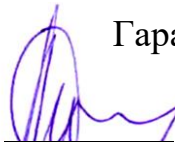


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

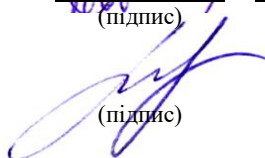
Гарант освітньої програми



(підпис)

О. В. Білогуб

(ім'я та прізвище)



(підпис)

М. А. Шевцова

(ім'я та прізвище)



(підпис)

Л. Капітанова

(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ПРОЄКТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

Освітні  
програми

Авіаційні двигуни та енергетичні установки, Проєктування,  
виробництво та сертифікація авіаційної техніки, Ракетно-  
космічна техніка

(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

Рівень вищої освіти:

другий (магістерський)

(рівень освіти)

**Kharkiv 2024**

Розробник Сергій ЄПІФАНОВ, зав. каф. 203, д.т.н., проф.  
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри  
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «30» серпня 2024 р.

Завідувач каф. 203 д.т.н., професор  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ  
(ім'я та прізвище)

### 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань:</b> 13 «Mechanical Engineering»	Обов'язкова
	(cipher and name)	
Кількість модулів – 4	<b>Field of study:</b> 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»	<b>Навчальний рік:</b> 2024 / 2025
Кількість змістовних модулів – 4	(cipher and name)	<b>Семестр:</b>
Індивідуальне завдання	<b>Educational program:</b> Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки, Авіаційні двигуни та енергетичні установки, Ракетно-космічна техніка _____ (name)	
Загальна кількість годин – 64*/150	<b>Higher education:</b> second (magister)	<b>Лекції*</b>
		32 години
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:	аудиторних – 4	<b>Практичні, семінарські*</b>
		32 години
самостійної роботи здобувача – 5,375		<b>Лабораторні*</b>
		-
		<b>Самостійна робота</b>
		86 годин
		<b>Вид контролю</b>
		іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

64 / 56.

\* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2 Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** формування загальних і професійних компетенцій відповідно до Державного стандарту освіти за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

**Завдання:** Цей курс передбачає дослідницьку роботу, яка розвиває здатність до незалежної теоретичної та практичної роботи, судження та рішення, навички об'єктивної оцінки наукової інформації, свободу наукового дослідження та тенденцію до застосування наукових знань в інженерній діяльності.

Відповідно до вимог освітньо-професійної програми учні повинні досягти таких **компетенцій:**

### **Загальні компетенції:**

ЗК1. Здатність розпізнавати науковий характер і розв'язувати задачі в професійній сфері;

ЗК2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу конструкцій літаків та вертольотів;

ЗК3. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

ЗК4. Уміння проводити дослідження для вирішення складних завдань у професійній діяльності;

ЗК7. Здатність досліджувати проблеми за допомогою методів системного аналізу, синтезу, комп'ютерного моделювання та оптимізації;

ЗК9. Здатність аналізувати, перевіряти, оцінювати повноту інформації в процесі професійної діяльності, за необхідності доповнювати та синтезувати відсутню інформацію та працювати в умовах невизначеності.

### **Спеціальні (професійні) компетенції:**

СК1. Уміння формулювати мету та завдання дослідження, визначати пріоритети вирішення проблем, вибирати та формувати критерії оцінки;

СК2. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати та презентувати результати роботи;

СК4. Знання та вміння використовувати досягнення науки і техніки у професійній діяльності;

СК8. Здатність застосовувати математичну теорію організації та планування експерименту, розробляти плани досліджень, вибирати алгоритми обробки вимірювальної інформації, а також використовувати необхідне програмне забезпечення для автоматизації розрахунків.;

СК11. Здатність застосовувати базові знання в галузі математики для математичного моделювання явищ та об'єктів у професійній діяльності за фахом.

### **Програмні результати навчання:**

ПР01. Вільно спілкуватися усно та письмово державною та іноземними мовами з професійних питань.

ПР03. Володіти засобами сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.

ПР05. Володіти навичками самонавчання та автономної роботи для оновлення професійних навичок та вирішення проблем у новому чи незнайомому середовищі.

ПР07. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що базується на розумінні сучасного стану та методології предметної галузі.

ПР08. Дотримуватись вимог галузевих нормативних документів щодо порядку проектування, виготовлення, випробувань та (або) сертифікації елементів та об'єктів аерокосмічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

ПР09. Пояснити вплив конструктивних параметрів елементів аерокосмічної техніки на її льотно-технічні характеристики.

ПР15. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПР19. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виготовлення, випробувань та (або) сертифікації елементів і систем аерокосмічної техніки.

Частковими задачами дисципліни є:

- формування знань про методичні основи побудови природних і цифрових експериментів та обробки їх результатів для формування науково обґрунтованих і достовірних висновків;
- формування уявлення про сукупність системи наукових знань і методів наукового дослідження;
- формування знань про методику проектування та організації теоретичних та експериментальних досліджень;
- науково-дослідницькі методи вивчення, глибоке і творче засвоєння навчального матеріалу;
- здатність до самостійної наукової розробки;
- методи та засоби вивчення самостійного вирішення наукових та інженерних завдань у дослідницьких групах, вивчення методів організації науково-дослідної роботи;
- розвиток здатності до вмілого оформлення та презентації наукових результатів;
- розвиток здатності до самостійного теоретичного та практичного мислення та висновків, навичок об'єктивної оцінки наукової інформації, свободи наукового відкриття та схильності до застосування наукових знань в інженерній діяльності.

**Результати навчання:**

Після вивчення дисципліни,

**студент має знати:**

- розвиток професійного науково-дослідницького мислення, чіткого уявлення про основні професійні завдання та методи їх вирішення;
- історію даної наукової проблеми, її актуальність і місце в досліджуваному науковому напрямі;
- основи математичної статистики та теорії проектування;
- основи теорії випадкових похибок та методи оцінки випадкових похибок в експериментальних даних;
- основні принципи та завдання дисперсійно-регресійного аналізу;
- сучасні технології накопичення, обробки та представлення інформації, навички сучасних методів дослідження;
- методи статистичного аналізу, основи статистичного контролю якості, принципи та методи побудови експерименту, принцип динамічного програмування;
- постановку та вирішення завдань, які зустрічаються в науково-дослідній діяльності та потребують глибоких професійних знань;
- пошук необхідної наукової інформації за допомогою сучасних інформаційних технологій.

**студент має знати як:**

- розуміти та однозначно пояснювати власні висновки щодо проблем аерокосмічної техніки, а також надавати знання та пояснення професіоналам і не професіоналам;
- визначати необхідний обсяг експерименту, складати прості плани експериментів для дисперсійного та регресійного аналізу;
- робити висновки за результатами статистичного аналізу експериментальних даних;
- практично проводити наукові дослідження, експериментальні роботи в науковій галузі;
- працювати з деяким програмним забезпеченням та Інтернет-джерелами;
- використовувати сучасні технології накопичення інформації;
- самостійно складати плани вирішення завдань, що виникають у науково-дослідній діяльності та потребують глибоких професійних знань.

**Пререквізити:** Аеродинаміка, Термодинаміка, Інженерне матеріалознавство, Авіаційне матеріалознавство, Деталі машин і основи конструювання, механіка матеріалів і конструкцій, Технологія конструкційних матеріалів, Загальний устрій авіаційних двигунів і енергетичних установок.

**Кореквізити:** Випробування та сертифікація об'єктів авіаційно-космічної техніки, Дипломна робота магістра.

### 3 Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

##### Змістовий модуль 1

**ТЕМА 1.** Мета і завдання дисципліни. Основні терміни и визначення. Мета дослідження, предмет и об'єкт наукового дослідження. Об'єкти наукових досліджень в області створення АД та ЕУ. Класифікація наукових досліджень. Основні види наукових досліджень. Теоретичні, теоретично-експериментальні и експериментальні дослідження. Основні наукові напрямки досліджень.

**ТЕМА 2.** Методологія наукового пізнання. Факти, їх узагальнення і систематизація. Наукове дослідження і його методологія. Основні рівні наукового пізнання. Методи емпіричного і теоретичного рівнів дослідження. Вивчення явищ за допомогою моделей. Наукова інформація і її джерела.

**ТЕМА 3.** Елементи математичної статистики. Випадкові величини і їх характеристики. Закони розподілу випадкових величин. Вибірка і її характеристики. Довірчий інтервал. Перевірка статистичних гіпотез. Перевірка гіпотези про закон розподілу. Критерії Пірсона і Колмогорова. Перевірка параметричних гіпотез.

##### Модульний контроль

#### Модуль 2

##### Змістовий модуль 2

**ТЕМА 4.** Розробка методики теоретичного і експериментального дослідження. Теоретичні методи дослідження. Аналітичні методи досліджень. Аналітичні методи досліджень з використанням експериментів. Ймовірно-статистичні методи досліджень. Методи системного аналізу. Моделі досліджень.

**ТЕМА 5.** Експериментальні дослідження. Метрологічне забезпечення експерименту. Фізичні величини і їх вимір. Класифікація фізичних величин. Основні поняття теорії вимірів. Методи вимірів. Погрішності вимірів. Математична модель формування результату і погрішності виміру. Правила і форми представлення результатів вимірів.

**ТЕМА 6.** Техніка експериментального дослідження. Класифікація експериментів. Методика і методологія експерименту. Розробка плану програми експерименту. Проведення експерименту. Математичні методи обробки і аналізу експериментальних даних.

##### Модульний контроль

#### Модуль 3

##### Змістовий модуль 3

**ТЕМА 7.** Планування експерименту, етапи планування. Факторний експеримент. Повний факторний експеримент типу  $2^k$ . Складання матриці планування експерименту. Способи переходу від матриць меншої розмірності до матриць більшої розмірності. Властивості повного факторного експерименту типу  $2^k$ . Критерії оптимальності і типи планів.

**ТЕМА 8.** Повний факторний експеримент і математична модель. Оцінки коефіцієнтів функції відгуку. Дробовий факторний експеримент. Співвідношення, що генерують, і визначальні контрасти. Напіврепліки. Вибір 1/4-реплік. Характеристики дробових реплік. Оцінки коефіцієнтів функції відгуку в дробовому факторному експерименті. Композиційні плани. Ортогональні центральні композиційні плани.

**ТЕМА 9.** Поняття про метод групового урахування аргументів (МГУА), призначення МГУА. Умови використання МГУА. Методика отримання регресійної моделі. Перевірка адекватності моделі. Оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

**ТЕМА 10.** Факторний аналіз, його види і методи. Цілі і основне завдання факторного аналізу. Поняття про метод головних компонент. Типи факторного аналізу. Етапи факторного аналізу. Класифікація методів факторного аналізу. Інтерпретація результатів факторного експерименту.

##### Модульний контроль

## Модуль 4

### Змістовий модуль 4

**ТЕМА 11.** Особливі методи планування експерименту. Методи експертних оцінок. Форми організації експертизи: методи мозкового штурму, дискусії, комісій, суду, ділових нарад, вирішальних матриць, прогнозного графа.

**ТЕМА 12.** Обробка і оформлення результатів наукового дослідження. Методи графічної обробки результатів вимірів. Оформлення результатів наукового дослідження. Структура наукового звіту.

#### Модульний контроль

### 4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		лаб	практ	сам	
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1</b>					
<b>ТЕМА 1.</b> Мета і завдання дисципліни. Основні терміни и визначення. Мета дослідження, предмет и об'єкт наукового дослідження. Об'єкти наукових досліджень в області створення АД та ЕУ. Класифікація наукових досліджень. Основні види наукових досліджень. Теоретичні, теоретично-експериментальні и експериментальні дослідження. Основні наукові напрямки досліджень.	6	2	-	2	4
<b>ТЕМА 2.</b> Методологія наукового пізнання. Факти, їх узагальнення і систематизація. Наукове дослідження і його методологія. Основні рівні наукового пізнання. Методи емпіричного і теоретичного рівнів дослідження. Вивчення явищ за допомогою моделей. Наукова інформація і її джерела.	8	4	-	2	4
<b>ТЕМА 3.</b> Елементи математичної статистики. Випадкові величини і їх характеристики. Закони розподілу випадкових величин. Вибірка і її характеристики. Довірчий інтервал. Перевірка статистичних гіпотез. Перевірка гіпотези про закон розподілу. Критерії Пірсона і Колмогорова. Перевірка параметричних гіпотез.	15	3	-	6	6
<b>Модульний контроль</b>	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 2</b>					
<b>ТЕМА 4.</b> Розробка методики теоретичного і експериментального дослідження. Теоретичні методи дослідження. Аналітичні методи досліджень. Аналітичні методи досліджень з використанням експериментів. Ймовірно-статистичні методи досліджень. Методи системного аналізу. Моделі досліджень	6	2	-	-	10
<b>ТЕМА 5.</b> Експериментальні дослідження. Метрологічне забезпечення експерименту. Фізичні величини і їх вимір. Класифікація фізичних величин. Основні поняття теорії вимірів. Методи вимірів. Погрішності вимірів. Математична модель формування результату і погрішності виміру. Правила і форми представлення результатів вимірів.	13	3	-	4	8
<b>ТЕМА 6.</b> Техніка експериментального дослідження. Класифіка-	6	2	-	-	6

