

УДК 629.735.083.06(045)

С.О. ДМИТРІЄВ, В.І. БУРЛАКОВ, О.В. ПОПОВ, Д.В. ПОПОВ

Національний авіаційний університет, Україна

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

В наданій роботі розглядається нова методологія забезпечення процесів технічної експлуатації авіаційних двигунів (АД) та формування програм їх технічного обслуговування (ТО) на основі методу «приписуючих рішень», призначеного для практичного використання в умовах високого ступеня невизначеності. Основою метода є спеціальні процедури оцінки експлуатаційних характеристик об'єктів експлуатації, стратегій технічного обслуговування, якості проведення профілактичних робіт, засобів і методів контролю й ін. Методика призначена для вирішення задач оптимізації програм технічного обслуговування виробів авіаційної техніки за умови впливу багатofакторності при невизначеності вихідної інформації.

Ключові слова: авіаційний двигун, характеристики, експлуатація, технічне обслуговування.

Вступ

Зміст і обсяги ТО сучасного авіаційного двигуна необхідно визначати ще на етапах проектування одночасно з рішенням задач забезпечення його конструктивно-експлуатаційних властивостей. Саме на цьому етапі повинна формуватися програма ТО на тривалий період експлуатації АД, що є основою при розробці експлуатаційно-технічної документації.

Метою створення автоматизованої системи є оптимізації процесів технічного обслуговування АД, на основі розробки економічно обґрунтованих цілеспрямованих рекомендацій з удосконалення виробів АД, що забезпечують впровадження ефективних стратегій і режимів ТО.

На різних етапах об'єкти експлуатації мають різну інформаційну забезпеченість про його властивості. Нові концепції технічної експлуатації АД вимагають рішення задачі подальшого перспективного розвитку організаційно-технологічних структур організацій ТО.

Розробка методичного, організаційного і технічного забезпечення оцінки технічного стану (ТС) виробів АД проводиться, як правило, з урахуванням результатів аналізу особливостей їхньої конструкції, контролепридатності, умов експлуатації, прийнятої системи ТО, а також статистичних даних про характерні відмови та ушкодження. Такий аналіз у багатьох випадках дозволяє виявити найбільш інформативні ознаки конкретних типів несправностей, ідентифікація яких сприяє підтримці заданого рівня безпеки польотів і ефективності використання АД, а також дозволяє визначити функціональні можливості існуючих методів і засобів оцінки ТС виробів аві-

аційної техніки, їхніх вузлів і деталей, і що необхідно для формування регламентів ТО АД.

Для визначення оптимальних керуючих впливів з обліком всіх експлуатаційних факторів, характеристик і властивостей об'єктів експлуатації, потрібна розробка нового методологічного підходу до керування станом виробів АД.

Результати досліджень

Зміст оптимізації складається в забезпеченні збалансованих характеристик і властивостей виробів АД по сукупності визначальних ознак, що сприяють найбільш ефективні їхні реалізації в умовах експлуатації. Принципова залежність керуючих впливів від вірогідності гіпотез відбиває найважливішу властивість системи керування - адаптацію, як засіб дозволу невизначеності. Формальна схема функціонування складних об'єктів експлуатації вказує на необхідність рішення наступних завдань:

- розробку методів рішення завдань за умови високої невизначеності вихідної інформації;
- проведення розрахунків і їхній аналіз із метою вибору оптимальної альтернативи;
- розробку (визначення) умов реалізації оптимальної альтернативи в експлуатаційних підприємствах ЦА з урахуванням їх особливостей.

Для виділення певного конструктивного елемента системи з ряду інших елементів кожному елементу повідомляється формальна відмітна ознака – код. Множина факторів записується в певній послідовності, створюючи впорядкований кортеж:

$$Y = \langle x_1, x_2 \dots x_n \rangle .$$

Для формування короткої комплексної характеристики експлуатаційних властивостей виробів АТ виділимо n ознак. Кожній ознаці поставимо у відповідність m станів. Тоді комплексну характеристику експлуатаційних властивостей виробу можна представити у вигляді:

$$V_K = \{x_1^{i_1}, x_2^{i_2}, \dots, x_n^{i_n}\},$$

де $i_j \begin{pmatrix} j=1 \div n \\ i=1 \div m \end{pmatrix}$ – множина станів j ознаки.

Якщо визначити оптимальні «базові» властивості й характеристики «ідеальних» виробів й відповідні їм стратегії ТО:

$$V_B = \{B_1^{i_0}, B_2^{i_0}, \dots, B_n^{i_0}\},$$

то на основі порівняння й оцінки ступеня відхилення характеристик виробів АТ від базових векторів можна вирішити ряд поставлених завдань.

Методика визначення значень невідомих показників базується на використанні апріорних інтервальних оцінок цих показників з наступним обчисленням апостеріорних оцінок відповідно зі збільшенням обсягу інформації.

Таке послідовне рішення завдань залежно від точності й вірогідності доступної інформації лежить в основі адаптивного процесу керування конструктивними розробками, формування й коригування регламентів ТО виробів АТ.

Для опису невизначеності й обґрунтування інтервальних границь факторів, що визначають якість виробу, використовуються процедури прийняття рішень в умовах багатофакторного компромісу.

Прийняття рішень проводиться на основі порівняння характеристик виробів авіаційної техніки з базовими характеристиками, що дозволяє поєднати оптимізацію із прогнозуванням, при цьому безпосередньо прогнозуються не параметри моделі, а вхідні дані в математичну модель, що служить для визначення оптимального поєднання властивостей об'єкта експлуатації. Приймаючи цю гіпотезу, питання «які будуть параметри об'єкта?» заміняємо питанням «які повинні бути параметри?», що дозволяє два окремі завдання - прогнозування й оптимізацію - звести до одного загального завдання. Очевидно, що при сполученні безпосереднього прогнозування з

оптимізацією з'являється можливість активно й ефективно управляти якістю виробів АТ відповідно до прийнятої цільової функції замість пасивного спостереження за його зміною в минулому.

За таких умов й виникає багатокритеріальний компроміс, головною особливістю якого є те, що використання його рішення не є єдина точка зору, а є множина ефективних рішень, або оптимальних рішень за Парето [3]. Після побудови системи критеріїв отримуємо двояке уявлення про альтернативи.

По-перше, кожна альтернатива $v_i \in V$ (або $v^i \in V$) є набір параметрів

$$v_{(i)}^i = V^i(v_1^i, v_2^i, \dots, v_n^i), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

де i - альтернатива;

n – вимір простору.

В цьому випадку альтернатива може розглядатися як вектор у n - вимірному просторі параметрів.

По-друге, кожна альтернатива характеризується набором значень вибраних критеріїв:

$$(K_1^i, K_2^i, \dots, K_g^i), \quad i = 1, 2, \dots, g,$$

де K_j^i - значення j -го критерію для i -ї альтернативи, тобто i - та альтернатива може розглядатися як вектор у g - вимірному просторі критеріїв.

Запропоновано поетапну процедуру шкалування якісних показників. На першому етапі побудовано еталон якісного критерію. Другий етап включає оцінку реальних рішень на основі визначеного еталону.

Задача вибору оптимальної альтернативи на множині критеріїв формально зводиться до пошуку відображення $C[v(t)] = \{v \in V\}$, , яке кожному вектору $v(t)$ ставить у відповідність дійсне число $W_i(t)$

$$W(t) = v(t) = v[v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t)]$$

яке визначає ступінь переваги даного розв'язку.

На основі порівняння кортежу елементу системи з базовими «Б» експлуатаційними характеристиками (табл. 1, 2) визначають такі альтернативи оптимальні за Парето, які задовольняють усім значенням ознак кортежу

Таблиця 1

Експлуатаційні характеристики виробів авіаційної техніки

Ознака класифікації	Значення ознаки	Критерій оптимізації	Позначення	Позиція в кортежі
Домінуючий фактор при оцінці наслідків відмови	- факт відмови;	- ймовірність безвідмовної роботи;	1	I
	- не виконання виробом заданих функцій;	- коефіцієнт готовності;	2	
	- відмова не приводить до будь-яких наслідків у польотів.	- питомі витрати на проведення ТО	3	

