

УДК 629.735.33:623.746.3:681.3.

В.М. Феденько, А.В. Тимошенко

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ПОЛЬОТІВ І В ЦІЛОМУ ПРОГРАМИ ВИПРОБУВАНЬ З ОЦІНКИ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Проведено аналіз та виділені фактори, які впливають на повноту виконання польотного завдання та програми випробувань в цілому. Введені характеристики, які характеризують повноту виконання польотного завдання та програми випробувань в цілому, та алгоритм побудови послідовності виконання режимів на основі методів математичного програмування.

Ключові слова: ефективність, випробування, польотне завдання, програма випробувань, методика, математичне програмування.

Вступ

Постановка задачі. В основі діючих технологій випробувань в якості основних закладені три принципи:

- забезпечення необхідної повноти і якості випробувань відповідно з нормативними документами;
- дотримання всіх положень, які торкаються безпеки виконання польотів та випробувань в цілому;

– проведення випробувань з інтенсивністю, яка дозволяє виконати програму випробувань в задані строки.

В той же час реалії нинішнього дня показують, що дотримання тільки вказаних принципів вже недостатньо.

Аналіз досліджень та публікацій. Актуальною являється оцінка матеріально-технічних, фінансових і трудових ресурсів, які тратяться на проведення тих чи інших випробувань і, відповідно, пошук шляхів по їх мінімізації, однак в діючих документах відсутні методики по мінімізації матеріальних затрат [1, 2]. Важливе місце в цьому напрямку робіт займає пошук прийомів і методів, які дозволяють найбільш економно витратити виділені паливо-мастильні матеріали на проведення випробувань [3 – 5].

Метою статті є: детальний аналіз діючих технологій випробувань і пошук джерел, які дозволяють скоротити витрату палива при проведенні випробувань без шкоди приведеним принципам.

Основний матеріал

Із різноманітних факторів, які впливають на ефективність виконання польотного завдання та програми випробувань, виділимо три:

- раціональність організаційних заходів по виборі місця проведення випробувань з урахуванням місця базування ЛА, розташування випробувальної інфраструктури, об'єму і послідовності виконання програми випробувань та ін.;

- досвід інженера-випробувача та рівень кваліфікації льотчика випробувача;

- наповнення змістовної частини випробувального польоту у відповідності з поставленою метою шляхом скорочення "непродуктивного" часу польоту, який витрачається льотчиком на перехід від одного випробувального режиму до іншого, часом виконання залікового режиму та ін.

Більш детально зупинимося на третьому із приведених вище факторів, при цьому введемо поняття "змістова складова польотного завдання". Під цим поняттям будемо розуміти тільки ті етапи (режими) випробувального польоту, які передбачені для визначення критеріїв (показників), що характеризують льотні якості літального апарату (ЛА). Покажемо його у вигляді коефіцієнта повноти польотного завдання (Кпз) і визначимо як співвідношення:

$$K_{пз} = \frac{G_T}{G_3 - G_B - G_{п}}, \quad (1)$$

де G_T – кількість палива, яка витрачається власне на виконання заданих режимів польоту;

G_3 – кількість заправленого палива перед польотом;

$G_B, G_{п}$ – кількість палива, яка витрачається на зліт і посадку з гарантійним залишком.

В загальному випадку значення Кпз буде змінюватися в межах від одиниці до нуля, тобто його крайні значення будуть рівні (теоретичні варіанти):

$K_{пз}=1,0$ – в випадку, якщо політ виконаний злитно, в цілому без проміжних переходів від одного режиму до іншого;

$K_{пз}=0$, якщо в процесі випробувального польоту залікові режими не виконували (виконані неякісно).

Якщо між заліковими режимами льотчику необхідно попередньо змінити параметри польоту і, відповідно, витратити цей час і паливо ("непродуктивні" витрати) $K_{пз}$ буде знаходитись в діапазоні $1,0 > K_{пз} > 0$.

Відмітимо, що опираючись на введений коефіцієнт $K_{пз}$ для окремого випробувального польоту, можна перейти до коефіцієнту, який характеризує ефективність програми випробувань в цілому ($K_{пп}$), виразивши його формулою:

$$K_{пп} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{пз}, \quad (2)$$

де n – кількість польотів, які плануються для досягнення поставленої мети випробувань.

Обмежимося розробкою послідовності виконання випробувального польоту, при якому показник $K_{пз}$ буде мати найбільше значення.

В даній постановці досягнення поставленої мети зводиться до рішення типової транспортної задачі (задача комівояжера) [3].

Модель задачі має вигляд:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (3)$$

де $C = [c_{ij}]$ – матриця витрати енергії для виконання переходу з одного режиму до іншого;

x_{ij} – умова перебування літака в заданій точці ($x_{ij}=1$ – літак перебуває в заданій точці, $x_{ij}=0$ – літак не перебуває в заданій точці).

В відповідності з загально відомими методами рішення подібного типу задач (методами математичного програмування) в даній постановці найбільш підходящими являється метод гілок та границь.

Масив режимів польоту, які необхідно виконати в процесі польоту (згідно поставленої мети), можна представити в вигляді матриці.

	R ₁	R ₂	...	R _i	...	R _m
R ₁	-					
R ₂		-				
...			-			
R _i				-		
...					-	
R _m						-

де $R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_M$ – режими, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

Кожен режим повинен бути представлений чисельними значеннями висоти і швидкості польоту в початку і в кінці його виконання. Відповідно, кожний перехід, наприклад, від режиму R_1 до деякого режиму R_i буде супроводжуватися конкретним значенням витрати палива або в більш загальному вигляді – зміною повної енергії ЛА, чи так називаємої енергетичної висоти, яку має літак в конкретний момент часу.

Відповідно, перехід від виконаного попереднього режиму до наступного повинен будуватися таким чином, щоб зміна енергетичної висоти літака була мінімальна.

Алгоритм побудови послідовності виконання режимів при дотриманні вимог по найбільшій економії палива буде представляти собою наступні операції:

1. Розрахунок сумарної енергії (потенціальної та кінетичної), яку повинен (може) мати ЛА при виконанні кожного із R_M режимів польоту.

2. Послідовний вибір переходів від одного режиму до іншого з визначенням витрати енергії на ці переходи. Побудова послідовності виконання режимів, при якій витрати енергії будуть мінімальні.

3. Призначення кількості режимів для польотного завдання із розрахунку запасу палива і його витрати на виконання режимів і на переходи від одного режиму до іншого.

4. Виключення із матриці режимів, які реалізовані при виконанні попереднього пункту та побудови нової матриці.

5. Розрахунок коефіцієнта повноти виконання польотного завдання.

6. Сумуючи коефіцієнти повноти польотних завдань в відповідності з (2) можна вичислити загальний коефіцієнт повноти програми випробувань.

Аналіз розробок по створенню типової програми льотно-конструкторських і державних випробу-

вань винищувальних та ударних авіаційних комплексів показує, що більш 40% від загального об'єму випробувальних польотів приходиться на оцінку критеріїв і показників власне літального апарату та його силової установки. Тому розробка та реалізація викладених принципів при визначенні льотно-технічних характеристик повинна бути пріоритетною в загальному напрямку робіт по удосконаленню методів випробувань.

Викладені принципи формування польотних завдань можуть виявитись продуктивними і в інших областях застосування авіації, наприклад, при проведенні досліджень по корегуванню порядку виконання Вправ Курсу бойової підготовки.

Висновок

В даній роботі розроблена методологія оцінки ефективності виконання польотного завдання та програми випробувань в цілому. Також запропоновані шляхи мінімізації витрати палива за політ, використовуючи методи математичного програмування.

Список літератури

1. ГОСТ В 15.211-78. Порядок разработки программ и методик испытаний опытных образцов изделий, Москва, 1978. – 75 с.
2. Інструкція по відпрацюванню польотних завдань, завдань на практичні та наземні роботи, Феодосія, 2006 р. – 70 с.
3. Кузнецов А.В. Математическое программирование / А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод. – Минск, 1994. – 534 с.
4. Большакова И.В. Линейное программирование / И.В. Большакова, М.В. Кураленко. – Минск, 2004. – 600 с.
5. Бодров В.И. Математические методы принятия решений / В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартеньянов. – Тамбов, 2004. – 276 с.

Надійшла до редколегії 29.04.2011

Рецензент: канд. техн. наук с.н.с. В.А. Дмитрієв, Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія.

ПРО ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ И В ЦЕЛОМ ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В.М. Феденько, А.В. Тимошенко

Проведен анализ и выделены факторы, которые влияют на полноту выполнения полетного задания и программы испытаний в целом. Введены характеристики, которые характеризуют полноту выполнения полетного задания и программы испытаний в целом, и алгоритм построения последовательности выполнения режимов на основе методов математического программирования.

Ключевые слова: эффективность, испытания, полетное задание, программа испытаний, методика, математическое программирование.

ABOUT THE EFFICIENCY TEST FLIGHTS AND THE PROGRAMME OF TRIALS ASSESSING THE TECHNICAL FLIGHT CHARACTERISTICS

V.M. Fedenko, A.V. Timoshenko

The analysis and the factors, which influence on the completeness of the flight assignment and test programme as a whole. Introduced features, which characterize the completeness of the flight assignment and the test programs in general, and an algorithm for constructing the sequence of modes on the basis of methods of mathematical programming.

Keywords: efficiency, test, mission design, the program of tests, methods, mathematical programming.