ція експериментів. Методика і методологія експерименту. Розробка плану програми експерименту. Проведення експерименту. Математичні методи обробки і аналізу експериментальних даних.					
<b>Модульний контроль</b>	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>24</b>
<b>Модуль 3</b>					
<b>Змістовий модуль 3</b>					
<b>ТЕМА 7.</b> Планування експерименту, етапи планування. Факторний експеримент. Повний факторний експеримент типу $2^k$ . Складання матриці планування експерименту. Способи переходу від матриць меншої розмірності до матриць більшої розмірності. Властивості повного факторного експерименту типу $2^k$ . Критерії оптимальності і типи планів.	13	3	-	4	8
<b>ТЕМА 8.</b> Повний факторний експеримент і математична модель. Оцінки коефіцієнтів функції відгуку. Дробовий факторний експеримент. Співвідношення, що генерують, і визначальні контрасти. Напіврепліки. Вибір 1/4-реплік. Характеристики дробових реплік. Оцінки коефіцієнтів функції відгуку в дробовому факторному експерименті. Композиційні плани. Ортогональні центральні композиційні плани.	12	2	-	4	8
<b>ТЕМА 9.</b> Поняття про метод групового урахування аргументів (МГУА), призначення МГУА. Умови використання МГУА. Методика отримання регресійної моделі. Перевірка адекватності моделі. Оцінка значущості коефіцієнтів регресії.	12	2	-	4	8
<b>ТЕМА 10.</b> Факторний аналіз, його види і методи. Цілі і основне завдання факторного аналізу. Поняття про метод головних компонент. Типи факторного аналізу. Етапи факторного аналізу. Класифікація методів факторного аналізу. Інтерпретація результатів факторного експерименту	12	2	-	4	8
<b>Модульний контроль</b>	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
<b>Модуль 4</b>					
<b>Змістовий модуль 4</b>					
<b>ТЕМА 11.</b> Особливі методи планування експерименту. Методи експертних оцінок. Форми організації експертизи: методи мозкового штурму, дискусії, комісії, суду, ділових нарад, вирішальних матриць, прогнозного графа.	6	2	-	-	8
<b>ТЕМА 12.</b> Обробка і оформлення результатів наукового дослідження. Методи графічної обробки результатів вимірів. Оформлення результатів наукового дослідження. Структура наукового звіту.	7	1	-	2	8
<b>Модульний контроль</b>	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>86</b>

### 5 Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Технологія інноваційного проектування	4
2	Вибір датчика тиску, оцінка впливу різних факторів на його метрологічні ха-	4



