

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

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій  
ім. О.О. Зеленського (№ 504)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи/  
Голова НМК

  
(підпис)

М.С. Зряхов  
(ініціали та прізвище)

«29» серпня 2019 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Метрологія та вимірювальна техніка в радіоелектроніці»  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Технології та засоби телекомунікацій», «Інформаційні мережі зв'язку», «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси», «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2019 рік**

Робоча Метрологія та вимірювальна техніка в радіоелектроніці  
(нова дисципліна)  
для студентів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітньою програмою «Технології та засоби телекомунікацій»,  
«Інформаційні мережі зв'язку», «Радіоелектронні пристрої, системи та  
комплекси», «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»

«26» червня 2019 р., – 14 с.

Розробник: Науменко В.В., к.т.н., доцент  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри інформаційно-  
комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського

(назва кафедри)

Протокол № 1 від 29 серпня 2019 р.

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

  
(підпис)

В.В. Лукін  
(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3	<p style="text-align: center;"><b>Галузь знань</b>  <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u>  <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Спеціальність</b>  <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u>  <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b>  <u>«Технології та засоби телекомунікацій», «Інформаційні мережі зв'язку», «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси», «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»</u>  <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Рівень вищої освіти:</b>  перший (бакалаврський)</p>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне завдання <u>не передбачено навчальним планом</u> <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>  4-й
Загальна кількість годин – 40 / 90		<b>Лекції*</b>  24 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,5 самостійної роботи студента – 3,1		<b>Практичні, семінарські*</b> 0 годин
		<b>Лабораторні*</b> 16 годин
		<b>Самостійна робота</b> 50 годин
	<b>Вид контролю</b> модульний контроль, залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 40 годин аудиторних занять/ 50 годин самостійної роботи.

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

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета вивчення:** викладання дисципліни є надання теоретичних знань з основ метрології, принципів побудови засобів вимірювальної техніки, методів вимірювань, критеріїв вибору і застосування засобів вимірювальної техніки для вимірювань електричних і неелектричних величин, які допоможуть вирішувати задачі метрологічного забезпечення електронних пристроїв та систем на різних етапах їх життєвого циклу, формування навичок застосування стандартів і нормативно-технічних документів.

**Завдання:** опанування метрологічної термінології, теорії похибок, принципів дії та будови засобів вимірювальної техніки; ознайомлення з основами метрологічного забезпечення сучасного виробництва; опанування основних навичок раціонального обрання методів вимірювань і засобів вимірювальної техніки; опанування основних навичок вимірювання електричних і неелектричних величин; опрацювання результатів вимірювань та подання їх у стандартних формах; виконання правил техніки безпеки при вимірюваннях.

### **Результати навчання:**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен мати уявлення про принципи побудови, властивості та способи застосування засобів вимірювальної техніки; про основи метрологічного забезпечення виробництва; про основи безпечної експлуатації засобів вимірювальної техніки; мати достатньо навичок для самостійного виконання вимірювань радіоелектричними вимірювальними приладами, обробки результатів вимірів та їх застосування.

### **Міждисциплінарні зв'язки:**

Вища математика

Фізика

Аналогова та цифрова схемотехніка

Елементна база радіоелектроніки

Основи теорії кіл

Технічна електродинаміка та пристрої НВЧ

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1.**

#### **Змістовний модуль 1. Метрологія**

##### **Тема 1. Фізичні величини**

Лекція 1. Поняття фізичної величини. Види фізичних величин. Одиниці фізичних величин. Розмірності фізичних величин. Види систем одиниць. Міжнародна система одиниць. Основні одиниці. Додаткові одиниці.

##### **Тема 2. Вимірювання**

Лекція 1. Вимірювання і вимірювальна інформація. Класифікація вимірювань. Класифікація методів вимірювань. Засоби вимірювальної техніки.

##### **Тема 3. Похибки**

Лекція 1. Класифікація похибок та причини їх виникнення. Прямі та непрямі методи вимірювання. Систематичні похибки вимірів. Причини їх виникнення. Вилучення систематичних похибок при прямих вимірюваннях. Випадкові похибки. Способи опису результатів, які мають випадкові похибки.

Лекція 2. Випадкові похибки при прямих вимірюваннях. Найбільш імовірне значення вимірюваної величини та оцінка його похибки. Середньоквадратична оцінка похибки окремого вимірювання. Оцінка похибки та надійності результату вимірювань. Похибки результатів прямих вимірювань при малому та великому числі спостережень. Обробка результатів вимірів. Грубі промахи та їх виключення. Випадкові похибки при непрямих вимірюваннях. Рекомендації щодо вибору законів розподілу похибок при радіоелектронних вимірюваннях.

##### **Тема 4. Метрологічний нагляд і контроль**

Лекція 1. Державний метрологічний нагляд. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Повірка засобів вимірювальної техніки. Калібрування засобів вимірювальної техніки

## **Тема 5. Основи теорії похибок та обробка результатів вимірювання**

Лекція 1. Вступ. Класифікація похибок. Математичний опис випадкових похибок. Оцінка випадкових похибок прямих рівно точних вимірювань.

## **Тема 6. Способи оцінювання та виключення систематичних похибок**

Лекція 1. Способи зменшення та виключення систематичних похибок. Форми представлення результатів вимірювання та показники точності. Загальні методи підвищення точності засобів вимірювання.

**Модульний контроль:** Метрологія (виконання тестових завдань)

## **Змістовний модуль 2. Вимірювальна техніка**

### **Тема 1. Загальні структурні схеми вимірювальних приладів**

Лекція 1. Вступ. Класифікація засобів вимірювання. Загальні структурні схеми вимірювальних пристроїв. Аналогові та дискретні фізичні величини.

### **Тема 2. Аналогові та цифрові електромеханічні вимірювальні перетворювачі та пристрої**

Лекція 1. Аналогові електромеханічні вимірювальні перетворювачі та пристрої. Магнітоелектричні пристрої. Магнітоелектричні амперметри. Магнітоелектричні вольтметри. Електромагнітні пристрої. Вимірювальні перетворювачі змінної напруги в постійну. Пікові детектори. Детектори середньоквадратичного значення. Детектор середньовипрямленого значення.

### **Тема 3. Особливості вимірювання струму та напруги**

Лекція 1. Вступ. Класифікація вольтметрів. Структурні схеми електронних вольтметрів. Цифрові вольтметри. Вимірювання постійної напруги. Вимірювання змінної напруги. Вольтметри амплітудних значень. Вольтметри середньоквадратичних значень. Вольтметри середньовипрямлених значень.

### **Тема 4. Вимірювальні генератори**

Лекція 1. Класифікація генераторів. Параметри генераторів синусоїдальних коливань. Особливості НЧ генераторів. Особливості ВЧ генераторів. Типові структурні схеми ВЧ генераторів. НВЧ генератори. Генератори імпульсів. Генератори шумових сигналів.

### **Тема 5. Пристрої для дослідження форми, спектру та нелінійних викривлень сигналів.**

Лекція 1. Класифікація пристроїв для дослідження форми, спектру та нелінійних викривлень сигналів. Електронно-променева осцилографічна трубка. Структурна схема осцилографу. Одноканальні осцилографи. Канал вертикального відхилення. Канал горизонтального відхилення. Канал управління яскравістю. Багатоканальні осцилографи. Багатофункціональні осцилографи.

Лекція 2. Цифрові осцилографи. Швидкісні та стробоскопічні осцилографи. Особливості та структурні схеми. Запам'ятовуючі осцилографи. Осцилографічні вимірювання. Спостереження осцилограм. Вимірювання напруги. Вимірювання інтервалів часу. Вимірювання частоти. Основні електричні характеристики та параметри осцилографа.

### **Тема 6. Вимірювання потужності та добротності**

Лекція 1. Введення. Класифікація пристроїв для вимірювання потужності. Методи вимірювання потужності. Калориметричний метод. БолOMETричний метод. Термоелектричний метод.

Лекція 2. Введення. Вимірювання добротності. Q-метр. Структурна схема. Принцип дії. Переваги та недоліки методи вимірювання добротності.

**Модульний контроль: Вимірювальна техніка (виконання тестових завдань)**

### **Модуль 2.**

.....

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Метрологія</b>					
Тема 1. Фізичні величини	4	2	–	–	2
Тема 2. Вимірювання	8	2	–	2	4
Тема 3. Похибки	8	2	–	2	4
Тема 4. Метрологічний нагляд та контроль	6	2	–	–	4
Тема 5. Основи теорії похибок та обробка результатів вимірювання	7	1	–	2	4
Тема 6. Способи оцінювання та виключення систематичних похибок.	7	1	–	2	4
<b>Модульний контроль</b>	2	2	–	–	–
Разом за змістовним модулем 1	42	12	0	8	22
<b>Змістовний модуль 2. Вимірювальна техніка</b>					
Тема 1. Загальні структурні схеми вимірювальних приладів.	5	1	–	–	4
Тема 2. Аналогові та цифрові електромеханічні вимірювальні перетворювачі та пристрої.	7	1	–	2	4
Тема 3. Особливості вимірювання струму та напруги	8	2	–	2	4
Тема 4. Вимірювальні генератори	8	2	–	2	4
Тема 5. Пристрої для дослідження форми, спектру та нелінійних викривлень сигналів.	8	2	–	2	4
Тема 6. Вимірювання потужності та добротності	10	2	–	–	8
<b>Модульний контроль</b>	2	2	–	–	–
Разом за змістовним модулем 2	48	12	0	8	28
<b>Усього годин</b>	90	24	0	16	50
<b>Модуль 2</b>					
Індивідуальне завдання	-	-	-	-	-
<b>Контрольний захід</b>	-	-	-	-	-
<b>Усього годин</b>	90	24	0	16	50



### 5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	—
2		—
	<b>Разом</b>	—

### 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	—
2		—
	<b>Разом</b>	—

### 7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Цифровий мультиметр	3
2	Цифрові вольтметри	3
3	Дослідження осцилографа	4
4	Вимірювальний генератор низької частоти	3
5	Вимірювальний генератор високої частоти	3
	<b>Разом</b>	16

### 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Закріплення матеріалу лекцій	20
2	Підготовка до лабораторних робіт – та їх оформлення	20
3	Систематичні похибки вимірів. Причини їх виникнення. Вилучення систематичних похибок при прямих вимірюваннях.	2
4	Випадкові похибки. Способи опису результатів, які мають випадкові похибки. Випадкові похибки при прямих вимірюваннях	2
5	Оцінка похибки та надійності результату вимірювань. Похибки результатів прямих вимірювань при малому та великому числі спостережень.	2
6	Обробка результатів вимірів. Рекомендації щодо вибору законів розподілу похибок при радіоелектронних	2

	вимірюваннях.	
7	Обробка експериментальних даних прямих вимірів. Аналітичні та графічні способи перевірки відповідності експериментального розподілу нормальному.	2
	<b>Разом</b>	<b>50</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

### 10. Методи навчання

Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

- переконання у значущості навчання;
- вимоги;
- створення ситуації зацікавленості.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

- пояснювально-ілюстративний;
- словесний (розповідь, лекція, бесіда, пояснення);
- наочний (ілюстрація, демонстрація);
- практичний (вправи).

### 11. Методи контролю

- 1) модульний контроль (виконання тестових завдань);
- 2) поточний контроль (оцінювання роботи студентів на лабораторних, лекційних заняттях).

