

О.В. Бондар, В.В. Дегтярьов, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Дослідження характеристик малогабаритного шестиствольного приймача повітряного тиску

Розглянуто шестиствольний приймач повітряного тиску. Проведено його калібрування, що дало змогу оцінити його характеристики. Проведено порівняння отриманих характеристик з характеристиками наявного, в аеродинамічному комплексі НАУ, шестиствольного приймача повітряного тиску ЦАГІ. Отриманий приймач повітряного тиску дасть змогу забезпечити нові можливості досліджень під час експериментальних робіт в аеродинамічних трубах НАУ ТАД-2 та УТАД-2.

Розвиток авіаційної та ракетної техніки вимагає удосконалення та розвиток засобів експериментальної аеродинаміки. Як відомо аеродинаміку прийнято розділяти на теоретичну та експериментальну. Оскільки теоретична аеродинаміка вивчає лише моделі явища та намагається отримати максимально можливу кількість висновків з наявного числа основних фактів, котрі покладені в основу даної моделі, то факти отримані експериментальним шляхом необхідні головним чином для створення таких моделей явищ. Експериментальна ж аеродинаміка вивчає саме явище, таким чином, яким це відбувається в дійсності. Так як обидві складові, теоретична та експериментальна, по суті є двома сторонами загальної науки - аеродинаміка, то їх розвиток можливий лише при їх тісному взаємозв'язку.

В Національному авіаційному університеті є аеродинамічний комплекс до складу якого входять аеродинамічні труби (АТ) ТАД-1, ТАД-2, УТАД-2 [3]. АТ ТАД-1 являє собою замкнену атмосферну АТ з робочою частиною квадратного перетину 4×4 (м) і довжиною 10.5 (м), обладнану щільними стінками зі ступенем перфорації близько 12%, розрахункова швидкість потоку у робочій частині становить 72 м/с. Нажаль, пусконаладжувальні роботи на електрообладнанні ТАД-1 закінчені не були, проведені тільки контрольні прокручування двигунів приводу без створення потоку у робочій частині. Проте АТ ТАД-2, УТАД-2 знаходяться в робочому стані. ТАД-2 являє собою аерозольну прямооточну АТ, що є найбільшою в Україні АТ малих швидкостей та має статус національного надбання України. ТАД-2 має робочу частину восьмикутного перетину розмірами $4 \times 2,5 \times 5,5$ (м) і площею перетину $9.0 \text{ (м}^2\text{)}$, котра розташована у камері Ейфеля, швидкість повітряного потоку до 42 (м/с). АТ УТАД-2 є атмосферною замкненою АТ малих швидкостей з відкритою робочою частиною еліптичного перетину розмірами 750×420 (мм) і довжиною 900 (мм), швидкість повітряного потоку до 28 (м/с). Типи аеродинамічних випробувань, котрі на сьогодні виконуються в ТАД-2, УТАД-2: вагові випробування на шестикомпонентних вагах; квазістатичне моделювання відокремлення об'єктів; випробування динамічно-подібних моделей; випробування вітроенергетичних установок; вимірювання розподілу

тиску (дренажні випробування); випробування натурних гвинтомоторних установок надлегких літальних апаратів; моделювання обледеніння; моделювання зливових опадів; дослідження шарнірних моментів; атестація пристроїв для вимірювання швидкості та напрямку вітру; дослідження розподілу тиску і поля потоку навколо моделей.

В багатьох, з перерахованих, типах аеродинамічних випробувань виникає необхідність, для більш детального вивчення фізичного явища - оцінка параметрів повітряного потоку. Зокрема: визначення скосу повітряного потоку, визначення параметрів вихрових структур, визначення локальних швидкостей повітряного потоку за моделлю, визначення просторового розподілу векторного поля швидкостей в просторі, оцінка потоку поблизу гвинтів, дослідження структури обтікання аеродинамічного профілю чи інших елементів літального апарату і т. ін. Таким чином виникає необхідність при експериментальних дослідженнях в АТ оцінювати не тільки величину, але й напрямок повітряного потоку. Як відомо, для таких цілей в АТ використовують шестиствольний насадок ЦАГІ (шестиствольний приймач повітряного тиску 6-ППТ), в котрого окрім п'яти отворів для вимірювання повного тиску та напрямку швидкості потоку, що розміщені на напівсферичній частині, є отвори на циліндричній частині для вимірювання статичного тиску

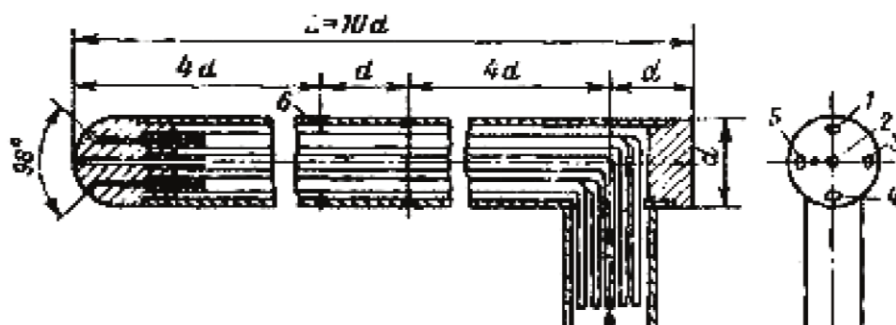


Рис.1. Шестиствольний насадок ЦАГІ

d - діаметр насадку; L - довжина насадку; 1,4 - отвори для оцінки різниці тиску при визначенні напрямку повітряного потоку в вертикальній площині; 3,5 - отвори для оцінки різниці тиску при визначенні напрямку потоку в горизонтальній площині; 2 - отвір для оцінки повного тиску; 6 - отвори для оцінки статичного тиску.

