

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

Кафедра Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості (№ 303)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) **Костянтин ДЕРГАЧОВ**
(ім'я та прізвище)

«31» 08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ»
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»,
(шифри і найменування галузі знань)

Спеціальність: 173 «Авіоніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: Тамара ЧЕБИКІНА, старший викладач каф. 303
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості (№ 303)

Протокол № 1 від « 24 » серпня 2023 року

Завідувач кафедри канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Віталій СІРОКЛИН
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5,5	<p>Галузь знань: <u>17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»</u> <small>(шифр та найменування)</small></p> <p>Спеціальність: <u>173 «Авіоніка»,</u> <small>(код та найменування)</small></p> <p>Освітня програма: <u>«Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»</u> <small>(найменування)</small></p> <p>Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u></p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2023/2024
Загальна кількість годин – 56 ¹⁾ /165		Семестр
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,8		2-й
		Лекції¹⁾
		24 годин
	Практичні, семінарські¹⁾	
	16 годин	
	Лабораторні¹⁾	
	16 годин	
	Самостійна робота	
	109 годин	
	Вид контролю	
	Модульний контроль, залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 56/109.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання про методи і засоби забезпечення єдності вимірювань і досягнення точності вимірювань, що обумовлена вимогами вимірювальної задачі, способи одержання достовірної та надійної інформації, похибки вимірювань та засобів вимірювань та ознайомити з методиками опрацювання результатів вимірювань.

Завдання: засвоїти фізичні і теоретичні основи вимірювань, принципи і методи вимірювань, метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки та способи їх нормування, вимоги до оцінок вимірюваної величини, методики розрахунку похибок результатів вимірювань.

Здобувач повинен знати:

- основні поняття, терміни та визначення в області практичної метрології;
- фізичні величини та їх одиниці вимірювання;
- міжнародну систему одиниць SI і принципи її побудови;
- структурні елементи вимірювання та їх характеристики;
- стислі свідчення про організацію і метрологічне забезпечення процесу вимірювання;
- принципи і методи вимірювань в обсязі, достатньому для подальшого використання в наступних дисциплінах;
- основні положення теорії похибок;
- види і джерела виникнення похибок;
- класифікацію засобів вимірювань, їх метрологічні характеристики (МХ), принципи нормування МХ засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), умови їх експлуатації;
- класичні методики опрацювання даних фізичних експериментів;

вміти:

- правильно провести процес вимірювання;
- обґрунтовано обирати метод вимірювання;
- записувати результати вимірювань в прийнятій формі, позначенні, розмірності;
- обирати та застосовувати засоби вимірювань для вирішення вимірювальної задачі з необхідною точністю та достовірністю;
- застосовувати методики опрацювання результатів одноразових та багаторазових вимірювань;
- використовувати статистичні дані та довідкові матеріали;
- застосовувати необхідні пакети прикладних програм для автоматизації обчислень.

Компетентності, які набуваються:

Загальні:

- ЗК1. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.
- ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації
- ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Фахові:

ФК6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.

ФК9. Здатність оцінювати технічні і економічні характеристики систем та пристроїв авіоніки.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.

ПРН2. Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.

ПРН4. Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.

ПРН6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

ПРН11. Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки; здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації.

Міждисциплінарні зв'язки:

Пререквізити: «Вища математика», «Вступ до фаху».

Дисципліна «Основи метрології» є базою для вивчення дисциплін: «Електроніка та основи схемотехніки», «Інформаційно-вимірювальні пристрої авіоніки», «Мікроконтролери в системах управління».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Фізичні величини. Вимірювання величин

Тема 1. Основні терміни та визначення в області метрології

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Основні етапи розвитку науки метрології. Метрологія - наука про вимірювання. Основні положення, терміни і визначення. Теоретична, практична (прикладна), законодавча метрологія. Роль метрології в питаннях розробки, технології, оцінки якості продукції.

Тема 2. Фізичні величини (ФВ) та одиниці їх вимірювання

ФВ та їх одиниці. Розмір, значення, розмірність ФВ. Класифікація ФВ. Система ФВ. Система одиниць ФВ. Розмірності ФВ. Принципи побудови системи одиниць. Міжнародна система одиниць SI, її переваги. Переклад розмірностей. Вимірювальні шкали. Шкали найменувань, порядку, інтервалів, відношень. Приклади і порівняння за властивостями різних видів шкал.

Тема 3. Вимірювання ФВ

Вимірювання – процес отримання достовірної інформації. Суттєвість, основні характеристики і аспекти вимірювань. Структурні елементи вимірювання: мета, об'єкт вимірювання, його модель, величина, що підлягає вимірюванню, апріорна інформація, засіб вимірювання, результат вимірювання, похибка/невизначеність вимірювання.

Тема 4. Класифікація вимірювань

Повна класифікація типів вимірювань: за характеристикою точності, за кількістю, за відношенням до зміни вимірюваної величини, за призначенням, згідно вираження результату вимірювання, за різновидами вимірювань. Стисла характеристика і приклади типів вимірювань.

Тема 5. Методи вимірювань

Поняття принципу і методу вимірювання. Класифікація методів і їх стисла характеристика. Метод безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою і його різновиди (нульовий, заміщенням – повним і неповним, доповненням, співпадінням, диференційний). Приклади та схеми реалізації методів.

Тема 6. Засоби вимірювань (ЗВ)

Повна класифікація засобів вимірювань (ЗВ): міри, вимірювальні перетворювачі/давачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, системи, комплекси. Визначення, стисла типова узагальнююча характеристика видів ЗВ, їх властивості. Метрологічна суттєвість ЗВ. Ознайомлювальні свідчення про еталони, їх характеристики і вимоги до них.

Тема 7. Метрологічні характеристики (МХ) ЗВ

Типова однаковість ЗВ. Нормування МХ ЗВ і принципи, що покладено в основу нормування. Узагальнена номенклатура показників нормуємих МХ. Способи нормування і форми подання МХ.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Похибки вимірювань

Тема 8. Похибки вимірювань ФВ

Види, класифікація і стисла характеристика похибок вимірювань: систематичних, випадкових, промахів. Джерела похибок та чинники, що впливають на результат вимірювання. Методи зменшення значень систематичних і випадкових похибок, критерії виявлення промахів. Стислі відомості про організацію експерименту з метою зменшення похибок результату.

Тема 9. Систематичні похибки вимірювань

Різновиди та характеристика систематичних похибок, приклади. Способи їх зменшення до, в процесі та після вимірювань.

Тема 10. Інструментальні похибки вимірювань

Класифікація груп інструментальних похибок, їх стисла характеристика, приклади. Класи точності ЗВ, вимоги до них, стандартизація і нормування характеристик ЗВ. Характеристики точності ЗВ. Способи встановлення меж допустимих похибок ЗВ. Позначення класів точності.

Тема 11. Випадкові похибки

Опис випадкових похибок за допомогою методів математичної статистики. Основні поняття, визначення та характеристики опису випадкових величин: генеральної сукупності, вибірки, довірчої вірогідності, рівня значимості. Поняття про невизначеність результату вимірювання.

Модульний контроль

Модуль 2. Опрацювання результатів вимірювань

Тема 12. Розподіл випадкових величин

Функції розподілення випадкових величин: інтегральна та диференціальна. Моменти розподілу: математичне очікування, дисперсія, асиметрія, ексцес. Точкові та довірчі оцінки. Властивості точкових оцінок: спроможність, незміщеність, ефективність. Оцінка параметрів за допомогою інтервалів. Принцип найбільшої правдоподібності. Нормальний закон розподілення.

Тема 13. Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань

Класична методика обробки результатів багаторазових вимірювань. Критерії виявлення промахів: Смирнова, Граббса, «трьох сигм». Подання результатів багаторазових вимірювань.

Тема 14. Опрацювання результатів декількох рядів вимірювань

Критерії згоди при перевірці оцінок декількох рядів на однорідність (однаковість), однаковість за розсіяністю, незалежність (або кореляцію), суттєвість кореляційного зв'язку. Алгоритм виправлення результатів неоднорідних серій. Оцінювання усередненого зваженого значення. Визначення результату обробки декількох серій вимірювань. Приклади практичного застосування даної методики.

Тема 15. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань

Умови отримання опосередкованих вимірювань. Визначення оцінки дійсного значення і похибок опосередкованих вимірювань. Особливості обробки результатів за лінійною і нелінійною функціональною залежністю. Врахування кореляційного зв'язку аргументів при визначенні оцінки похибки опосередкованої величини. Подання результату опосередкованого вимірювання.

Тема 16. Сукупні і сумісні вимірювання. Метод найменших квадратів

Отримання оцінок дійсних значень параметрів функціональних залежностей за результатами сукупних і сумісних вимірювань. Застосування методу найменших квадратів, оцінювання точності результатів вимірювань. Критерій мінімізації похибок, постулат Лежандра. Визначення результату сукупних або сумісних вимірювань. Приклади практичного застосування сукупних та сумісних вимірювань.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Фізичні величини. Вимірювання величин					
Тема 1. Основні терміни та визначення	5	1	-	-	4
Тема 2. Фізичні величини (ФВ). Одиниці вимірювання ФВ.	6	1	1	-	4

Тема 4. Класифікація вимірювань	6	1	1	-	4
Тема 5. Методи вимірювань	6	1	1	-	4
Тема 6. Засоби вимірювань (ЗВ)	10	1	1	-	8
Тема 7. Метрологічні характеристики ЗВ	10	1	1	-	8
Модульний контроль	7	-	1	-	6
Разом за змістовним модулем 1	50	6	6	-	38
Тема 8. Похибки вимірювань ФВ	7	3	-	-	4
Тема 9. Систематичні похибки вимірювань	9	1	3	-	5
Тема 10. Інструментальні похибки вимірювань	10	2	3	-	5
Тема 11. Випадкові похибки	10	2	2	-	6
Модульний контроль	8	-	2	-	6
Разом за змістовним модулем 2	44	8	10	-	26
Разом за модулем 1	94	14	16	-	64
Тема 12. Розподіл випадкових величин	8	2	-	-	6
Тема 13. Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань	12	2	-	4	6

1	2	3	4	5	6
Тема 14. Опрацювання результатів декількох рядів вимірювань	12	2	-	4	6
Тема 15. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	12	2	-	4	6
Тема 16. Сукупні і сумісні вимірювання. Метод найменших квадратів	14	2	-	4	8
Модульний контроль	7	-	-	-	7
Разом за модулем 2	71	10	-	16	45
Всього з дисципліни	165	24	16	16	109

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Розрахунок основних похибок результатів прямих одноразових вимірювань	2
2	Розрахунок додаткових похибок результатів прямих одноразових вимірювань	2
3	Розрахунок методичних похибок	2
4	Розрахунок похибок опосередкованих одноразових вимірювань	2
5	Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань	2
6	Опрацювання результатів декількох рядів прямих	2

	багаторазових вимірювань	
7	Опрацювання результатів багаторазових опосередкованих вимірювань	2
8	Розрахунок характеристики перетворення вимірювального перетворювача методом найменших квадратів	2
	Разом	16

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювання і опрацювання результатів прямих багаторазових рівних за точністю вимірювань	4
2	Вимірювання і опрацювання результатів декількох рядів вимірювань нерівних за точністю	4
3	Вимірювання і опрацювання результатів опосередкованих багаторазових вимірювань	4
4	Вимірювання і опрацювання результатів сукупних багаторазових вимірювань	4
	Разом	16

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Засвоєння лекційного матеріалу, рішення задач (поточні домашні завдання), підготовка і розрахунки з лабораторних робіт, підготовка до модульного контролю.	56
2	Історія розвитку метрології як області практичної діяльності і науки. Загальні відомості про метрологію.	4
3	Історичний розвиток різноманітних систем одиниць. Префікси для утворення десяткових кратних і частинних одиниць.	4
4	Вимірювальна інформація. Вимірювальний сигнал. Перетворення вимірювальної інформації.	4
5	Планування та організація вимірювань.	6
6	Еталони одиниць фізичних величин.	10
7	Структурні схеми ЗВ. Характеристики ЗВТ різного призначення.	6
8	Метрологічний контроль і нагляд за ЗВТ.	4
9	Додаткові похибки, які виникають при порушеннях експлуатаційних умов використання ЗВ.	6

10	Ознайомлення з деякими типовими розподілами випадкових величин, які відрізняються від закону Гауса, – двозначний дискретний, арксинусоїдальний, рівномірний, трикутний, трапеціїдний.	10
	Разом	109

8. Індивідуальне завдання

Не передбачене

9. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, лабораторних робіт, консультацій за розкладом кафедри, за необхідністю – індивідуальні консультації, самостійна робота студентів – за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) або за літературними та інтернет-джерелами.

10. Методи контролю

Проведення поточного контролю, поточних домашніх завдань по практиці, письмового модульного контролю, контроль лабораторних робіт, фінальний контроль у вигляді заліку.

11. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	5	15...25
Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	14...20	1	14...20
Усього за семестр			60...100

Білет для заліку складається з 2-х питань: теоретичного запитання за тематикою лекційного матеріалу і задачі.

Приклад №1: 1. Теоретичне питання. Способи нормування і форми подання МХ. – 50 балів.

2. Задача. Визначити, який з двох вольтметрів, що мають однакові границі вимірювань 10 В, забезпечить найменшу похибку при вимірюванні напруги 3 В, якщо клас точності першого приладу – 0,5/1,5, а другого – 1,0. – 50 балів.

Приклад №2: 1. Теоретичне питання. Додаткові похибки, які виникають при порушеннях експлуатаційних умов для засобів вимірювань. – 50 балів.

2. Задача. При вимірюванні сили струму міліамперметром, максимальне значення шкали котрого дорівнює 250 поділкам на межі виміру 100мА, відлік склав 182 поділки. Визначити: результат вимірювання в одиницях сили струму, основні абсолютну, відносну та наведену похибки. Клас точності міліамперметру 2,5. – 50 балів.

Приклад №3: 1. Теоретичне питання. Класифікація та узагальнююча характеристика вимірювальних перетворювачів/давачів. – 50 балів.

2. Задача. Визначити складові похибки вимірювання сили струму за допомогою амперметру класу 1,0 з межами виміру -0,5 А...+0,5 А. Відлік приладу склав 0,36 А при таких умовах середовища: температура + 9,5 °С, атмосферний тиск 735 мм рт ст, вологість 89 %. Оцінити сумарну відносну похибку результату вимірювання. – 50 балів.

Під час складання заліку здобувач має можливість отримати макс. 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі теми практичних занять. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти самостійно застосовувати формули для розрахунку похибок вимірювань. Знати і застосовувати методи вимірювань та способи зменшення систематичних і випадкових похибок.

Добре (75-89). Твердо мати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Знати та правильно обирати методики опрацювання результатів вимірювання, вміти застосовувати критерії оцінювання промахів, центральних моментів розподілу випадкових величин, вміти обчислювати частинні похідні опосередкованих вимірювань.

Відмінно (90-100). В повному обсязі знати основний та додатковий матеріал. Здати всі теми, контрольні і лабораторні роботи, тестові завдання та модулі на «відмінно». Вільно володіти термінами та визначеннями в області метрології, орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати і вміти правильно самостійно застосовувати методики опрацювання результатів вимірювань.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90-100	відмінно	зараховано
75-89	добре	
60-74	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

12. Методичне забезпечення

1. Чебикіна Т.В. Основи метрології: Робоча програма, тестові завдання, модульні роботи, контрольні питання. – Х.: ХАІ, 2020–24 (електронний варіант).
2. Науменко А. М., Чебыкина Т. В. Методы обработки результатов экспериментов. Метод. указания к выполнению лабораторных работ. Х.: ХАИ, 2003.
4. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Основи метрології”. - Х.: ХАІ, 2023 (електронний варіант).
5. Завдання для практичних робіт з дисципліни “Основи метрології”. - Х.: ХАІ, 2023 (електронний варіант).

13. Рекомендована література

Базова

1. Жихарев В.М., Павлишин Р.Є. Ж 75 Основи метрології та стандартизації. Цикл лекційних і практичних занять. Навчально-методичний посібник. – Ужгород: ТОВ “РІК-У“, 2020. – 280 с. ISBN 978-617-7868-31-5.
2. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник/Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; за ред.. проф.. Є.С. Поліщука. – 2-ге вид., доп. Та переробл. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.
3. Основи метрології: навчальний посібник / автори.: І.В. Солтис, О.В. Деревянчук, Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021, 152 с.
4. Основи метрології: [Електронний ресурс]: навч. посіб. / В. У. Ігнаткін, О. В. Томашевський, В. М. Матюшин. Електрон. дані. – Запоріжжя : Запорізький національний технічний університет, 2017. 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана. ISBN 978-617-529-205-1
5. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник. За ред. проф. Є. С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003.

Допоміжна

1. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю/Є.Т. Володарський. – Вінниця: ВДТУ, 2001.

2. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2005, IDT) – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 19 с.

3. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. К.: Держспоживстандарт України, 1994.

13. Інформаційні ресурси

1. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A0%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B2%20%D0%93\\$](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A0%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B2%20%D0%93$)

2. Сайт кафедри 303: k303.khai.edu