

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В.о. декана ФКІТ  
Якименко І.З.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Перший проректор  
Островерхов В.М.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

# РОБОЧА ПРОГРАМА

дисципліни

## “ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ”

**Освітній ступінь** – бакалавр

**Галузь знань** - 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

**Спеціальність** – 175 Інформаційно-вимірювальні технології

**Освітньо-професійна програма** – Технології інтернету речей

кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Лабор. (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Залік (сем.)	Екз. (сем.)
Денна	2	3	28	28	3	4	91	59		3
Заочна	2	3	8	4			138			3

Тернопіль  
2023

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», затвердженої на засіданні Вченою радою ЗУНУ  
протокол № 26 від 05.06.2021 р.

Робочу програму склав доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, к.т.н., доц. Масляк Богдан Олексійович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем  
протокол № 1 від 28.08.2023р.

Завідувач кафедри СКС \_\_\_\_\_ Андрій СЕГІН

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності інформаційно-вимірювальні технології  
протокол № 1 від 26.08.2022р.

Керівник групи  
забезпечення спеціальності к.т.н., доцент. \_\_\_\_\_ Богдан МАСЛИЯК

## СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “Методи та засоби вимірювань”

ПР10. Вміти встановлювати раціональну номенклатуру метрологічних характеристик засобів вимірювання для отримання результатів вимірювання з заданою точністю.

### 1. Опис дисципліни “Методи та засоби вимірювань”

Дисципліна “Методи та засоби вимірювань”	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	Дисципліна циклу професійної підготовки Блок обов’язкових дисциплін
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність – 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» Освітньо-професійна програма – Технології інтернету речей	Рік підготовки: 2. Семестр: 2, 3.
Кількість змістових модулів – 4	Освітній ступінь – бакалавр	Лекції: 58 год. Лабораторні заняття: 58 год.
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: 86 год., у т.ч. тренінг – 4 год. Індивідуальна робота: 7 год.
Тижневих годин – 10, з них аудиторних – 4		Вид підсумкового контролю – залік, екзамен

### 2. Мета і завдання дисципліни “Методи та засоби вимірювань”

#### 2.1. Мета вивчення дисципліни.

Метою дисципліни “Методи та засоби вимірювань” полягає в забезпеченні розвитку загальних та спеціальних компетентностей майбутніх бакалаврів в галузі проектування та застосування засобів інформаційно-вимірювальної техніки, вивчення сучасних методів та засобів вимірювань електричних та неелектричних величин, з урахуванням системного метрологічного підходу до вимірювальних операцій, а також використання їх для подальшого практичного застосування, показати взаємний зв’язок між методами і засобами вимірювання та якістю продукції, що виробляється.

Дана дисципліна базується на використанні знань та положень відповідних розділів фізики, математики, аналогової та цифрової електроніки, мікросхемотехніки.

#### 2.2. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни:

K21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об’єктах.

#### 2.3. Результати навчання

ПР10. Вміти встановлювати раціональну номенклатуру метрологічних характеристик засобів вимірювання для отримання результатів вимірювання з заданою точністю.

ПР14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо

#### 2.4. Завдання вивчення дисципліни:

Завдання дисципліни полягає у набутті студентами знань, умінь і здатностей (компетенцій) щодо побудови, та використання засобів вимірювання електричних та неелектричних величин.

#### 2.5. Завдання лекційних занять.

В результаті проведення лекційних занять студент повинен продемонструвати знання і розуміння:

- структуру та принципи функціонування аналогових приладів;
- структуру та принципи функціонування цифрових приладів;
- основні характеристики вимірювальних приладів;
- будову вимірювальних засобів та основних їх складових.

## **2.6. Завдання лабораторних занять.**

В результаті виконання лабораторних робіт, студент повинен продемонструвати вміння:

- формалізувати алгоритм роботи засобу вимірювання та його вузлів;
- моделювати роботу вимірювальних вузлів в середовищі програмних пакетів сапр електронних схем (Multisim);
- проводити всі види аналізу вимірювальних схем – налаштування, калібрування та перевірки;
- оцінювати отримані результати;
- оцінювати похибки засобу вимірювання;
- виготовляти відповідну графічну та текстову документацію.

## **3. Зміст дисципліни “Вимірювальні прилади”**

### ***Змістовий модуль 1. Загальні положення. Аналогові вимірювальні прилади.***

1. Вимірювальні прилади. Основні положення.

Визначення. Основне рівняння вимірювання. Класифікація вимірювань. Властивості засобів вимірювань.

2. Аналогові вимірювальні механізми

Узагальнена структурна схема вимірювального механізму. Види аналогових вимірювальних механізмів.

3. Вимірювання струмів і напруг.

Схеми використання амперметрів та вольтметрів. Розширення діапазону вимірювання струму – шунт. Розширення діапазону вимірювання напруги – додатковий опір.

4. Мостові вимірювальні прилади постійного струму.

Міст Уїтстона. Загальна теорія мостових схем. Одинарний (чотириплечий) міст постійного струму. