

Спіркін Є. В., Мостовий А. В., МIRONENKO К. К.

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ТН-1

Анотація. Проведена модернізація аеродинамічної труби ТН-1 з метою покращення параметрів повітряного потоку шляхом проєктування та побудови лемніскатного насадку вхідного пристрою по типу Бернуллі. Отримана модернізація дозволить зменшити турбулентність повітряного потоку на вході в аеродинамічну трубу. Це дасть можливість покращити результати вимірювань, які проводяться за допомогою даної аеродинамічної труби.

Ключові слова: аеродинамічна труба, вхідний пристрій, лемніската Бернуллі.

Abstract. The TN-1 wind tunnel was modernized to improve airflow parameters by designing and constructing a lemniscate nozzle of the Bernoulli-type inlet device. The implemented modification is intended to reduce airflow turbulence at the wind tunnel inlet. Consequently, this will improve the accuracy of measurements conducted within the facility.

Keywords: Wind tunnel, inlet, Lemniscate of Bernoulli.

Вступ. Розвиток сучасної авіаційної та безпілотної техніки неможливий без проведення точних експериментальних досліджень аеродинамічних характеристик. Ключовим інструментом для таких досліджень є аеродинамічна труба (АДТ), яка дозволяє моделювати умови обтікання об'єктів повітряним потоком та вимірювати їхні аеродинамічні параметри.

Однак, достовірність отриманих експериментальних даних безпосередньо залежить від якості повітряного потоку в робочій частині труби, зокрема від рівня його турбулентності. Формування рівномірного та низькотурбулентного потоку значною мірою визначається геометрією вхідного пристрою АДТ. Тому модернізація існуючих експериментальних установок, спрямована на вдосконалення їх аеродинамічних характеристик, є актуальною науково-технічною задачею.

Основний матеріал. Якість експериментальних досліджень в аеродинамічних трубах (АДТ) напряму залежить від характеристик повітряного потоку в їх робочій частині. Одним з ключових параметрів, що визначає достовірність результатів, є рівень турбулентності. Висока турбулентність потоку, що створюється на вході в АДТ, призводить до спотворення картини обтікання досліджуваного об'єкта, передчасного зриву потоку та, як наслідок, до значних похибок у вимірюванні аеродинамічних сил і моментів.

Існуюча конструкція аеродинамічної труби ТН-1 мала вхідний пристрій з простою геометрією, що не забезпечувало плавного прискорення повітря та призводило до виникнення відривних явищ на вхідних кромках. Це ставало джерелом підвищеної турбулентності, яка поширювалась далі по контуру труби аж до робочої частини, що обмежувало точність та повторюваність експериментів.

Для вирішення цієї проблеми було прийнято рішення модернізувати вхідний пристрій, спроектувавши його за профілем Лемніскати Бернуллі. Теоретичною перевагою такої геометрії є забезпечення безвідривного обтікання та плавного, безперервного прискорення потоку від нульової швидкості в навколишньому середовищі до розрахункової швидкості у форкамері. Такий характер течії мінімізує генерацію вихорів на вході, що є фундаментальною умовою для формування потоку з низьким коефіцієнтом турбулентності.

Процес модернізації включав декілька етапів. Спочатку було проведено аеродинамічний розрахунок та побудову координат профілю Лемніскати для перерізу труби ТН-1. На основі отриманих даних було розроблено та виготовлено каркас нового вхідного пристрою за допомогою 3D друку. Фінальним етапом стало встановлення та інтеграція нового вхідного пристрою в загальну конструкцію аеродинамічної труби. Проведена модернізація дозволяє очікувати суттєвого зниження початкової турбулентності потоку, що підвищить аеродинамічну якість установки та зробить результати вимірювань більш точними та надійними, розширивши можливості АДТ ТН-1 для проведення наукових досліджень.

Висновки. Проаналізовано конструктивні недоліки аеродинамічної труби ТН-1, розглянуто проблему підвищеної турбулентності потоку та проведено модернізацію установки шляхом проектування і побудови нового входного пристрою за профілем Лемніскати Бернуллі. Запропонована конструкція повинна покращити аеродинамічну якість потоку в робочій частині труби.

Втілення цієї модернізації та її результати допоможуть вирішувати задачі щодо підвищення точності та достовірності експериментальних даних, розширять можливості АДТ для проведення наукових досліджень та покращать якість вимірювань аеродинамічних характеристик досліджуваних об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Achintya K. S., Azizur R. Numerical Analysis and Wind Tunnel Validation of Aerodynamic Efficiency with Engine Variations for a Subscale Commercial Aircraft Model. –C.: TTU, 2025. – 15 с.
2. G. Ocokoljić, B. Rašuo, and M. Kozić, “Supporting system interference on aerodynamic characteristics of an aircraft model in a low-speed wind tunnel,” *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 64, pp. 133–146, 2017.
3. P. Moonen, B. Blocken, S. Roels, and J. Carmeliet, “Numerical modeling of the flow conditions in a closed-circuit low-speed wind tunnel,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 94, no. 10, pp. 699–723, 2006, doi: 10.1016/j.jweia.2006.02.001.

Спіркін Євген Вікторович – канд. техн. наук, доцент кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів, e-mail: spirkin1982@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2924-0545> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

Мостовий Антон Володимирович – ад'юнкт науково-організаційного відділу ХНУПС, e-mail: antonmostovoi@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0001-3008-3869> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

Мироненко Костянтин Костянтинович – викладач кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів, e-mail: ko3tyajob@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0003-8028-3724> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

Spirkin Yevhen – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structure and Strength of Aircraft and Engines, e-mail: spirkin1982@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2924-0545> Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

Mostovyi Anton, – e-mail: antonmostovoi@gmail.com, Post-Graduate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University ORCID <https://orcid.org/0009-0001-3008-3869> Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

Myronenko Kostiantyn –Lecturer of the Department of Structure and Strength of Aircraft and Engines, e-mail: ko3tyajob@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0003-8028-3724> Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv