

УДК 533.6.071.08:629.7.025.1

П.В. Артамонов, асп.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ШАРНІРНИХ МОМЕНТІВ НА КЕРМОВИХ ПОВЕРХНЯХ АЕРОДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Описано результати дослідження динамічного методу вимірювання шарнірних моментів тензометрувальних кермових поверхонь, розміщених на моделі півкрила літака. Вимірювання проводилися в аеродинамічній трубі під час безперервного переміщення моделі по кутах атаки в заданому діапазоні.

This article described findings investigation of a dynamic method measurement articulate the moments of tensometric rudders surfaces, located on model half-wing of the plane. Measurements were spent in a wind tunnel at continuous moving model on the corners of attack in the selected diapason.

### Постановка проблеми

Натепер в аеродинамічних трубах (АДТ) використовують, зазвичай, дискретний (тобто покроковий) метод вимірювання, коли модель виводиться на заданий кут атаки або ковзання, установлюється задана швидкість потоку й далі вимірюються й реєструються досліджувані параметри.

Проведення експерименту в АДТ під час динамічного (безперервного) методу вимірювання незалежних (установлюваних) параметрів, наприклад, швидкісного напору, кута атаки або кута ковзання моделі літального апарата (ЛА) та залежних (досліджуваних) параметрів, наприклад, шарнірного моменту, розподілу тисків по поверхні досліджуваного агрегату дренажної моделі, стає можливим, якщо інформація про мінливі досліджувані характеристики надходить до вимірювальної апаратури одночасно без затримки або з затримкою в межах припустимої похибки вимірів у разі високої швидкодії вимірювальної апаратури.

Дослідження динамічного методу вимірювання було необхідно для відпрацювання методики проведення експерименту з дослідження шарнірних моментів, за якого незалежним, безупинно мінливим параметром є кут атаки  $\alpha$  або кут ковзання  $\beta$  моделі ЛА [1].

Сутність динамічного методу вимірювання полягає у тому, що вимірювання шарнірного моменту, швидкісного напору, кута атаки або кута ковзання виконується безупинно із заданою частотою з безперервним переміщенням моделі по кутах атаки або ковзання [2].

Проведено порівняльний аналіз результатів двох методів вимірювання статичного й динамічного. Показано можливість застосування динамічного методу вимірювання під час досліджень шарнірних моментів у трубному експерименті.

Використання динамічного методу вимірювання приводить до скорочення трубного часу, тобто

часу проведення випробувань (економії електроенергії), а так само збільшення інформативності системи (збільшена кількість вимірів), що дозволяє підвищити точність досліджень.

**Мета випробувань** – оцінити можливості застосування динамічного методу вимірювання в аеродинамічній трубі АТ-1 під час безперервної зміни кута атаки моделі з одночасним вимірюванням значень шарнірних моментів на тензометризованих кермових поверхнях (елерон і три секції інтерцептора) (рис. 1).

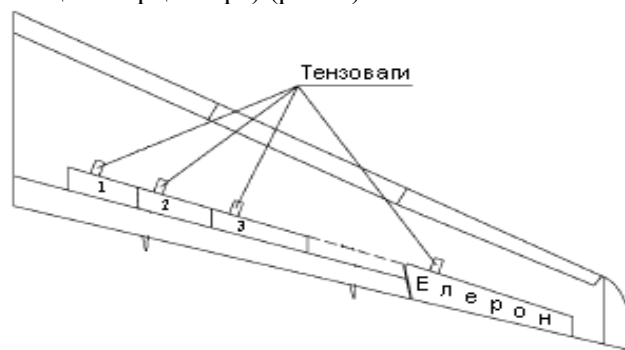


Рис. 1. Тензометрувальна модель півкрила літака

### Проведення експерименту

Для визначення шарнірних моментів модель установлювалася на підвіску аеродинамічних ваг. Кут атаки моделі змінювався за допомогою механізму "α" аеродинамічних ваг.

Випробування моделі проводилися в діапазоні кутів атаки –  $9^\circ \leq \alpha \leq 27^\circ$  за швидкості потоку, що набігає,  $V = 50$  м/с.

Шарнірні моменти вимірювалися однокомпонентними тензометричними вагами. Шарнірні моменти й кути атаки вимірялися двома методами:

- дискретним – десятикратне вимірів із заданою частотою на фіксованому куті атаки;
- динамічним – у всьому діапазоні вимірювання із заданою частотою без фіксації положення моделі за швидкості зміни кута атаки моделі 0,47 град/с.

Повний час вимірювання  $t_{\text{пов}}$  при переміщенні моделі в досліджуваному діапазоні кутів атаки (ковзання) складається із суми:

- часу переходу  $t_{\text{пер}}$  (час переміщення моделі на наступний кут атаки);
- часу очікування  $t_{\text{оч}}$  (час установа потоку в аеродинамічній трубі і закінчення перехідних процесів у разі зупинки механізму "α");
- часу вимірювання  $t_{\text{вим}}$  (час, потрібний вимірювальній апаратурі для зняття даних з тензоваг і з механізму "α");

$$t_{\text{пов}} = \sum_{j=1, i=1}^{n; m} (t_{\text{пер} j} + t_{\text{оч} i} + t_{\text{вим} i}).$$

Часові діаграми двох методів вимірювань показано на рис. 2.

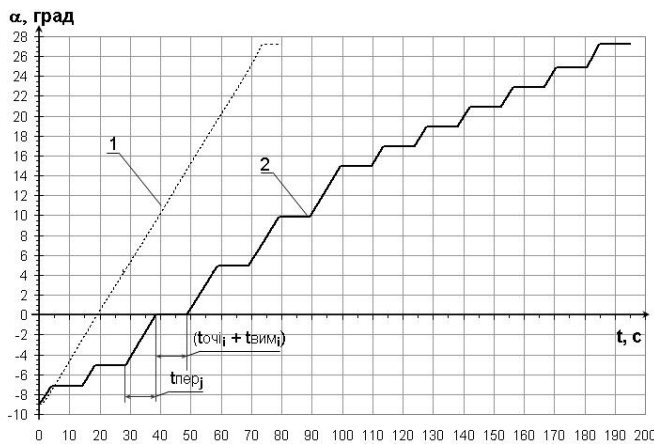


Рис. 2. Графік часових діаграм за проведення експерименту в аеродинамічній трубі АТ-1 динамічним і дискретним методами вимірювань:  
1 – динамічний метод вимірювання;  
2 – дискретний метод вимірювання

Діаграма 1 відображає час (у секундах) проведення експерименту під час вимірювання динамічним методом, який визначається часом переходу від мінімального до максимального кута атаки з такими параметрами:

$$t_{\text{вим} i} = 0,02;$$

$$\sum_{i=1}^{4000} t_{\text{вим} i} = 80;$$

$$f = 50 \text{ вим/с};$$

$$t_{\text{пов}} = t_{\text{пер}} = 80.$$

Діаграма 2 відображає час (у секундах) проведення експерименту під час вимірювання дискретним методом з такими параметрами:

$$t_{\text{вим} i} = 0,18;$$

$$\sum_{j=1, i=1}^{1213} (t_{\text{пер} j} + t_{\text{оч} i}) = 193,5;$$

$$t_{\text{пов}} = 195,84.$$

Для знаходження випадкових похибок й оцінки їх впливу на результати вимірювань за короткий проміжок часу проведення експерименту було використано математичний апарат теорії ймовірності.

### Висновки

Проведений порівняльний аналіз двох методів вимірювання показав, що повний час проведення вимірювання шарнірних моментів на аеродинамічній моделі динамічним методом в 2,5 рази менший від часу вимірювання дискретним методом.

Проведення вимірювань шарнірних моментів на досліджуваних моделях динамічним методом дозволяє:

- більш точно визначити момент виникнення зрваного режиму обтікання;
- скоротити трубний час, тобто час проведення випробувань в АДТ (економія електроенергії й скорочення циклу випробувань);
- підвищити інформативність випробувань, що дозволяє збільшити точність досліджень;
- виключити можливість неточності вимірювань пов'язаних з інерційними навантаженнями на ваги у разі частих зупинок моделі на заданих кутах атаки (ковзання) при вимірюваннях дискретним методом;
- зменшити зношування експериментального обладнання за рахунок значного скорочення інерційних навантажень на механізми аеродинамічних ваг.

### Література

1. Исследование динамического метода измерений шарнирных моментов рулевых поверхностей на моделях при испытаниях в аэродинамической трубе АТ-1: отчет №А22.91.3503.005.ТО АНТК им. О.К. Антонова: рук. Кудрявцев В. А., авт. Артамонов П. В., К.: 2007.
2. Поліщук Ю.К. Метрологія та метрологічне забезпечення виробництва: навч. посіб. – К.: КМУЦА, 1996. – 104 с.