	рактеристики	
3	Перевірка гіпотези про вид розподілення випадкової величини	4
4	Тарування вібродатчиків і побудова їх АЧХ	4
5	Розробка плану експерименту й визначення його властивостей	4
6	Виконання досліджень питомих параметрів двигуна за одержаним планом експерименту	4
7	Розробка плану повного факторного експерименту для визначення впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на температурний стан підшипникових опор	4
8	Побудова регресійної моделі температурного стану підшипникової опори і виконання факторного аналізу. Оформлення результатів наукового дослідження	4
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<b>ТЕМА 1.</b> Мета і завдання дисципліни. Основні терміни і визначення. Мета дослідження, предмет и об'єкт наукового дослідження. Об'єкти наукових досліджень в області створення АД та ЕУ. Класифікація наукових досліджень. Основні види наукових досліджень. Теоретичні, теоретично-експериментальні и експериментальні дослідження. Основні наукові напрямки досліджень.	4
2	<b>ТЕМА 2.</b> Методологія наукового пізнання. Факти, їх узагальнення і систематизація. Наукове дослідження і його методологія. Основні рівні наукового пізнання. Методи емпіричного і теоретичного рівнів дослідження. Вивчення явищ за допомогою моделей. Наукова інформація і її джерела.	4
3	<b>ТЕМА 3.</b> Елементи математичної статистики. Випадкові величини і їх характеристики. Закони розподілу випадкових величин. Вибірка і її характеристики. Довірчий інтервал. Перевірка статистичних гіпотез. Перевірка гіпотези про закон розподілу. Критерії Пірсона і Колмогорова. Перевірка параметричних гіпотез.	10
4	<b>ТЕМА 4.</b> Розробка методики теоретичного і експериментального дослідження. Теоретичні методи дослідження. Аналітичні методи досліджень. Аналітичні методи досліджень з використанням експериментів. Ймовірностатистичні методи досліджень. Методи системного аналізу. Моделі досліджень	8
5	<b>ТЕМА 5.</b> Експериментальні дослідження. Метрологічне забезпечення експерименту. Фізичні величини і їх вимір. Класифікація фізичних величин. Основні поняття теорії вимірів. Методи вимірів. Погрішності вимірів. Математична модель формування результату і погрішності виміру. Правила і форми представлення результатів вимірів.	6
6	<b>ТЕМА 6.</b> Техніка експериментального дослідження. Класифікація експериментів. Методика і методологія експерименту. Розробка плану програми експерименту. Проведення експерименту. Математичні методи обробки і аналізу експериментальних даних.	6
7	<b>ТЕМА 7.</b> Планування експерименту, етапи планування. Факторний експеримент. Повний факторний експеримент типу $2^k$ . Складання матриці планування експерименту. Способи переходу від матриць меншої розмірності до матриць більшої розмірності. Властивості повного факторного експерименту типу $2^k$ . Критерії оптимальності і типи планів.	8
8	<b>ТЕМА 8.</b> Повний факторний експеримент і математична модель. Оцінки кое-	8

	фіцієнтів функції відгуку. Дробовий факторний експеримент. Співвідношення, що генерують, і визначальні контрасти. Напіврепліки. Вибір 1/4-реплік. Характеристики дробових реплік. Оцінки коефіцієнтів функції відгуку в дробовому факторному експерименті. Композиційні плани. Ортогональні центральні композиційні плани.	
9	<b>ТЕМА 9.</b> Поняття про метод групового урахування аргументів (МГУА), призначення МГУА. Умови використання МГУА. Методика отримання регресійної моделі. Перевірка адекватності моделі. Оцінка значущості коефіцієнтів регресії.	8
10	<b>ТЕМА 10.</b> Факторний аналіз, його види і методи. Цілі і основне завдання факторного аналізу. Поняття про метод головних компонент. Типи факторного аналізу. Етапи факторного аналізу. Класифікація методів факторного аналізу. Інтерпретація результатів факторного експерименту	8
11	<b>ТЕМА 11.</b> Особливі методи планування експерименту. Методи експертних оцінок. Форми організації експертизи: методи мозкового штурму, дискусії, комісії, суду, ділових нарад, вирішальних матриць, прогнозного графа	8
12	<b>ТЕМА 12.</b> Обробка і оформлення результатів наукового дослідження. Методи графічної обробки результатів вимірів. Оформлення результатів наукового дослідження. Структура наукового звіту.	8
	<b>Разом</b>	<b>86</b>

### Контрольні питання

1. Що називають функцією і щільністю розподілу випадкової величини?
2. Дайте визначення математичного очікування і дисперсії випадкової величини.
3. Основні закони розподілу випадкової величини, вживані при плануванні експерименту.

Числові характеристики цих законів.

