

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 ОП


(підпис)

В.П. Сіроклин
(ініціали та прізвище)

« 29 » _____ 08 _____ 2022 р.

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

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
(код та найменування спеціальностей)

Освітні програми: «Менеджмент якості товарів та послуг»
(найменування освітніх програм)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: початковий (короткий цикл)

Харків 2022 рік

Розробник: Потильчак О.П., доцент, к.т.н., доцент 
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання) (підпис)

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

Протокол № 1 від « 29 » 08 2022 р.

Завідувач кафедри к.т.н. 
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) В.П. Сіроклин
(ініціали 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	Галузь знань <u>15 «Автоматизація та приладобудування»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>152 «Метрологія та інформаційно-вимірjuвальна техніка»</u> (код та найменування) Освітні програми: <u>«Менеджмент якості товарів та послуг»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>початковий (короткий цикл)</u>	Обов’язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік 2022/2023
Кількість змістовних модулів – 3		Семестр 2-й
Загальна кількість годин – 80 ¹⁾ /150		Лекції¹⁾ 40 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи здобувача – 4,5		Практичні, семінарські¹⁾ 40 годин
		Лабораторні¹⁾ -
	Самостійна робота 70 годин	
	Вид контролю Модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 80/70.

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 однократних та багатократних вимірювань.

Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях.

ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК3. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК5. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ФК1. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності у відповідності з моделями вимірювання.

ФК2. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови засобів вимірювальної техніки.

ФК5. Здатність виконувати прості технічні операції при випробуванні, повірці, калібруванні та інших операціях метрологічної діяльності.

ФК6. Здатність здійснювати технічні заходи із забезпечення метрологічної простежуваності, правильності, повторюваності та відтворюваності результатів вимірювань і випробувань за міжнародними стандартами.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту.

ПРН2. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ.

ПРН3. Вміти вибирати, виходячи з технічної задачі, стандартизований метод оцінювання та вимірювального контролю характерних властивостей продукції та параметрів технологічних процесів.

ПРН4. Вміти використовувати принципи і методи відтворення еталонних величин при побудові еталонних засобів вимірювальної техніки (стандартних зразків, еталонних перетворювачів, еталонних засобів вимірювання).

ПРН6. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач.

Пререквізити: елементарна математика, вступ до фаху, основи програмування, фізика.

Кореквізити: елементарна математика, фізика.

3. Зміст 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. Основні положення, терміни і визначення. Роль метрології в питаннях якості продукції, прикладний характер метрології.

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 достоїнності. Перевод 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 і похибка вимірювання.

Тема 4. Класифікація вимірювань

Повна класифікація типів вимірювань: за характеристикою точності, за кількістю, за відношенням до зміни вимірюємої 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.

Модульний контроль

Модуль 2. Опрацювання результатів вимірювань

Тема 12. Розподіл випадкових величин

Функції розподілення випадкових величин: інтегральна та диференційна. Моменти розподілу: математичне очікування, дисперсія, асиметрія, ексцес. Точкові та довірчі оцінки. Властивості точкових оцінок: спроможність, незміщенність, 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	4	2	-	-	2
Тема 2. Фізичні величини (ФВ). Одиниці вимірювання ФВ.	5	2	1	-	2
Тема 4. Класифікація вимірювань	5	2	1	-	2
Тема 5. Методи вимірювань	5	2	1	-	2
Тема 6. Засоби вимірювань (ЗВ)	7	2	1	-	4
Тема 7. Метрологічні характеристики ЗВ	8	2	2	-	4
Модульний контроль	6	-	2	-	4
Разом за змістовним модулем 1	40	12	8	-	20
Тема 8. Похибки вимірювань ФВ	7	2	-	-	5
Тема 9. Систематичні похибки вимірювань	13	4	4	-	5
Тема 10. Інструментальні похибки вимірювань	11	2	4	-	5
Тема 11. Випадкові похибки	11	4	2	-	5
Модульний контроль	6	-	2	-	4
Разом за змістовним модулем 2	48	12	12	-	24
Разом за модулем 1	88	24	20	-	44
Тема 12. Розподіл випадкових величин	6	2	-	-	4
Тема 13. Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань	12	4	4	-	4
Тема 14. Опрацювання результатів декількох рядів вимірювань	14	4	6	-	4
Тема 15. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	10	2	4	-	4
Тема 16. Сукупні і сумісні вимірювання. Метод найменших квадратів	12	4	4	-	4
Модульний контроль	8	-	2	-	6