Наявні засоби для аеродинамічних випробувань в ТАД-2, УТАД-2 мають в своєму арсеналі 6- ППТ ЦАГІ, рис.2. Проте значення діаметру приймача складає $d = 16$ (мм), що при відповідних масштабах моделей в ряді випадків при експериментальних дослідженнях не дозволяє провести оцінку параметрів повітряного потоку. Оскільки відповідні габарити насадку Рис. 2. вносять збурення в досліджувану точку повітряного потоку, чим відповідно спотворюють фізичну картину явища. Даний вплив врахувати не можливо. Відповідно виникла необхідність створення малогабаритного 6-ППТ, з значно меншими габаритами, що в свою чергу дозволить проводити оцінку параметрів повітряного потоку в досліджуваних точках при відповідних експериментальних дослідженнях. Зрозуміло, що такий приймач буде вносити

також певні збурення в повітряний потік, проте менші габарити даного приймача не будуть змінювати загальну фізичну картину явища. В НАУ на кафедрі Аеродинаміки та БПЛА було розроблено даний приймач 6-ППТн, котрий зображений на рис.3.



Рис.2. Шестиствольні 6-ППТ ЦАГІ аеродинамічного комплексу НАУ



Рис.3. Розроблений шестиствольний приймач 6-ППТн аеродинамічного комплексу НАУ, в порівнянні з наявним 6-ППТ ЦАГІ

Відповідно до відомих підходів з використання 6-ППТ величина локальної швидкості W повітряного потоку в точці вимірювання визначається за формулою:

$$W = \sqrt{\frac{2 * (h_2 - h_{ст}) * \zeta_K}{\rho}},$$

де $(h_2 - h_{ст})$ - перепад тиску в відповідних дренажних отворах 6-ППТ, див. рис.1;

ρ - густина повітря;

ζ_K - коефіцієнт 6-ППТ, отриманий за результатами калібрування по швидкості V_∞ та кутам α і β .

Як відомо калібрування 6-ППТ проводиться в два етапи. Перший етап калібрування передбачає визначення коефіцієнта 6-ППТ ζ_K при нульовому положенні, тобто кут встановлення 6-ППТ в вертикальній площині $\alpha = 0$ та кут встановлення в горизонтальній площині також $\beta = 0$. На другому етапі калібрування 6-ППТ проводиться оцінка залежностей функцій χ, σ , в залежності від кутів α, β з подальшим їх використанням при оцінці кутів

скосу повітряного потоку, функції χ, σ визначаються за наступними залежностями:

$$\chi = \frac{(h_2 - h_1) - (h_2 - h_3)}{(h_2 - h_1) + (h_2 - h_3)},$$

$$\sigma = \frac{(h_2 - h_4) - (h_2 - h_5)}{(h_2 - h_4) + (h_2 - h_5)},$$

де, $(h_2 - h_1), (h_2 - h_3), (h_2 - h_4), (h_2 - h_5)$, перепад тиску в відповідних дренажних отворах 6-ППТ, див. рис.1.

Після чого будується калібрувальна сітка. Для оцінки параметрів розробленого малогабаритного 6-ППТн було використано АД УТАД-2 НАУ з відповідним обладнанням для зміни кутів α, β при відповідній швидкості повітряного потоку в робочій частині АД, рис.4.



Рис.4. Експериментальне обладнання для оцінки характеристик малогабаритного 6-ППТн

Для збору, реєстрації та обробки експериментальних даних під час калібрування 6-ППТн в програмному середовищі Labview було розроблено відповідне програмне забезпечення.

Висновки

Розроблено малогабаритний шестиствольний приймач повітряного тиску, котрий забезпечить розширення можливостей аеродинамічного комплексу НАУ в області експериментальної аеродинаміки. Отримано програмне забезпечення для оцінки параметрів 6-ППТн, за допомогою якого вдалося провести оцінку його характеристик та порівняти їх з характеристиками 6-ППТ ЦАГІ. На підставі даної оцінки показані переваги, недоліки та можливості використання 6-ППТн.

Список літератури

1. <http://wt.nau.edu.ua/index.html>
2. Дубов Б.С. Основы обеспечения качества испытаний в аэродинамических трубах / Б.С. Дубов. – М.: Бумажная Галерея, 2003. – 320 с..
3. Горлин С.М. Аэромеханические измерения / С.М. Горлин, И.И. Слезингер. – М.: Наука, 1964. – 720 с.
4. Антропов В.Ф., Бураков Г.Б, Дьяченко А.С. Экспериментальные исследования по аэродинамике вертолета / В.Ф. Антропов, Г.Б. Бураков, А.С. Дьяченко, В.Р. Липатов, А.К. Мартынов, П.М. Новоселов, А.В. Степанов. – М. Машиностроение, 1972. – 240 с.
5. Петунин А. Н. Методы и техника измерений параметров газового потока / А. Н.Петунин. – М. Машиностроение, 1972. 332 с.
6. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика / А.К. Мартынов,. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950.– 479с.
7. ГОСТ Р 8.563 - 96 ГСИ . Методик выполнения измерений.
8. ГОСТ 8.010-99. Методики выполнения измерений. Основные положения.
9. Юрьев Б.Н. Экспериментальная аэродинамика. Часть 1: Теоретические основы экспериментальной аэродинамики / Б.Н. Юрьев – М.: Книга по Требованию, 2012. –302 с.