4. Дайте визначення генеральній сукупності, вибірки.
5. Характеристики точкової оцінки і критерії її якості.
6. Інтервальна оцінка і довірчий інтервал.
7. Що називають статистичною гіпотезою? Параметричні і непараметричні гіпотези.
8. Чому основну гіпотезу називають нульовою?
9. Що називають рівнем значущості і областю прийняття гіпотези?
10. Дайте визначення статистичного критерію. Що називають потужністю критерію?
11. Перерахуйте етапи перевірки гіпотези.
12. Що відносять до помилок першого і другого роду і яка вірогідність їх вчинити?
13. Завдання, що вирішується при перевірці гіпотези про закон розподілу.
14. Роль критерію Пірсона і Колмогорова при перевірці гіпотези про закон розподілу.
15. Які статистичні критерії застосовуються при перевірці параметричних гіпотез?
16. Основні гіпотези про вибірових середніх, порядок їх перевірки.
17. Виявлення грубих погрішностей з використанням параметричних гіпотез.
18. Дайте визначення фізичної величини.
19. Перерахуйте основні типи фізичних величин. Дайте характеристику кожному типу.
20. Перерахуйте методи вимірів. Дайте характеристику кожному методу.
21. Що називають погрішністю вимірів?
22. Класифікація погрішностей за формою кількісного вираження.
23. Класифікація погрішностей за характером їх поведінки в часі.
24. Класифікація погрішностей унаслідок виникнення.
25. Математична модель результату виміру.
26. Математична модель погрішності виміру.
27. Особливості аддитивної і мультиплікативної складових, що становлять погрішності виміру.
28. Як правильно має бути представлений результат вимірів?
29. Сформулюйте правила округлення числових значень результату виміру.

30. Дайте визначення експерименту.
31. Які питання вирішує планування експерименту?
32. Класифікація експериментів.
33. Дайте визначення математичній моделі об'єкту дослідження.
34. Що називають чинниками, областю визначення чинників?
35. Що називають функцією відгуку і поверхнею відгуку?
36. Види математичних моделей.
37. Перерахуйте етапи проведення експериментальних досліджень.
38. Перерахуйте основні завдання експерименту.
39. Вимоги, що пред'являються до чинників.
40. Що називають рівнями чинників і інтервалом варіювання чинників?
41. Які обмеження необхідно враховувати при виборі інтервалу варіювання?
42. Як залежить кількість дослідів в експерименті від числа рівнів чинників?
43. Дайте визначення факторного простору.

## 7 Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Джерела вібрації двигунів, математичні моделі вібрації.
2. Визначення технічного стану двигуна, діагностика з використанням параметрів вібрації.

**Складання модулю 1 – на 4-му тижні (один раз), складання модулю 2 – на 8-му тижні (один раз), модулю 3 – на 12-му тижні (один раз), модулю 4 – на 15-му тижні (один раз).**

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

**Оформлення практичних робіт – письмово, захист – усно.**

Семестр 1 – *іспит*.

## 8 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

### 8.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	5	10...20
Модульний контроль	3...5	1	3...5
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...4	2	12...8
Модульний контроль	3...5	1	3...5
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...4	8	24...32
Модульний контроль	3...5	1	3...5
<b>Змістовний модуль 4</b>			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	1	2...4
Модульний контроль	3...5	1	3...5
			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт, а також виконання та успішного захисту домашнього завдання.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з чотирьох запитань. Запитання розподілено таким чином:

Перше запитання – запитання з теоретичної частини (змістовий модуль 1);

Друге запитання – діагностика з використанням параметрів вібрації (змістовий модуль 2);

Два запитання стосуються методів експериментальних досліджень вібрацій і обробки вібраційних сигналів (лабораторні і практичні роботи).

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

## 8.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

### знати:

- становлення професійного науково-дослідницького мислення, чіткого уявлення про основні професійні завдання і способи їх вирішення;

- історію розвитку конкретної наукової проблеми, її ролі та місця у науковому напрямі, що вивчається;

- основні поняття математичної статистики, теорії експерименту;

- основи теорії випадкових помилок і методів оцінки випадкових погрешностей у вимірах;

- основні принципи і завдання дисперсійного і регресійного аналізу;

- сучасні технології збору інформації, обробки та інтерпретації отриманих експериментальних і емпіричних даних, володіння сучасними методами досліджень;

- методи статистичного аналізу, основи статистичного контролю якості, принципи і методи планування експерименту, принцип динамічного програмування;

- формулювання та рішення задач, що виникають при науково-дослідницькій діяльності і потребують поглиблених професійних знань;

- проведення пошуку необхідної наукової інформації із залученням сучасних інформаційних технологій.