Закінчення табл. 1

Ознака класифікації	Значення ознаки (інтервал значень середньої наробітки на відмову), год.	Середнє значення па- раметра потоку від- мов, год. ⁻¹	Позначення	Позиція в кортежі
Величина наробітку елементу системи на відмову	менше 1500	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1	II
	1500 ÷ 7500	$2,5 \cdot 10^{-4}$	2	
	7501 ÷ 33500	$0,5 \cdot 10^{-4}$	3	
	33501 ÷ 165000	$1,0 \cdot 10^{-5}$	4	
	165001 ÷ 840000	$2,0 \cdot 10^{-6}$	5	
	840001 і більше	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6	
Ознака класифікації	Значення ознаки (інтервал значень кратності резервувань функції)	Середнє значення кратності резервуван- ня	Позначення	Позиція в кортежі
Кратність резерву- вання функцій, які виконуються еле- ментом системи	0 (резерву немає)	–	1	III
	0,5 ÷ 1,5	1,0	2	
	1,5 ÷ 2,5	2,0	3	
	2,5 ÷ 3,5	3,0	4	
	3,5 ÷ 4,5	4,0	5	
	понад 4,5		6	
Ознака класифікації	Значення ознаки (достовірність конт.)	Позначення	Позиція в кортежі	
Ефективність засобів та методів оцінки стану елементів	0 – 0,2	1	IV	
	0,21 – 0,4	2		
	0,41 – 0,6	3		
	0,61 – 0,8	4		
	0,8 – 1,0	5		
Ознака класифікації	Значення ознаки (Δt на викон. роботи, хв.)	Позначення	Позиція в кортежі	
Середній час переві- рки справності або кон- тролю працездатності елементу системи	понад 60	1	V	
	30 ÷ 60	2		
	15 ÷ 30	3		
	до 15	4		
Ознака класифікації	Значення ознаки (інтервал часу на виконання роботи, $T_{в2}$, год.)	Позначення	Позиція в кортежі	
Середній час відно- влення елементу системи, що відмо- вив	> 2	1	VI	
	1 ÷ 2	2		
	0,5 ÷ 1	3		
	до 0,5	4		

Таблиця 2

Відповідність між базовими значеннями кортежу та необхідними формами технічного обслуговування

Базові значення кортежу	Форма ТО
1 2.2.2.2.2.	оперативні види ТО
1 3.3.3.2.2.	Ф 1
1 4.4.3.2.3.	Ф 2
.....
2 4.4.4.2.2.	Ф 3
.....
3 4.3.4.3.3.	оперативні види ТО
3 5.2.3.3.3.	Ф 3

Таблиця 3

Визначення керуючих впливів

Експлуатаційні властивості об'єктів експлуатації	Керуючі впливи
1. Надійність виробу АТ	- збільшення значень напрацювань на відмову за рахунок вибору менш навантажених режимів в експлуатації ; - вибір матеріалів об'єктів експлуатації; - конструктивне вдосконалення виробів.
2. Кратність резервування елементів систем	- збільшення кратності резервування елементів системи, зміна функціональних схем систем авіаційної техніки.
3. Ефективність засобів та методів оцінки стану виробів	Впровадження більш ефективних методів діагностування виробів авіаційної техніки; - забезпечення експлуатаційної технологічності об'єкті контролю.

Керування процесом ТО відбувається на основі впровадження управляючих впливів (табл. 3), які базуються на оцінці ефекту від експлуатації ПС й визначається виразом:

$$e = f_e \sum [x_j^i - B_j^i],$$

де $j = 1 \div n$ - множина станів j - ої ознаки.

Оптимізація процесів технічного обслуговування виробів АТ, на основі розробки цілеспрямованих рекомендацій що забезпечують впровадження ефективних стратегій і режимів ТО передбачається на основі створення автоматизованої системи (рис. 1) для вирішення наступних основних задач:

- 1) розробки науково обґрунтованих рекомендацій із забезпечення надійності виробів АТ (конструктивному вдосконаленню) по сукупності експлуатаційних властивостей;
- 2) нормування регламентів ТО об'єктів експлуатації;
- 3) корегування режимів ТО у міру надходження експлуатаційної інформації;
- 4) керування технологічними процесами ТО (обсягом і номенклатурою робіт).

Реалізація автоматизованої системи дозволить забезпечити цілеспрямованість керуючих впливів, що сприяють підвищенню ефективності конструктивних розробок і експлуатації АД.

Висновки

Таким чином забезпечення процесів технічної експлуатації та формування регламентів технічного обслуговування АД в системі збереження льотної придатності буде більш раціональним при використанні запропонованого метода «предписуючих рішень», який призначений для практичного використання в умовах високого ступеня невизначеності, що забезпечує оптимальну надійність і високу ефективність використання об'єктів експлуатації.

