

УДК 629.735.083 (045)

МЕТОДИКА ВИБОРУ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ НАЗЕМНОЇ ТЕХНІКИ

К. В. Богайська

Національний авіаційний університет

avia_icao@mail.ru

Розглянуто основні принципи вибору показників ефективності системи технічного обслуговування авіаційної наземної техніки з урахуванням того, що їх кількісна потреба оброблення значної кількості вхідної інформації, яка змінюється залежно від того, в якому стані знаходиться конкретний екземпляр авіаційної наземної техніки.

Ключові слова: технічне обслуговування, авіаційна наземна техніка, оптимізація.

Main principles of a system effectiveness indexes selection of aviation land engineering maintenance taking into account that their quantitative estimation demands machining of a significant amount of an input information which changes as a function of that in what condition are observed to be a particular copy of aviation land engineering.

Keyword: maintenance, aviation land engineering, optimization.

Постановка завдання

Конкретний зміст показників ефективності системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) залежить від специфіки і призначення авіаційної наземної техніки (АНТ), до якої застосована та чи інша система ТОіР, а також від завдання дослідження та її постановки.

Показники ефективності можуть бути ймовірними, інформаційними, вартісними тощо [4]. Вибір і обґрунтування конкретних показників ефективності є евристичною задачею, розв'язання якої визначається призначенням системи ТОіР, а також метою проведеного дослідження.

Найбільш загальними вимогами, які висуваються до показників ефективності, є: досить наочний і зрозумілий фізичний зміст; відповідність поставленої перед системою ТОіР задачам; можливість досить простого визначення; однаковий фізичний зміст при різних варіантах використання АНТ за призначенням. Зазначені вимоги найбільш повно задовольняє прийняття як основного показника ефективності системи ТОіР імовірності виконання поставленої функціональної задачі (імовірність готовності АНТ до застосування за призначенням, імовірність не перевищення витрат на ТОіР АНТ заданої суми тощо). Імовірнісний показник прямо характеризує властивості даної системи ТОіР.

Вирішення проблеми

Використання ймовірнісного показника для оцінювання ефективності ТОіР АНТ дозволяє задовольнити такі важливі вимоги:

– максимальний облік факторів, які впливають на виникнення збійних ситуацій під час ТОіР АНТ;

– зручність використання при розрахунках ефективності систем ТОіР;

– пристосованість до нормування при завданні вимог на проектування нової АНТ та АНТ, яка знаходиться в експлуатації;

– принципова можливість практичної перевірки заданих вимог у процесі експлуатації та спеціальних випробувань.

Процес виникнення збійних ситуацій у системі ТОіР за своєю фізичною природою має випадковий характер, тому показники ефективності є статистичними величинами, які визначаються на основі правил математичної статистики і теорії ймовірностей. Вибір як основного показника ефективності системи ТОіР імовірнісного дозволяє виключити багато критеріїв, які ускладнюють проведення досліджень. Такий показник ефективності системи ТОіР повинен бути функцією часу застосування АНТ t , що в загальному випадку є випадковою величиною. Це може бути зумовлено, наприклад, різною інтенсивністю використання АНТ, різним рівнем підготовки інженерно-технічного складу, фінансовими можливостями аеропорту тощо [3].

Тому такий показник ефективності системи ТОіР АНТ можна розглядати як функцію $E(t)$ випадкового аргументу t , яка застосовується на відрізку часу $[t_0, t_0 + \tau]$, значення якої розподілені з деякою сумісною щільністю ймовірності значень часу початку застосування системи ТОіР і терміном її дії $q(t_0, \tau)$. Тоді повну ймовірність виконання поставленої задачі перед даною системою ТОіР знайдемо за формулою математичного сподівання:

$$\bar{E} = M[E(t_0, \tau)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} E(t_0, \tau) q(t_0, \tau) dt. \quad (1)$$

Оскільки тривалість застосування систем ТОіР велика і моменти внесення в них змін ма-

випадковий характер у широкому діапазоні можливих значень, то оцінка ефективності за допомогою ймовірного показника є відомою мірою суб'єктивною (невизначеною). З цього погляду інтегральний критерій (1) є досить ефективним, оскільки дозволяє врахувати можливі відхилення тривалості застосування системи ТОіР від розрахункової.

Розсіювання можливих значень імовірності E щодо її математичного сподівання (1) оцінюється за відомою формулою дисперсії функції випадкових аргументів [1]:

$$\sigma^2[E(t_0, \tau)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [E(t_0, \tau) - \bar{E}]^2 q(t_0, \tau) dt_0 d\tau. \quad (2)$$

Чим менше дисперсія (2), тим меншою мірою ймовірність виконання задачі E відрізняється від своїх середніх значень.

За функцією $E(t_0, \tau)$ та відомою щільністю імовірності $q(t_0, \tau)$ методами теорії ймовірностей можна знайти щільність імовірності $V(E)$ можливих значень імовірності E , розподілених випадковим чином у межах від 0 до 1. Тоді дисперсія значень імовірності E виразиться формулою:

$$\sigma^2[E] = \int_0^1 (E - \bar{E})^2 V(E) dE. \quad (3)$$

Обчислення дисперсії значень імовірності E за формулами (2) і (3), мабуть, повинне приводити до однакових результатів. Довірча ймовірність того, що значення ймовірності виконання поставленого завдання E не менш заданої E_3 , дорівнює:

$$P(E \geq E_3) = \int_{E_3}^1 V(E) dE. \quad (4)$$

Чим більше довірча ймовірність (4), тим ефективніше функціонує дана система ТОіР.

Поняття збійної ситуації для такої складної системи, як система ТОіР АНТ важко сформулювати, оскільки вона здатна виконувати поставлене перед нею завдання при порушенні як організаційних, так і технічних та інформаційних складових її елементів. Один з можливих підходів до розв'язання цієї задачі ґрунтується на визначенні вимог до рівня «спаду» ефективності, що задається у вигляді умови:

$$E(t) < E_3. \quad (5)$$

Під час виконання нерівності (5) система ТОіР вважається неспроможною виконувати поставлені на неї завдання. З розв'язку рівняння $E(t) = E$ знаходиться час функціонування системи ТОіР без збійних ситуацій у вигляді зворотної функції:

$$\tau = E^{-1} E_3. \quad (6)$$

Вимоги до ефективності системи ТОіР можуть бути різними залежно від конкретних умов застосування АНТ у конкретному аеропорту, тобто задане значення імовірності E в загальному випадку є випадковою величиною. При цьому час функціонування системи ТОіР без збійних ситуацій оцінюється математичним сподіванням функції (6)

$$\bar{\tau} = M[E^{-1} E_3].$$

Особливістю розглянутих показників ефективності систем ТОіР АНТ є їх імовірнісно-статистична природа. Але дослідження ефективності систем ТОіР на основі моделі загального виду практично неможливо в силу труднощів знаходження підінтегральної функції та її багаторазового інтегрування. Це вимагає введення ряду обмежень і припущень. Вони повинні бути коректними і достатніми. Перше припускає непротиворіччя прийнятих обмежень фізичній сутності реальних процесів функціонування систем ТОіР; друге — введені обмеження мають забезпечувати достатню простоту розв'язання задачі оцінювання ефективності, однак не за рахунок суттєвої втрати його строгості.

Розглянуті вхідні положення визначають основний зміст, напрямки і методологію дослідження ефективності систем ТОіР та її окремих складових частин. Вони дають змогу виявити коло питань, які необхідно вирішувати при дослідженні ефективності систем ТОіР на всіх етапах життєвого циклу АНТ.

Дослідження ефективності систем ТОіР та їх основних складових частин складається з двох основних взаємозалежних задач: аналізу і забезпечення (синтезу) їх необхідної ефективності. Аналіз ефективності має за мету визначення показників ефективності систем ТОіР і виявлення на основі цього фактора основних причин, які впливають на надійність і ефективність роботи її складових частин. Розв'язання цієї задачі здійснюється за допомогою відповідних розрахункових методів.

Забезпечення ефективності систем ТОіР полягає в розробленні методів, організаційно-технічних заходів і конструктивно-схемних рішень, спрямованих на досягнення необхідної ефективності виробничих процесів під час ТОіР АНТ. Найбільш складним і важливим етапом розв'язання задачі аналізу ефективності систем ТОіР є одержання кількісних значень показників ефективності та її складових частин. На етапі проектування АНТ таке оцінювання здійснюється з метою прогнозування очікуваної ефективності системи ТОіР конкретного типу АНТ. Це необхідно для обґрунтування проекту АНТ, а також вирішення ряду організаційно-технічних