### вміти:

- зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки з проблем авіаційної та ракетно-космічної техніки, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців;

- визначати необхідний об'єм експерименту, скласти прості плани експерименту для дисперсійного і регресійного аналізу;

- робити висновки за результатами статистичного аналізу експериментальних даних;

- практично здійснювати наукові дослідження, експериментальні роботи у тій чи іншій науковій сфері;

- працювати з конкретними програмними продуктами та конкретними ресурсами інтернету та т.п.;

- використовувати сучасні технології збору інформації;

- самостійно планувати рішення задач, що виникають при науково-дослідницькій діяльності і потребують поглиблених професійних знань.

## 8.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Мати уяву про функцію і щільність розподілу випадкової величини, що таке математичне очікування і дисперсія випадкової величини; основні закони розподілення випадкової величини, вживані при плануванні експерименту; що таке генеральна сукупність, інтервальна оцінка і довірчий інтервал; що називають статистичною гіпотезою; що відносять до помилок першого і другого роду, завдання,

що вирішується при перевірці гіпотези про закон розподілу, критерії Пірсона і Колмогорова при перевірці гіпотези про закон розподілу; основні гіпотези про вибірових середніх, порядок їх перевірки; основні типи фізичних величин; методи вимірів, їх характеристики, погрішності вимірів, класифікація погрішностей, правила округлення числових значень результату виміру; які питання вирішує планування експерименту, класифікацію експериментів; визначення математичній моделі об'єкту дослідження, що називають функцією відгуку і поверхнею відгуку, види математичних моделей; етапи проведення експериментальних досліджень, основні завдання експерименту; вимоги, що пред'являються до чинників, які обмеження необхідно враховувати при виборі інтервалу варіювання, як залежить кількість дослідів в експерименті від числа рівнів чинників; що таке факторний простір.

**Добре (75-89).** Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати, що називають функцією і щільністю розподілу випадкової величини, що таке математичне очікування і дисперсія випадкової величини; основні закони розподілення випадкової величини, вживані при плануванні експерименту; що таке генеральна сукупність, інтервальна оцінка і довірчий інтервал; що називають статистичною гіпотезою; що називають рівнем значущості і областю прийняття гіпотези, етапи перевірки гіпотези; що відносять до помилок першого і другого роду, завдання, що вирішується при перевірці гіпотези про закон розподілу, критерії Пірсона і Колмогорова при перевірці гіпотези про закон розподілу; основні гіпотези про вибірових середніх, порядок їх перевірки, виявлення грубих погрішностей з використанням параметричних гіпотез; основні типи фізичних величин; методи вимірів, їх характеристики, погрішності вимірів, класифікація погрішностей, математична модель результату і погрішності виміру, правила округлення числових значень результату виміру; які питання вирішує планування експерименту, класифікацію експериментів; визначення математичній моделі об'єкту дослідження, що називають функцією відгуку і поверхнею відгуку, види математичних моделей; етапи проведення експериментальних досліджень, основні завдання експерименту; вимоги, що пред'являються до чинників, що називають рівнями чинників і інтервалом варіювання чинників, які обмеження необхідно враховувати при виборі інтервалу варіювання, як залежить кількість дослідів в експерименті від числа рівнів чинників; що таке факторний простір.

**Відмінно (90-100).** Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре»). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати, що називають функцією і щільністю розподілу випадкової величини, що таке математичне очікування і дисперсія випадкової величини; основні закони розподілення випадкової величини, вживані при плануванні експерименту, числові характеристики цих законів; що таке генеральна сукупність, інтервальна оцінка і довірчий інтервал; що називають статистичною гіпотезою, що таке параметричні і непараметричні гіпотези; що називають рівнем значущості і областю прийняття гіпотези, етапи перевірки гіпотези; що відносять до помилок першого і другого роду, завдання, що вирішується при перевірці гіпотези про закон розподілу, критерії Пірсона і Колмогорова при перевірці гіпотези про закон розподілу, які статистичні критерії застосовуються при перевірці параметричних гіпотез; основні гіпотези про вибірових середніх, порядок їх перевірки, виявлення грубих погрішностей з використанням параметричних гіпотез; основні типи фізичних величин; методи вимірів, їх характеристики, погрішності вимірів, класифікація погрішностей за формою кількісного вираження і за характером їх поведінки в часі, математична модель результату і погрішності виміру, правила округлення числових значень результату виміру; які питання вирішує планування експерименту, класифікацію експериментів; визначення математичній моделі об'єкту дослідження, що називають функцією відгуку і поверхнею відгуку, види математичних моделей; етапи проведення експериментальних досліджень, основні завдання експерименту; вимоги, що пред'являються до чинників, що називають рівнями чинників і інтервалом варіювання чинників, які обмеження необхідно враховувати при виборі інтервалу варіювання, як залежить кількість дослідів в експерименті від числа рівнів чинників; що таке факторний простір.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	Для іспиту	Для заліку
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
01-59	Незадовільно	Не зараховано

### 9 Методичне забезпечення

1. Математична модель авіаційного двигуна.
2. Математична модель системи змащування газотурбінного приводу.
3. Повчальна програма ПЕОМ з аналізу властивостей датчиків тиску.
3. Лабораторна установка для тарування вібродатчиків і побудови АЧХ.
4. Програма ПЕОМ з використання МГУА.
5. Програма ПЕОМ з виконання факторного аналізу.
6. Методичні рекомендації по виконанню практичних робіт.

### 10 Рекомендована література

#### Базова

1. Нечаєв, В. Теорія планування експерименту / В. Нечаєв, Т. Берідзе, В. Кононенко. – К.: Кондор, 2005. – 232 с.
2. Крот, Ю.О. Експериментальні методи досліджень: навчальний посібник. - Полтава: НУПП, 2023. – 192 с.
3. Статюха, Г. О. Вступ до планування оптимального експерименту. Навчальний посібник / Г. О. Статюха, Д. М. Складанний, О. С. Бондаренко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с.
4. Назаренко, Л. А. Планування і обробка результатів експерименту. Конспект лекцій / Л. А. Назаренко. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 163 с.

#### Додаткова

5. Hinkelmann, Klaus. Design and analysis of experiments. Volume 2. Advanced Experimental Design / Klaus Hinkelmann, Oscar Kempthorne. John Wiley & Sons, Inc., 2005. – 780 pp.
6. Hinkelmann, Klaus. Design and analysis of experiments. Volume 3. Special designs and applications / Klaus Hinkelmann. John Wiley & Sons, Inc., 2012. – 555 pp.
7. Hinkelmann, Klaus. Design and analysis of experiments. Volume 1. Introduction to Experimental Design / Klaus Hinkelmann, Oscar Kempthorne. John Wiley & Sons, Inc., 2008. – 631 pp.
8. Montgomery, D. C. Design and analysis of experiments / Douglas C. Montgomery. Arizona State University. Ninth edition. | Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, Inc., 2017. – 634 pp.
9. Selvamuthu, D., Das, D. Introduction to Statistical Methods, Design of Experiments and Statistical Quality Control / D. Selvamuthu, D. Das. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018. – 430 pp.
10. Moffat, R. J. Planning and Executing Credible Experiments. A Guidebook for Engineering, Science, Industrial Processes, Agriculture, and Business / R. J. Moffat, R. W. Henk. John Wiley & Sons. 2021. – 317 pp.
11. Atkinson, A. C. Handbook of the design and analysis of experiments: designs for generalized linear models / A. C. Atkinson, D. C. Woods. London, GB. Chapman and Hall/CRC. 2013. – 61 pp.
12. Atkinson, A. C. Designs for Generalized Linear Models / A. C. Atkinson, D. C. Woods. London, GB. Chapman and Hall/CRC. 2013. – 58 pp.

### 11 Інформаційне забезпечення

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2777>