

УДК 303.45:519.86 (045)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНОЮ АВІАЦІЙНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ

О. А. Тамаргазін, д-р техн. наук, М. В. Олег

Національний авіаційний університет

avia_icao@mail.ru

Розглянуто питання створення основ методології системи управління мобільною транспортною системою на етапах її проектування та функціонування з позицій побудови такої системи, як велика ергатична система.

Ключові слова: транспортна система, управління, авіаційна система.

In the article we have considered the problem creations of methodology bases of a control system by mobile aviation transport system at stages of its designing and functioning. This system is observed as big ergatic system.

Keyword: transport system, management, aviation system.

Постановка задачі

Діяльність з формування мобільної авіаційної транспортної системи (МАТС) є сукупністю пов'язаних дій, спрямованих на досягнення певної мети. Цю діяльність можна визначити в термінах теорії систем як операцію [1; 2]. Оскільки з поняттям операції асоціюється поняття управління, то частина колективу, яка розпоряджається всіма виділеними на операцію формування МАТС людськими й матеріальними ресурсами і яка здійснює планування операції та управління нею, є органом управління. Інша частина колективу разом з авіаційними системами (АС) та наземним устаткуванням є об'єктом керування. Для операції формування МАТС справедливе поняття управління, що у процесі цієї операції виконує функції навчання й морально-правові функції стимулювання діяльності колективу, який бере участь у проектуванні і управлінні функціонуванням МАТС. Метою операції формування МАТС як бажаного результату діяльності, досяжного в межах деякого інтервалу часу, є виключення втрат АС й особового складу. У даній операції оперуємо поняттям ідеалу як деякого кінцевого результату напряму розвитку, досяжного лише асимптотично.

Завдання операції формування МАТС — бажаний результат діяльності, досяжний за намічений інтервал часу, і характеризується набором кількісних даних або параметрів, полягає в досягненні заданого рівня ефективності МАТС, який називають нормою, кількісно вираженою прийнятими критеріями оцінки.

Розв'язання задачі

Упорядковані дії, спрямовані на розв'язання задачі формування МАТС, є процедурами. Робота як процедура, результат якої носить матеріальний характер, виражається кортежем:

$$x_i = \langle a_i, b_i, T_i \rangle,$$

де i — індекс роботи; a — вектор параметрів, що характеризують результат роботи; b — вектор ресурсів, виділених для виконання роботи й досягнення результату; T — час, необхідний для виконання роботи.

Структурне утворення, що реалізує операції формування МАТС, являє собою систему, яка включає множину об'єктів — базисних множин M_i , зв'язаних між собою відносинами дій — множинами відносин R_i (рис. 1). У базисних множинах виконуються роботи x_i .

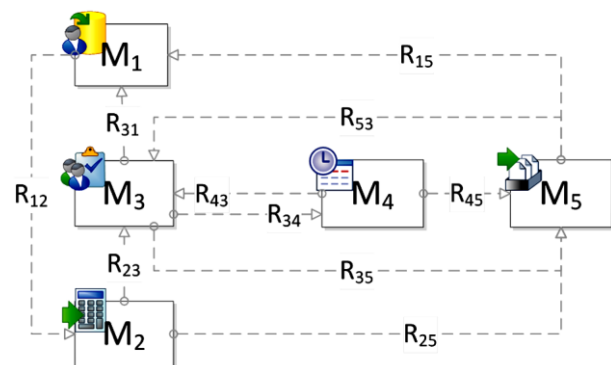


Рис. 1. Загальна модель системи управління МАТС

Під час виконання польотних завдань з'являються події, що характеризують ефективність МАТС і мають різний ступінь важкості наслідків (затримка вильоту, інцидент тощо). Частина показників, які описують ці події, — вхідна інформація для аналізу, оцінювання, досліджень, розроблення заходів і прийняття рішень з підвищення ефективності МАТС.