питань, пов'язаних з вибором оптимального чи раціонального варіанта структури функціональних систем АНТ, способів резервування, глибини і методів контролю, кількості та номенклатури запасних комплектуючих, базової періодичності профілактичних робіт, обґрунтування вимог до надійності комплектуючих тощо. На етапах випробувань і експлуатації оцінка ефективності систем ТОіР необхідна для визначення її реальних показників. Така оцінка має характер не тільки констатації, на її основі вирішуються такі важливі завдання:

- розробляються організаційно-технічні заходи щодо підвищення ефективності систем ТОіР;
- уточнюються тактико-технічні вимоги до знову створюваної АНТ на основі досвіду експлуатації її аналогів;
- оцінюються перспективні напрямки модернізації існуючих систем ТОіР;
- розробляються експлуатаційні заходи з метою більш ефективного використання можливостей АНТ, як транспортних засобів.

При оцінюванні ефективності систем ТОіР необхідно чітко сформулювати завдання, у якому повинно бути зазначене таке: призначення АНТ та її систем ТОіР, їх специфічні особливості; найменування показників ефективності, які необхідно визначити; варіанти застосування АНТ; особливості застосування системи ТОіР для кожного можливого варіанта застосування АНТ; ознаки збійних ситуацій тощо. На основі одержаних вхідних даних робиться висновок про характер ефективності систем ТОіР і їх складових частин. Забезпечення необхідної ефективності системи ТОіР полягає в розробленні методів, організаційно-технічних заходів і конструктивно-схемних рішень, спрямованих на досягнення необхідних показників ефективності функціонування системи ТОіР і її окремих складових частин. При технічній, організаційній або економічній неможливості задовольнити ці вимоги може ставитися менш складне завдання підвищення рівня ефективності порівняно з уже досягнутим.

Дослідження систем ТОіР починається з аналізу поставлених перед нею завдань, принципів її побудови, ступеня виконання основних обмежень і обґрунтування можливості введення додаткових обмежень.

У результаті здійснюється декомпозиція системи ТОіР на складові частини, виділення пріоритетної задачі та її розподіл на окремі підзадачі, а також вибір умовних показників ефективності.

Ці операції, об'єднані поняттям «структурний аналіз системи ТОіР». Слід зазначити принципovu важливість і складність даного етапу дослідження.

Сучасна АНТ має ряд характерних ознак. До основних з них належать:

- наявність у складі функціональних систем і комплексів елементів, які працюють на різних фізичних принципах;
- значна функціональна і структурна надмірність при вирішенні основних завдань;
- широке використання цифрових і (чи) аналогових обчислювальних пристроїв;
- висока надійність більшості елементів.

Ці особливості сучасної АНТ зумовлюють наявність нових властивостей, відсутніх у АНТ попередніх поколінь. Найбільш важливим при цьому є те, що завдяки функціональній надмірності АНТ здатні виконувати свої функції у разі відмови окремих комплектуючих. Усе це дозволяє оцінювання ефективності систем ТОіР проводити в такій послідовності.

1. На основі аналізу алгоритмів функціонування АНТ і з урахуванням конкретних умов її застосування, необхідно визначити коло послідовно виконуваних підзадач (етапів), які треба вирішити в рамках системи ТОіР для успішного виконання поставленої задачі в цілому.

2. Для кожної підзадачі треба вибрати свій умовний показник ефективності системи ТОіР.

3. Виходячи з досвіду попередньої експлуатації і застосування даного типу АНТ, необхідно проаналізувати виконання загальних і ввести додаткові обмеження, які дозволяють довести розрахунки ефективності до кінця за прийнятний відрізок часу.

4. Після введення обмежень треба вибрати і обґрунтувати моделі, які описують поведінку елементів функціональних систем АНТ і АНТ в цілому при розв'язанні підзадач.

5. Використовуючи математичний апарат, який відповідає прийнятим обмеженням і обраним моделям, провести оцінювання ефективності системи ТОіР при розв'язанні конкретних задач під час застосування АНТ за призначенням.

6. Оцінити ефективність системи ТОіР у цілому.

Виконуючи зазначений алгоритм оцінювання ефективності системи ТОіР, необхідно враховувати модернізацію АНТ, а також обсяги робіт, які здійснюються конкретним екземпляром АНТ. Під час реалізації наведеного вище алгоритму виникає необхідність створення моделі системи ТОіР, яка б задовольняла наступні вимоги: враховувати структуру системи ТОіР та її зміну у часі; відбивати фізичну сутність явищ, які відбуваються з АНТ; точність моделі повинна погоджуватися з точністю наявних вхідних даних; мати чутливість до найбільш суттєвих параметрів і досить точно відбивати їх вплив на значення показника ефективності системи ТОіР.