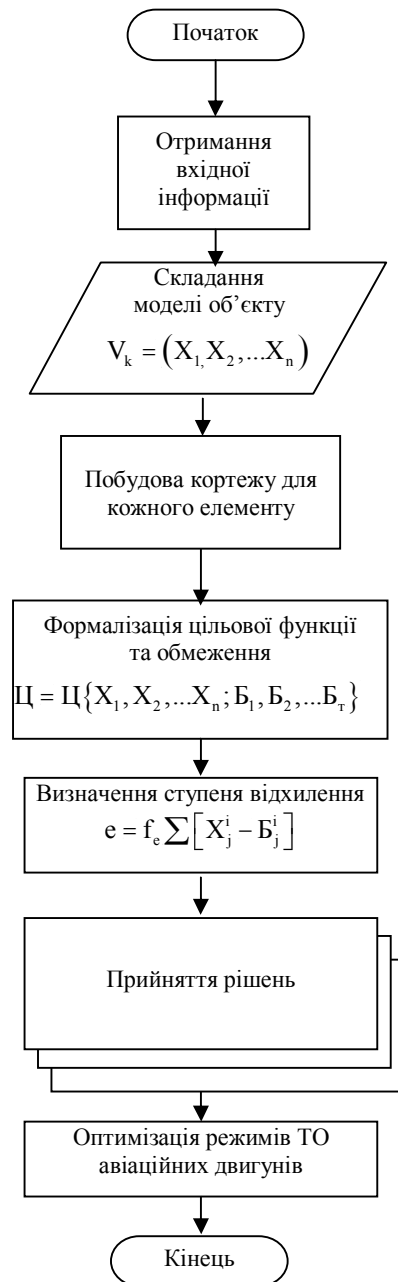


Рис. 1. Блок схема автоматизованої системи

На основі запропонованого методу вирішуються наступні задачі:

- формування змісту й обсягу ТО ПС з урахуванням конструктивних особливостей АТ, таких, як: безпечна пошкоджуваність конструкцій, високі значення показників надійності, рівень експлуатаційної технологічності і контролепридатності об'єктів експлуатації;
- корегування режимів ТО з урахуванням регіональних особливостей експлуатації АТ;
- визначення оптимальних варіантів конструктивної побудови авіаційних двигунів з урахуванням заданих характеристик надійності комплектуючих елементів;
- оцінювання збалансованості конструктивних рішень по кожному виробу АТ з урахуванням сукупності експлуатаційних факторів.

Література

1. Бурлаков, В.І. Метод керування процесами проектування й технічної експлуатації авіаційної техніки [Текст] / В.І. Бурлаков, О.В. Попов, Д.В. Попов // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „АВІА – 2006”. – Том 2. – Київ, 2006. – С. 3.9–3.12.
2. Попов, Д.В. Метод формування регламентів технічного обслуговування повітряних суден [Текст] / Д.В. Попов // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи ВАК. – № 1. – Євпаторія, 2009. – С. 105–110.
3. Ногин, В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход [Текст] / В.Д. Ногин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с.

Поступила в редакцію 03.06.2013, рассмотрена на редколлегии 12.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Панін, ректор Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана П. Сагайдачного, Київ.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

С.А. Дмитриев, В.И. Бурлаков, А.В. Попов, Д.В. Попов

В данной работе рассматривается новая методология обеспечения процессов технической эксплуатации авиационных двигателей (АД) и формирование программ их технического обслуживания (ТО) на основе метода «предписывающих решений», который предназначен для практического использования в условиях высокой степени неопределенности. Основой метода являются специальные процедуры оценки эксплуатационных характеристик объектов эксплуатации, стратегий технического обслуживания, качества проведения профилактических работ, средств и методов контроля и др.. Методика предназначена для решения задач оптимизации программ технического обслуживания изделий авиационной техники при условии влияния многофакторности при неопределенности исходной информации.

Ключевые слова: авиационный двигатель, характеристики, эксплуатация, техническое обслуживание.

AIRCRAFT ENGINES MAINTENANCE PROGRAMS DEVELOPMENT

S.A. Dmitriyev, V.I. Burlakov, A.V. Popov, D.V. Popov

In this article describes a new methodology for ensuring the processes of technical exploitation of aircraft engines (AE) and formation programs for their maintenance on the basis of the method of "solutions", which is intended for practical use in conditions of high uncertainty. The method is a special evaluation procedure operating characteristics of the facilities operation, maintenance strategies, the quality of maintenance work, the means and methods of control, and others. The method is designed for solving problems of optimization of maintenance programs aviation products subject to the influence of the uncertainty in the comprehensiveness of the initial information.

Key words: aircraft engine, performances, maintenance, technical service.

Дмитриев Сергей Алексеевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой сохранения лётной годности авиационной техники Национального авиационного университета, Киев, Украина.

Бурлаков Вадим Иванович – канд. техн. наук, проф. каф. сохранения лётной годности авиационной техники Национального авиационного университета, Киев, Украина.

Попов Александр Викторович – канд. техн. наук, доц. каф. сохранения лётной годности авиационной техники Национального авиационного университета, Киев, Украина.

Попов Дмитрий Викторович – ассистент каф. сохранения лётной годности авиационной техники Национального авиационного университета, Киев, Украина.