Разом за модулем 2	62	16	20	-	26
Всього з дисципліни	150	40	40	-	70

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фізичні величини. Класифікація вимірювань.	2
2	Методи і засоби вимірювань	2
3	Метрологічні характеристики засобів вимірювань	2
4	Систематичні похибки вимірювань	4
5	Інструментальні похибки вимірювань	4
6	Випадкові похибки	2
7	Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань	4
8	Опрацювання результатів декількох рядів вимірювань	6
9	Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	4
10	Сукупні і сумісні вимірювання. Метод найменших квадратів	4
11	Модульний контроль	6
	Разом	40

6. Теми лабораторних занять

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні терміни та визначення	2
2	Фізичні величини (ФВ). Одиниці вимірювання ФВ.	2
3	Класифікація вимірювань	2
4	Методи вимірювань	4
5	Засоби вимірювань (ЗВ)	4
6	Метрологічні характеристики ЗВ	2
7	Похибки вимірювань ФВ	5
8	Систематичні похибки вимірювань	5
9	Інструментальні похибки вимірювань	5
10	Випадкові похибки	5
11	Розподіл випадкових величин	4
12	Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань	4
13	Опрацювання результатів декількох рядів вимірювань	4
14	Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	4
15	Сукупні і сумісні вимірювання. Метод найменших квадратів	4

16	Підготовка до модульних контролів	14
	Разом	70

8. Індивідуальні завдання

Не передбачено.

9. Методи навчання

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

10. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, контроль виконання практичних робіт, фінальний контроль у вигляді іспиту.

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 практичних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

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

Приклад №1: 1. Теоретичне питання. Планування та організація вимірювань. Метрологічне забезпечення процесу вимірювання. – 50 балів.

2. Задача. Виміряне омметром значення міри омичного опору дорівнює 9,989 Ом. Номінальне значення міри - 10 Ом. Характеристики омметра: клас точності 0,02/0,02, верхня межа виміру 30 Ом. Умови вимірювання – нормальні, стабілізовані. Оцінити абсолютну і відносну похибки результату вимірювання, а також значення поправки міри. – 50 балів.

Приклад №2: 1. Теоретичне питання. Методика розрахунку похибок опосередкованих одноразових вимірювань. – 50 балів.

2. Задача. При вимірюванні сили струму було застосовано міліамперметр з рівномірною шкалою довжиною від - 150 до + 150 поділок. Межі вимірювання - 50 мА... +50 мА. Виміряне значення складо 32,4 мА. Визначити: ціну поділки шкали, результат вимірювання в одиницях сили струму, основні абсолютну та відносну похибки. Клас точності міліамперметра 0,5. – 50 балів.

Приклад №3: 1. Теоретичне питання. Точкові та довірчі оцінки. Властивості точкових оцінок: спроможність, незміщенність, ефективність. – 50 балів.

2. Задача. Визначити значення абсолютних і відносних похибок вимірювання падіння напруги на резисторах, якщо показання вольтметра при підключенні до резистора R_1 складо 9,8 В, а до резистора R_2 – 86,6 В. Вольтметр класа точності 1,5 з верхньою межею вимірювання 100 В. – 50 балів.

Під час складання семестрового заліку здобувач має можливість отримати максимум 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. Науменко А. М., Чебыкина Т. В. Методы обработки результатов экспериментов. Метод. указания к выполнению лабораторных работ. Х.: ХАИ, 2003.

2. Науменко А. М., Улитенко В. П. Определение погрешностей технических измерений. – Харьков, 1982.

13. Рекомендована література

Базова

1. Жихарєв В.М., Павлишин Р.Є. 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-тет, 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

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.

14. 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=fullweb&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=fullweb&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$)