В авіаційних загонах (АЗ) МАТС (множина M_1) виконується робота зі збирання вхідної інформації для подання її в центри обробки даних (ЦОД) (множина M_2). Результати цієї роботи можна виразити вектором:

$$a_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots),$$

де (a_{11}, a_{12}, \dots) — показники 1-го, 2-го, ... функціональних комплексів, що складають МАТС.

Перелік показників функціональних комплексів визначається класифікацією характеристик подій, які здійснюються при декомпозиції МАТС для розв'язання задач оцінки, аналізу й досліджень показників ефективності МАТС. Принципи, покладені в основу декомпозиції МАТС, розглядаються в працях [3; 4].

Вектор ресурсів:

$$b_1 = (b_{11}, b_{12}, \dots),$$

де (b_{11}, b_{12}, \dots) — ресурси, виділені для виконання робіт 1-м, 2-м, ... функціональними комплексами.

Час, виділений для цієї роботи:

$$T_1 = (T_{11}, T_{12}, \dots),$$

де (T_{11}, T_{12}, \dots) — значення часу, необхідного для збору інформації в 1-му, 2-му, ... функціональних комплексах.

У ЦОД (M_2) виконується робота x_2 з формування масивів вхідної інформації й оброблення її для подання в M_3 — особам й організаціям, що приймають рішення (ОПР) про функціонування МАТС, а також в M_5 — організаціям, що розробляють заходи щодо підвищення рівня ефективності конкретних елементів МАТС.

Вектор результатів роботи x_2 має вигляд:

$$a_2 = (a_{21}, a_{22}, \dots).$$

В об'єктах M_4 виконується робота x_3 з формування й виставлення вимог і нормативів з ефективності МАТС для прийняття рішень ОПР (M_3) і розроблення заходів (M_5). Вектори a_3 , b_3 й T_3 мають вигляд:

$$a_3 = (a_{31}, a_{32}, \dots);$$

$$b_3 = (b_{31}, b_{32}, \dots);$$

$$T_3 = (T_{31}, T_{32}, \dots).$$

ОПР (M_3) виконують роботу x_4 з формування завдань і вимог промисловості та окремим організаціям і фірмам (M_5) на розроблення заходів щодо підвищення ефективності МАТС. Вектори a_4 , b_4 й T_4 мають вигляд:

$$a_4 = (a_{41}, a_{42}, \dots);$$

$$b_4 = (b_{41}, b_{42}, \dots);$$

$$T_4 = (T_{41}, T_{42}, \dots).$$

В об'єктах M_5 виконуються роботи x_8 з підготовки проектів заходів для подання їх ОПР (M_3). При виконанні цієї роботи використовуються дані інформаційних масивів, норм й обмежень, а також дані експлуатаційних випробувань елементів МАТС, для підготовки й подання яких виконуються роботи x_5 , x_6 і x_7 .

Робота ОПР x_9 полягає в прийнятті рішень про впровадження в дію заходів, що відповідають вимогам підвищення ефективності конкретної МАТС. Робота ОПР x_{10} призначена для фор-

мування, уточнення й відновлення вимог до конкретної МАТС.

Кортеж робіт системи керування ефективністю МАТС можна подати рівняннями виду:

$$x_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, b_{11}, b_{12}, \dots, T_{11}, T_{12}, \dots);$$

$$x_2 = (a_{21}, a_{22}, \dots, b_{21}, b_{22}, \dots, T_{21}, T_{22}, \dots);$$

.....

$$x_{10} = (a_{101}, a_{102}, \dots, b_{101}, b_{102}, \dots, T_{101}, T_{102}, \dots).$$

Усі відносини в даній системі мають зміст «Бути призначеним для...» і виражають характер відповідних робіт. Бінарні відносини між базисними множинами такі:

$$M_1 R_{12} M_2; \quad M_2 R_{23} M_3; \quad M_4 R_{43} M_3;$$

$$M_4 R_{45} M_5; \quad M_1 R_{15} M_5; \quad M_5 R_{53} M_3;$$

$$M_3 R_{35} M_5; \quad M_2 R_{25} M_5; \quad M_3 R_{31} M_1;$$

$$M_3 R_{34} M_4.$$

Цю операцію повністю характеризує, з погляду послідовності виконання робіт, така множина відносин:

$$R = \{ (M_1, M_2), (M_2, M_5), (M_4, M_5), (M_3, M_5), (M_2, M_3), (M_4, M_3), (M_1, M_5), (M_5, M_3), (M_3, M_1), (M_3, M_4) \}.$$

Перетини бінарних відносин характеризують обсяги робіт, які виконуються в об'єктах базисних множин:

M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
$[x_1, x_7]$	$[x_2, x_5]$	$[x_4, x_9, x_{10}]$	$[x_3, x_6]$	$[x_8]$

А також окреслюють роботи, які виконуються для розв'язання відповідних задач об'єктами базисних множин:

M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
$[x_9]$	$[x_1]$	$[x_2, x_3, x_8]$	$[x_{10}]$	$[x_4, x_5, x_6, x_7]$

Такі перетини можна, залежно від постановки задачі, роботи:

- для результатів робіт a_i , коли потрібно проаналізувати об'єкти інформації з кожної спеціалізації;
- для ресурсів b_i , під час оцінювання витрат на експлуатацію системи;
- для часу T_i , коли оцінюється оперативність роботи МАТС.

Математичною моделлю системи керування ефективністю МАТС є кортеж:

$$S = \langle M_i, R_j \rangle,$$

де $i = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $j = \{12, 15, 23, 25, 31, 34, 35, 43, 45, 53\}$. Для побудови даної моделі необхідно, щоб усі об'єкти були описані математичними співвідношеннями.

Об'єктом керування в МАТС є процес експлуатації АС в авіаційному загоні, що безпосередньо пов'язаний з виконанням завдань, пос-

тавлених перед конкретною МАТС, а керовану координату представляє вектор експлуатаційних показників АС.

МАТС — це велика ергатична система (ВЕС). Моделлю її може служити дерево (рис.2), що включає три функціональні комплекси (перший рівень декомпозиції). Кожен комплекс складається із двох систем: організаційної (ОС) і технічної (ТС) (другий рівень). На третьому рівні здійснюється деталізація цих систем на множини підсистем, груп, блоків. Безпосередньо експлуатацією АС здійснює льотно-технічний комплекс (ЛТК).

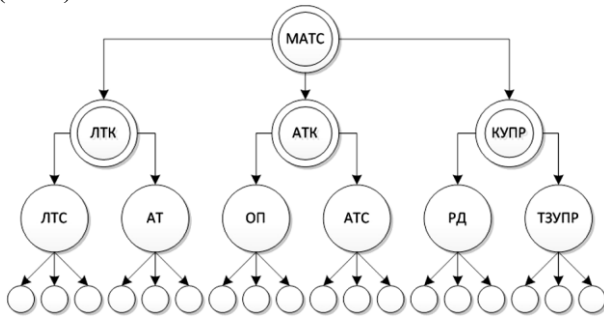


Рис. 2. Модель-дерево МАТС

Декомпозиція організаційних систем ЛТК здійснюється відповідно до штатно-організаційної структури і дуже часто змінюється, що повинно враховуватися при формуванні й управлінні МАТС, а також під час аналізу ефективності заходів щодо підвищення ефективності МАТС.

Задача декомпозиції АС є спеціальною задачею, яка розв'язується залежно від цілей оцінки, аналізу й дослідження показників ефективності МАТС. При цьому враховуються вимоги довірчості оцінок, які залежать від повноти вхідних даних.

Важливе значення при аналізі ефективності МАТС і заходів, спрямованих на її підвищення, має уніфікація застосовуваних алгоритмів. Із цією метою проводиться декомпозиція об'єктів АС, задіяних у функціонуванні МАТС, на типові класи, для кожного з яких використовуються єдині алгоритми оцінки й аналізу.

Один з можливих варіантів декомпозиції заснований на тому, що всю множину факторів, які визначають ефективність МАТС, можна об'єднати у два класи:

- ефективність авіаційних ергатичних систем (АЕС);
- ефективність технічних комплексів забезпечення польотів (ТКЗП).

У цьому випадку АС можна подати (рис. 3) як ВЕС й умовно виділити систему запобігання невиконання польотних завдань (СЗНПЗ) і АЕС (1-й рівень), які розділені на підсистеми ТКЗП-*n* й АЕС-*n* (2-й рівень).

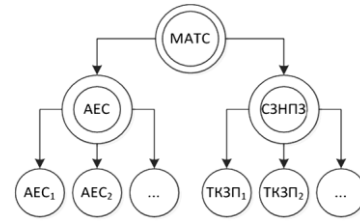


Рис. 3. Декомпозиція МАТС на АЕС та ТКЗП

Відповідно до прийнятої моделі АЗ як об'єкта, у якому здійснюється експлуатація АС, управління всією множиною факторів, що впливають на рівень їхньої ефективності [5], можна охарактеризувати двома класами:

- ефективністю роботи АЕС підрозділів льотної і технічної експлуатації АС;

- ефективністю функціонування СЗНПЗ. Характеристики ефективності елементів АЕС і СЗНПЗ можуть визначатися відомими статистичними методами за інформацією про події, пов'язані з відмовами й несправностями АС, відхиленнями дій людини-оператора від вимог керівних документів при виконанні робіт, пов'язаних з діяльністю МАТС. Їх можна розглядати як керовані координати при зміні відповідних показників ефективності МАТС.

Під час розробки заходів, спрямованих на підвищення ефективності АС у МАТС, враховується, що відмови і несправності залежно від причин ділять на конструктивні, виробничі та експлуатаційні. Перша й друга групи перебувають у компетенції підприємств промисловості й ремонтних заводів (РЗ), третя досліджується фахівцями науково-дослідних центрів (НДЦ) і АЗ МАТС.

Відхилення в діях льотно-технічного складу (ЛТС) від встановлених вимог можна розділити на помилки, порушення й втрату працездатності. Заходи щодо їхнього запобігання розробляються, відповідно, у напрямках навчання, виховання й медичного обслуговування, які входять у сферу діяльності відповідних підрозділів МАТС і відомств, на які покладена відповідальність за формування й керування конкретною МАТС.

Таким чином, підвищення рівня ефективності АС здійснюється двома шляхами:

- збільшенням ефективності роботи підсистем й елементів органів управління експлуатацією АС;
- підвищенням ефективності СЗНПЗ.

Відповідно до цього в МАТС мають бути два контури управління:

- контур управління ефективністю АЕС;
- контур управління ефективністю СЗНПЗ.

Льотно-технічна діяльність АЗ як об'єкта управління $S \in M_1$ у системі управління факторами, що впливають на ефективність АС, являє со-

бою динамічний об'єкт із входною $u(t)$ і вихідною $w(t)$ функціями. Вхідна функція характеризує заходи щодо підвищення ефективності АС, які вводяться відповідним органом у момент часу t_0 і діють на інтервалі часу $[t_0, t]$. Отже, функція u — це множина:

$$u[t_0, t] = \{(t, u(t)) \mid -\infty < t < +\infty\}.$$

Вихідна функція w містить систему показників ефективності АС, отриманих у результаті обробки в M_2 вхідних даних d за кожним фактором на тому самому інтервалі часу.

Отже, на вході M_2 :

$$d[t_0, t] = \{(t, d(t)) \mid -\infty < t < +\infty\},$$

а на виході M_2 :

$$w[t_0, t] = \{(t, w(t)) \mid -\infty < t < +\infty\}.$$

При цьому утворюються впорядковані пари (u, w) : вхід–захід, вихід–рівень показників ефективності АС.

Заходи реалізуються за напрямками, які зазвичай ідентифікують відповідно до організаційної структури АЗ, обраної в конкретній МАТС. При дослідженнях зручно використовувати декомпозицію АЗ на комплекси АЕС і ТКЗП і кожен захід відносити до відповідних підсистем цих комплексів. Отже, об'єкт S можна охарактеризувати множиною E пар вхід–вихід так, що $(u, w) \in E$ відповідає простору входів U і виходів W . Тоді модель льотно-технічної діяльності АЗ як динамічного об'єкта управління визначається таким чином:

$$S = (U, W, E),$$

де E — відношення, що визначає залежність виходу від входу.

На практиці між входом і виходом немає чіткої однозначності, тому що захід, призначений для одного фактора, часто впливає на інші [6]. Однак це можна не враховувати, оскільки такий взаємний вплив не заважає, а сприяє досягненню мети управління, тобто при одному вході в M_1 $u \in U$ можливо кілька виходів з M_1 .

Множина E у цьому випадку визначається не як функція або оператор, а як бінарне відношення. Вона служить для комплексного опису окремих частин системи, які піддаються опису функціональними залежностями або операторами.

Заходи, які вводяться у дію органом управління, реалізують на інтервалі часу $[t_0, t]$ певну стратегію або здійснюють розподіл ресурсів U .

Відповідно до обраної декомпозиції факторів, що впливають на ефективність АС, будемо розглядати управління ефективностями i -ї АЕС U_{ia} та j -го ТКЗП U_{jt} . Виходом є рівень ефективності АС P_{AC} як одна з оцінок льотно-технічної діяльності АЗ, які однозначно визначаються керуючими координатами, що характеризують стани і наслідки можливих станів АЕС і ТКЗП.

Позначимо параметри можливих станів АЕС, ТКЗП та їхніх наслідків x, y, Q_{xy} відповідно. Тоді:

$$P_{AC} = f(x, y, Q_{xy}).$$

Якщо параметри станів і наслідків можливих станів АЕС і ТКЗП зв'язати формальними або неформальними операторами з U_a та U_t , то одержимо таку модель льотно-технічної діяльності АЗ як об'єкта управління факторами, що впливають на ефективність АС:

$$x(t) = F_x(x_o, t, U_a[t_o, t], V_a[t_o, t]);$$

$$y(t) = F_y(y_o, t, U_t[t_o, t], V_t[t_o, t]);$$

$$Q_{xy}(t) = F_Q(Q_o, t, U_a[t_o, t], V_a[t_o, t], U_t[t_o, t], V_t[t_o, t]),$$

де x_o, y_o, Q_o — початкові значення станів і наслідків станів АЕС і ТКЗП відповідно; V_a і V_t — зовнішні впливи на АЕС і ТКЗП.

Висновки

При отриманні проведених досліджень було побудовано модель управління МАТС, яка може використовуватись для створення методичного та інформаційного забезпечення проектування і функціонування МАТС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков А. Методология / монографія. / А. Новиков, Д. Новиков. — М. : СИНТЕГ. — 668 с.
2. Гиг Дж. ван Прикладная общая теория систем: монографія; пер. с англ. / Дж. ван Гиг. — М. : Мир, 1981. — 336 с.
3. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем: монографія; пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахаара. — М. : Мир, 1973. — 344 с.
4. Бережная Е. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие / Е. Бережная, В. Бережной. — 2-е изд. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 432 с.
5. Новосельцев В. Теоретические основы системного анализа: монографія / В. Новосельцев, Б. Тарасов, В. Голиков, Б. Демин; под ред. В. Новосельцева. — М. : Майор, 2006. — 592 с.
6. Морен Э. Метод. Природа природы: монографія; пер. с фран. / Э. Морен. — М. : Прогресс-Традиция, 2005. — 464 с.

Стаття надійшла до редакції 14.01.13.