F_m)F_m, M_C(x_2, F_m)F_m, M_C(x_3, F_m)F_m, \dots, M_C(x_m, F_m)F_m\} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} F_{1G} &= \{M_G(y_1, F_1)F_1, M_G(y_2, F_1)F_1, M_G(y_3, F_1)F_1, \dots, M_G(y_m, F_1)F_1\} \\ F_{2G} &= \{M_G(y_1, F_2)F_2, M_G(y_2, F_2)F_2, M_G(y_3, F_2)F_2, \dots, M_G(y_m, F_2)F_2\} \\ F_{3G} &= \{M_G(y_1, F_3)F_3, M_G(y_2, F_3)F_3, M_G(y_3, F_3)F_3, \dots, M_G(y_m, F_3)F_3\} \\ &\dots \dots \dots \\ F_{jG} &= \{M_G(y_1, F_j)F_j, M_G(y_2, F_j)F_j, M_G(y_3, F_j)F_j, \dots, M_G(y_m, F_j)F_j\} \\ &\dots \dots \dots \\ F_{mG} &= \{M_G(y_1, F_m)F_m, M_G(y_2, F_m)F_m, M_G(y_3, F_m)F_m, \dots, M_G(y_m, F_m)F_m\} \end{aligned} \quad (5)$$

З наведених у виразах (4) і (5) множин рішень необхідно вибрати оптимальне. При цьому водночас треба забезпечити мінімізацію рівня наслідків прийнятого рішення як економічного, так і соціального характеру. Попередньо ОПР визначається допустима підмножина рівнів негативних наслідків можливих рішень, а потім вибирається рішення з мінімальними економічними і соціальними наслідками.

Визначимо з виразів (4) і (5) верхню межу найменших значень відповідних негативних наслідків реалізації прийнятих рішень  $\inf \min_x M_C(x, F)$  та  $\inf \min_y M_G(y, F)$ , що є межами відповідних допустимих значень. Тоді шукане рішення з мінімальними рівнями економічних і соціальних наслідків повинно знаходитися в межах:

$$\exists F : \left( M_C(x, F) \leq \inf \min_x (x, F); M_G(y, F) \leq \inf \min_y (y, F) \right). \quad (6)$$

До того ж витрати на реалізацію прийнятих рішень не повинні перевищувати визначений допустимий рівень

$$D(F) < D. \quad (7)$$

Таким чином, аналізована задача зводиться до класу задач математичного програмування і вибирається рішення, за яким одночасно виконуються умови (6) і (7). Якщо існують декілька рішень, то вибирається  $F_i$  за умови:

$$\exists F_i : \left( \min M_C(x, F) \leq \inf \min_x (x, F); \min M_G(y, F) \leq \inf \min_y (y, F) \right).$$

Наведений підхід дозволить підвищити ефективність керування ресурсами в СТС обслуговуючого типу, серед яких знаходиться й система експлуатації РЕЗ обслуговування повітряного руху.

## Список літератури

1. Мелкумян В.Г. Некоторые вопросы синтеза и анализа сложных технологических систем обслуживающего типа // Проблемы авіоніки. – К.: КМУЦА, 1997. – С. 258–260.
2. Новиков В.С., Мелкумян В.Г., Соломенцев А.В. Вопросы управления ресурсами в технологическом процессе эксплуатации РЭО ГА // Технологические процессы при эксплуатации радиоэлектронного оборудования гражданской авиации. – К.: КИИГА, 1986. – С. 3–8.
3. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 06.07.01.

УДК 351.814 32/34:519.2

В.М. Васильєв

### ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВИТРИМУВАННЯ ПЛАНІВ ПОЛЬОТІВ ПРИ КОНТРОЛІ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

*Розглянуто організацію системи прогнозного контролю виконання плану польотів і завантаження підконтрольних елементів повітряного простору. Проаналізовано фактори, що впливають на виконання плану польоту. Визначено математичні моделі для прийняття рішень.*

Прогнозний контроль повітряного руху необхідний для своєчасного виявлення потенційно конфліктних ситуацій, а при високій інтенсивності руху для запобігання можливим перевищенням допустимого рівня пропускної здатності як окремих ділянок, так і всієї зони керування повітряним рухом.

Причиною виникнення конфліктних ситуацій є відхилення від розрахункових (планованих) траєкторій руху. До основних факторів, що збурюють і призводять до відхилень від заданої програми польоту, відносять: невідповідність фактичного і планового моментів зльоту, невідповідність значень фактичного вітру і вітру, який використовувався при розрахунку плану польоту, помилки витримування заданої швидкості польоту та невитримування розрахункової траєкторії набору висоти і зниження. На виконання плану польоту істотно впливають метеорологічні умови.

Таким чином, інтенсивність повітряного руху на певних інтервалах часу може істотно відрізнитися від розрахункової інтенсивності, а фактична завантаженість підконтрольних елементів повітряного простору (ПЕПП) значно перевищувати заплановану. Тому велике значення має оцінка можливостей таких подій.

Багато факторів, що впливають на процес польоту, мають стохастичний характер, тому прогноз завантаженості підконтрольного елемента повітряного простору може бути зроблений тільки у ймовірнісному аспекті. При цьому необхідний інтервальний прогноз, що дає область значень прогнозованої величини, в яку із заданою ймовірністю попаде прогнозоване значення в заданий момент часу і при заданих значеннях відомих параметрів.

Вичерпною характеристикою для оцінки завантаженості ПЕПП є функція розподілу відхилень від заданого часу входження літака в ПЕПП і виходу з нього. За відомою функцією розподілу відхилень від запланованих часу входу  $t_1$  і часу виходу  $t_2$ , може бути визначена ймовірність перебування літака всередині ПЕПП у заданому проміжку часу  $\Delta T = T_2 - T_1$ . Для прийняття остаточного рішення необхідно задатися значенням ймовірності цієї події  $P_3$ .

Для проведення прогнозного контролю проходження контрольної точки (рубежу) при використанні "віконної" технології планування повітряного руху може бути використаний аналогічний підхід. Рішення про витримування із заданою ймовірністю плану польоту приймається, якщо ймовірність того, що літак пролетів контрольну точку після встановленого моменту  $T_1$  і до встановленого моменту  $T_2$ , більша від заданої ймовірності  $P_3$ .