Зазначеним вимогам найбільшою мірою відповідають моделі у вигляді дискретного марковського ланцюга та дискретного марковського процесу [2]. Для моделі системи ТОіР характерним є перехід зі стану в стан тільки у фіксовані моменти часу t_1, t_2, \dots, t_k . Ці моменти часу поділяють процес ТОіР АНТ на етапи. Така апроксимація дозволяє досить точно оцінити якість зв'язання окремих задач під час ТОіР АНТ.

Для дискретного марковського процесу характерним є те, що моменти зміни станів відбуваються в будь-які випадкові моменти часу. Цей вид апроксимації процесу ТОіР АНТ є найбільш нееквівалентним реальним процесом і має найбільшу невизначеність. Загальне число станів, у яких може перебувати система ТОіР АНТ при деталізації процесу ТОіР, може зростати безмежно. Тому особливо важливо при побудові моделей систем ТОіР обмежитись найбільш важливими станами, перебування в яких найбільш суттєво впливає на ефективність ТОіР, але не за рахунок точності вхідних даних. Звідси випливає, що дослідження реальних систем ТОіР потребує введення системи обмежень, які дозволяють знизити розмірність задачі до прийнятної величини. Природно, що формування таких обмежень є одним з найбільш складних питань, тому що вимагає компромісу між зменшенням розмірності та виникаючою при цьому методичною помилкою. Крім того, оцінювання і аналіз ефективності систем ТОіР на основі таких моделей практично неможливі. Дійсно, якщо випадковий моменти часу t_k , який характеризує появу збійної ситуації в k -й складовій частині системи ТОіР, має складну статистичну залежність і функція $P(t_1, t_2, \dots, t_k, \tau)$ досить складна, тоді задачі оцінки ефективності не можуть бути розв'язані ні аналітичними методами, ні методом статистичних випробувань. Це пояснюється, в першу чергу, тим, що за статистичними даними практично немає можливості визначити K -вимірну щільність імовірності.

Більшість вхідних параметрів моделі системи ТОіР АНТ визначаються методами теорії надійності. Але таке оцінювання ефективності сучасних систем ТОіР, як було показано вище, нашкоджується на обчислювальні труднощі, пов'язані з необхідністю перебору великого масиву інформації і визначення на її базі ймовірнісних характеристик АНТ і процесу їх ТОіР.

Це зумовлено тим, що розмірність моделі системи ТОіР зростає як 2^k . Тому потрібні методи оцінювання ефективності і машинні програми, що їх реалізують, які б найбільш економічно виконували необхідні перетворення. Вони повинні бути побудовані так, щоб від користувача було потрібно лише певним чином формалізувати запитання до програми.

Висновки

Кількісне оцінювання ефективності систем ТОіР вимагає визначення їх умовних показників ефективності $P_i(t)$, які характеризують ефективність системи в кожному i -му її стані. Кількісне оцінювання рівнів ефективності системи ТОіР може бути проведено кількома методами різного ступеня складності та вірогідності. Вибір того чи іншого з цих методів залежить від особливостей застосування конкретної системи ТОіР, можливості одержання вхідних даних та необхідної вірогідності оцінок.

Процес виконання будь-якою системою ТОіР заданих функцій, спрямований на досягнення поставленої мети, у кожному i -му стані характеризується визначеними значеннями її параметрів. Номенклатура цих параметрів і їх число залежать від способу розв'язання задачі, тобто від того, у якому стані вона знаходиться. Для значень параметрів системи ТОіР встановлюють припустимі області. При перебуванні параметрів у цих областях система є працездатною, тобто функціонує з необхідною ефективністю. Такий підхід до оцінювання ефективності систем ТОіР є основним, оскільки він дозволяє найбільш повною мірою аналітично врахувати вплив більшості експлуатаційних факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е. С.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М. : Наука, 1988. — 480 с.
2. *Вентцель Е. С.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М. : Наука, 1991. — 384 с.
3. *Гилл Ф.* Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. — М. : Мир, 1985. — 509 с.
4. *Крохин З. Т.* Инженерно-организационные основы обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации / З. Т. Крохин, Ф. И. Скрипник, В. З. Шестаков. — М. : Транспорт, 1987. — 175 с.