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. 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	0,5...1	5	2,5...5
Виконання і захист лабораторних робіт	5...8	2	10...16
Модульний контроль	15...25	1	15...25
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0,5...1	5	2,5...5
Виконання і захист лабораторних робіт	5...8	3	15...24
Модульний контроль	15...25	1	15...25
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з 50 запитань (теоретичних та практичних). Максимальна кількість балів, яку можна отримати за вірну відповідь на одне запитання, складає 2 бали.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: основні терміни та визначення з метрології та вимірювальної техніки; основи теорії похибок і опрацювання вимірювальної інформації; основні види, методи та засоби вимірювання фізичних величин;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: раціонально обирати і застосовувати стандартизовані методи та засоби вимірювань відповідних фізичних величин при встановлених вимогах до точності та достовірності вимірювань; досвідчено, дотримуючись правил техніки безпеки, вимірювати фізичні величини, опрацьовувати результати вимірювань та подавати їх в потрібній формі; самостійно вивчати нову вимірювальну техніку, стандарти та іншу метрологічну нормативно-технічну документацію.

## 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та виконати розрахункові завдання. Вміти користуватися вимірювальними приладами та самостійно проводити вимірювання заданих фізичних величин, вміти проводити обробку отриманих результатів та робити висновки щодо їх нормальності.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати 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. Вміти обумовлювати правильність вибору методу вимірювання та типу вимірювального приладу. Правильно використовувати вимірювальний прилад у загальній схемі. Знати конструкцію вимірювальних приладів та їх принцип дії. Вміти розраховувати та виключати похибки вимірювань для отримання найбільш точних результатів.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем

строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Досконало знати конструкцію приладів, вміти пояснити вплив процесів, як сторонніх так і таких, що в ньому відбуваються, на остаточний результат вимірювання.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

Не передбачено навчальним планом

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до	до	до	100

### 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

### 13. Методичне забезпечення

1. Удачин В.Г. Основи метрології та вимірювальної техніки. Навчальний посібник до лабораторного практикуму.- ХАІ, 2002.

2. Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського (№ 504) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://k504.khai.edu>

3. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» <https://library.khai.edu>

### 14. Рекомендована література Базова

1. Кошева Л.О. Основи метрології, стандартизації та технології вимірювань. Тексти лекцій. – К.: НАУ, 2004. – 68 с.

2. Головка Д.Б., Реґо К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. – К.; Либідь, 2001. – 408 с.

3. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник. – Вінниця:УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.

4. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 522 с.

5. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація. Підручник /За заг. ред.. В.В.Тарасової. – К.: . Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с.

### Допоміжна

1. Дивнич М.П. Стандарти і якість.-К.:НАУ, 2002. – 88 с.

2. Лившиц Н.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации. М.-"Юрайт М", 2001. – 267 с.

3. Поліщук Ю.К. Електричні вимірювання. Прилади порівняння. Прилади реєстрації електричних величин. - Київ: КМУЦА, 1998. – 124 с.

4. Буриченко М.Ю. Основи метрології, взаємозамінюваності та стандартизації. Обробка результатів вимірювань. – К.:КМУЦА, 1998. – 56 с.

5. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання.-К.:ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2002.-176с.

6. Закон України "Про стандартизацію" № 1315- VII від 05.06.2014 (зі змінами).

7. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” № 1314- VII від 05.06.14 (зі змінами).

8 . Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.

9. Зіміна М.М. Стандартизація систем управління якістю згідно стандартів серії ISO 9000-2000 (у схемах): Навч.-практ. пос. – К.: ШАУЗ, 2003. – 256 с.

10. Основи стандартизації та сертифікації: підручник для студентів вищ. навч. закл. / О. М. Величко, В. Ю. Кучерук, Т. Б. Гордієнко, В.М.Севастьянов. За заг. ред. О.М.Величка. - Херсон : Олді-плюс, 2013. - 364 с. - Библиогр.: с. 315.

### 15. Інформаційні ресурси

1. Міжнародний союз електров'язку [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.itu.int](http://www.itu.int)
2. Міжнародна організація зі стандартизації [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.iso.org](http://www.iso.org).
3. Законодавство України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index>
4. Мінекономрозвитку України Державне підприємство "Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації"[Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://khsms.com>
5. Національний науковий центр «Інститут метрології» (м. Харків) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.metrology.kharkov.ua/index.php?id=150&L=174>