

УДК 629.735.33:623.746.3:681.3

В.М. Феденько, А.В. Тимошенко

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

## АНАЛІЗ ТА НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАКІВ З ТРД

Проведений аналіз існуючих методик визначення льотно-технічних характеристик літаків з турбореактивними двигунами показав що на сьогоднішній день діючі методики в більшості своїй застаріли. Напрямки удосконалення методик визначення льотно-технічних характеристик вибрані з урахуванням сучасних можливостей комп'ютерної техніки, розвитку методів математичного моделювання та методів планування експерименту.

**Ключові слова:** методика, аналіз, льотно-технічні характеристики, випробування, факторний аналіз, математична модель.

### Вступ

**Постановка задачі.** Необхідність модернізації парку бойових літальних апаратів потребує удосконалення існуючих та розробки нових методів випробувань в умовах обмеженого фінансування, метою яких являється зменшення об'єму випробувань без втрати їх повноти та якості.

**Аналіз останніх матеріалів.** Основні методи, які використовуються для оцінки льотно-технічних характеристик, наведені в Керівництвах по випробуванню авіаційної техніки (КВАТ) [1 – 3].

Для оцінки льотно-технічних характеристик застосовують методики, розроблені ще в 80-ті роки, які не в повній мірі використовують сучасні можливості обчислювальної і вимірювальної техніки та методів моделювання і обробки експериментальних даних.

Останнім часом ефективно використовуються методи математичного програмування в самому широкому спектрі задач [4, 5, 6], тому є необхідність розглянути можливість застосування цих методів для збільшення економічного ефекту в випробуваннях авіаційної техніки.

**Метою статті є:**

- розгляд існуючих методик випробувань авіаційної техніки, щодо визначення та оцінки висотно-швидкісних характеристик (ВШХ);
- пошук напрямків удосконалення методик по визначенню ВШХ, що дозволять зменшити об'єм випробувань.

### Основний матеріал

Висотно-швидкісні характеристики включають в себе: максимальні та мінімальні швидкості горизонтального польоту; характеристики розгонів та гальмувань, набору висоти, практичних стель літального апарату.

Визначити ВШХ можливо різними методами. Вибір методу визначення ВШХ в конкретному випадку залежить від багатьох факторів (мета випро-

бувань, тип ЛА, тягоозброєність, надзвуковий або дозвуковий ЛА та інші фактори).

При цьому існують 3 основних метода визначення ВШХ:

- експериментальні;
- експериментально-розрахункові;
- розрахункові.

Експериментальні методи дуже точні, але потребують дуже великої кількості ресурсів.

Експериментально-розрахункові методи – це сукупність експериментальних та розрахункових методів. Ці методи більш економічні, але поступаються в точності з експериментальними.

Розрахункові методи найбільш економічні між вище перерахованими методами, але не точні.

В свою чергу ці методи підрозділяються на інші методи.

Згідно КВАТ існують наступні методи визначення ВШХ:

- метод прямої реєстрації;
- метод прискорень;
- метод узагальнених характеристик.

Метод прямої реєстрації дозволяє по вимірним в польоті параметрами, використовуючи найпростіші розрахунки, визначити такі ВШХ, як: максимальна швидкість польоту; практична стеля; максимальна швидкопід'ємність; час та шлях в польоті по заданій траєкторії.

Методом прискорень визначаються сітки залежностей тангенціального перевантаження ( $n_x$ ) від атмосферних та експлуатаційних параметрів. Отримані сітки являються вхідними даними при розрахунку ВШХ шляхом інтегрування рівнянь руху.

Методом узагальнених характеристик визначаються характеристики ВШХ та маневреності  $n_{хпр} = f(M, n_{упр}, n_{пр}, \sigma_{вх}, \Gamma_c, \bar{X}_T)$ . В залежності від програми регулювання силової установки, умов і задач льотних випробувань вигляд узагальнених характеристик, які визначаємо, змінюється. Для їх

визначення можуть використовуватися спрощені методи, які являються частковими випадками метода узагальнених характеристик: метод "обертів", метод "віражів", метод "підбору ваги", метод "зубців". Крім цього розроблено методи визначення узагальнених характеристик маневреності на основі планування експерименту.

Перечисленні методи льотних випробувань дозволяють визначити ВШХ літаків при фактичних значеннях атмосферних і експлуатаційних параметрів. Ці характеристики перераховуються до заданих умов методами приведення, які по суті можна розділити на дві групи:

– перерахунок характеристик з використанням теорії подібності (в тому числі метод еквівалентної висоти);

– приведення з використанням поправок (метод диференціальних поправок, метод показників, метод сіток).

Розглянемо можливі напрямки удосконалення, які дозволять підвищити точність розрахунків та зменшити витрати на випробування літаків при випробуваннях по визначенню ВШХ:

1. Оновлення матеріально-технічної бази.
2. Удосконалення методів визначення льотно-технічних характеристик.
3. Розробка підходів по плануванню льотного експерименту.
4. Розробка нових принципів та підходів до випробувань з визначення льотно-технічних характеристик.

**Перший напрямок.** Оснащення новими більш точними засобами вимірювання та реєстрації параметрів польоту. Розробка автоматизованого робочого місця випробувача.

**Другий напрямок.** Використання регресійних математичних моделей та теорії планування експериментів з застосуванням ПЕОМ.

**Третій напрямок.** Планування льотного експерименту, що дозволить зменшити витрату палива за політ.

**Четвертий напрямок.** Недосліджений.

## Висновок

Проведений аналіз існуючих методів та методик визначення висотно-швидкісних характеристик літаків з турбореактивними двигунами.

Вибрані напрямки удосконалення методик визначення висотно-швидкісних характеристик з урахуванням сучасних можливостей комп'ютерної техніки, розвитку методів математичного моделювання та методів планування експерименту.

## Список літератури

1. Ведров В.С. Летные испытания самолетов / В.С. Ведров, М.А. Тайц. – М.: Оборонгиз, 1951. – 170 с.
2. Руководство по испытаниям авиационной техники, раздел 6.2.1.4. Выпуск 10, Приложение к ОТТ 4.2.1(1)-90, вч 15650, 1992. – 215 с.
3. Руководство по испытаниям авиационной техники, раздел 6.2.1.4. Выпуск 5, Приложение к ОТТ 4.2.1(1), вч 15650, 1990. – 190 с.
4. Кузнецов А.В. Математическое программирование / А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод. – Минск, 1994. – 600 с.
5. Большакова И.В. Линейное программирование / И.В. Большакова, М.В. Кураленко. – Минск, 2004. – 213 с.
6. Бодров В.И. Математические методы принятия решений / В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов. – Тамбов, 2004. – 157 с.

Надійшла до редколегії 26.11.2010

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

## АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТОВ С ТРД

В.М. Феденько, А.В. Тимошенко

*Проведен анализ существующих методик определения летно-технических характеристик самолетов с турбореактивными двигателями, показал что на сегодняшний день действующие методики в большинстве своем устарели. Направления усовершенствования методик определения летно-технических характеристик выбраны с учетом современных возможностей компьютерной техники, развитию методов математического моделирования и методов планирования эксперимента.*

**Ключевые слова:** методика, анализ, летно-технические характеристики, испытания, факторный анализ, математическая модель.

## ANALYSIS AND DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF METHODS OF DETERMINATION OF TECHNICAL FLIGHT CHARACTERISTICS OF THE AIRCRAFT WITH THE ENGINES

V.M. Fedenko, A.V. Timoshenko

*The analysis of existing methods of determination of technical flight characteristics of aircraft with turbojet engines, showed that the current methodology for the most part obsolete. Directions of improvement of methods of determination of technical flight characteristics were chosen based on modern possibilities of computer technology, the development of methods of mathematical modeling and methods of experiment planning.*

**Keywords:** methodology, analysis, performance specifications, tests, factorial analysis, mathematical model.