

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління

Кафедра інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості

Пояснювальна записка до дипломного проекту

(тип кваліфікаційної роботи)

Магістр
(освітній ступінь)

на тему «Розробка інформаційно-вимірювальної системи для
експериментальних досліджень авіаційних конструкцій в
аеродинамічній трубі»

XAI.303.364.25O.176. 203049 ПЗ

Виконав: студент б курсу групи №364
Спеціальність 176 «Мікро- та
наносистемна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма (32039
«Мікро- та
наносистемна техніка»)
(найменування)

Вяткін М.А.
(прізвище та ініціали студента)

Керівник: Черепашук Г.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Чупова І. Л.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2025

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління

(повне найменування)

Кафедра «Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості»

(повне найменування)

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 176 «Мікро- та наносистемна техніка»

(код та найменування)

Освітня програма 32039 «Мікро- та наносистемна техніка»

(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри 303

_____ Сироклин В.П.
 «____» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вяткін Микола Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Розробка інформаційно-вимірювальної системи для експериментальних досліджень авіаційних конструкцій в аеродинамічній трубі»

керівник кваліфікаційної роботи Черепашук Григорій
Олександрович, канд.тех.наук, професор каф. 303

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № _____ від «____» _____ 2025 р.

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 15.12. 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- технічні вимоги до проведення експериментальних аеродинамічних досліджень авіаційних конструкцій в аеродинамічній трубі;
- характеристики аеродинамічної труби та умови проведення експериментів;
- параметри моделей авіаційних конструкцій, що підлягають дослідженню;
- вимоги до точності, синхронності та надійності вимірювань аеродинамічних навантажень і параметрів повітряного потоку;
- довідкові та нормативні матеріали з теорії аеродинаміки, теорії вимірювань, метрології та інформаційно-вимірювальних систем;

- технічна документація на первинні вимірювальні перетворювачі та вимірювальні модулі, що застосовуються у складі системи.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

1. Проаналізувати сучасні інформаційно-вимірювальні системи, що застосовуються для експериментальних аеродинамічних досліджень авіаційних конструкцій, та визначити їх переваги і недоліки.
2. Обґрунтувати вибір методів та засобів вимірювання аеродинамічних сил, моментів, параметрів повітряного потоку та температурного стану моделей.
3. Розробити структурну та функціональну схеми інформаційно-вимірювальної системи.
4. Описати принцип дії системи та структуру вимірювальних каналів.
5. Розробити алгоритм функціонування інформаційно-вимірювальної системи та визначити режими її роботи.
6. Розглянути питання часової синхронізації вимірювальних каналів та організації інформаційних потоків.
7. Проаналізувати метрологічне забезпечення системи, включаючи оцінку похибок і методи калібрування вимірювальних каналів.
8. Оцінити практичну доцільність застосування розробленої системи для експериментальних досліджень авіаційних конструкцій.

Розрахунково-пояснювальна записка в електронному вигляді та в твердій копії в форматі А4.

5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
основний розділ	Черепашук Г.О. професор, к.т.н.		
технологічний розділ	Заболотний В.А., доцент, к.т.н.		

Нормоконтроль _____ Заболотний В. А. «_____» 2025 р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

6. Дата видачі завдання 15.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та формування вимог до інформаційно-вимірювальної системи	01.9.2025	
2	Розробка структурної та функціональної схем інформаційно-вимірювальної системи	01.9.2025	

3	Розробка алгоритму функціонування та методів обробки вимірювальної інформації	01.10.2025	
4	Аналіз роботи інформаційно-вимірювальної системи та оцінка достовірності вимірювань	01.11.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки, графічних матеріалів і підготовка до захисту	01.12.2025	

Студент



Вяткін М.А.

(підпис
)

(ініціали та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи



Черепашук Г.О.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці інформаційно-вимірювальної системи для експериментальних досліджень авіаційних конструкцій в аеродинамічній трубі.

У роботі проаналізовано сучасні інформаційно-вимірювальні системи, що застосовуються для аеродинамічних експериментів, та визначено основні вимоги до комплексного вимірювання аеродинамічних навантажень і параметрів повітряного потоку. Обґрунтовано вибір методів і засобів вимірювання аеродинамічних сил і моментів, швидкості повітряного потоку та температурного стану моделі.

Розроблено структурну та функціональну схеми інформаційно-вимірювальної системи, описано принцип її дії, структуру вимірювальних каналів та організацію інформаційних потоків. Запропоновано алгоритм функціонування системи та визначено основні режими її роботи. Особливу увагу приділено питанням часової синхронізації багатоканальних вимірювань і метрологічного забезпечення, що забезпечує точність, стабільність та повторюваність результатів експериментів.

Отримані результати можуть бути використані при створенні та модернізації експериментальних установок для аеродинамічних досліджень авіаційних конструкцій, а також у навчальному та науково-дослідному процесі.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, аеродинамічна труба, аеродинамічні дослідження, силомоментні вимірювання, повітряний потік, синхронізація вимірювань, метрологічне забезпечення.

ABSTRACT

The master's qualification thesis is devoted to the development of an information and measurement system for experimental investigations of aircraft structures in a wind tunnel.

The thesis analyzes modern information and measurement systems used in aerodynamic experiments and defines the main requirements for comprehensive measurement of aerodynamic loads and airflow parameters. The selection of methods and measuring instruments for determining aerodynamic forces and moments, airflow velocity, and the thermal state of the model is substantiated.

The structural and functional diagrams of the information and measurement system are developed. The operating principle of the system, the structure of measuring channels, and the organization of information flows are described. An operating algorithm of the system is proposed, and its main operating modes are defined. Special attention is paid to the issues of time synchronization of multichannel measurements

and metrological support, which ensures accuracy, stability, and repeatability of experimental results.

The obtained results can be used in the development and modernization of experimental facilities for aerodynamic investigations of aircraft structures, as well as in educational and research activities.

Keywords: information and measurement system, wind tunnel, aerodynamic research, force and moment measurements, airflow, measurement synchronization, metrological support.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЇЇ АКТУАЛЬНОСТІ..	10
2 Огляд та аналіз аналогів ІВС.....	11
2.1 Зарубіжні аналоги.....	11
2.2 Вітчизняні розробки.....	13
3 ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАНЬ.....	16
3.1 Внутрішньомодельні вимірювальні датчики.....	16
3.2 Вимірювання швидкості повітряного потоку.....	17
3.3 Вимірювання сил та моментів.....	18
3.4 Вимірювання температури.....	21
3.5 Метрологічне забезпечення та атестація вимірювальної системи.....	22
3.6 Обґрунтування вибору методів.....	23
4 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	25
4.1 Найменування, шифр і підстава для розробки	25
4.2 Мета виконання розробки, призначення та індекс виробу	25
4.3 Опис та технічні характеристики ІВС	26
4.4 Принцип дії та функціональна схема системи	42
4.5 Вимоги щодо метрологічного забезпечення.....	50
4.6 Вимоги до сировини, матеріалів і комплектувальних виробів міжгалузевого застосування.....	52
4.7 Вимоги до консервації, пакування та маркування.....	53
4.8 Вимоги до навчально-тренувальних засобів.....	53
4.9 Спеціальні вимоги.....	53
4.10 Вимоги щодо забезпечення збереження державної таємниці під час виконання розроблення.....	53
4.11 Етапи виконання розроблення.....	53
4.12 Порядок виконання та приймання етапів розроблення.....	54
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Сучасний розвиток авіаційної техніки супроводжується зростанням вимог до аеродинамічної ефективності, міцності та безпеки літальних апаратів. Забезпечення відповідності цим вимогам неможливе без експериментальних досліджень, які дозволяють отримати достовірні дані про аеродинамічні навантаження та параметри повітряного потоку в умовах, максимально наближених до реальних.

Незважаючи на активний розвиток чисельних методів моделювання, експериментальні дослідження в аеродинамічних трубах залишаються необхідним етапом проєктування та доведення авіаційних конструкцій. Результати таких досліджень значною мірою визначаються можливостями інформаційно-вимірювальних систем, що використовуються для реєстрації параметрів моделі та повітряного потоку.

Сучасні аеродинамічні експерименти потребують комплексного та синхронного вимірювання силових, кутових, теплових і потокових параметрів. Недостатня точність або відсутність синхронізації вимірювань призводить до зниження достовірності експериментальних результатів та ускладнює їх подальший аналіз.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення інформаційно-вимірювальної системи, адаптованої до умов аеродинамічних досліджень авіаційних конструкцій та здатної забезпечити надійну реєстрацію параметрів у реальному часі.

Метою магістерської роботи є розроблення та обґрунтування інформаційно-вимірювальної системи для експериментальних досліджень авіаційних конструкцій в аеродинамічній трубі.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно розв'язати такі основні завдання:

- проаналізувати існуючі інформаційно-вимірювальні системи, що застосовуються в аеродинамічних експериментах;
- обґрунтувати вибір методів і засобів вимірювання аеродинамічних параметрів;
- розробити структурну та функціональну схеми інформаційно-вимірювальної системи;
- описати принцип дії системи, структуру вимірювальних каналів і алгоритм її функціонування;
- розглянути питання метрологічного забезпечення вимірювань.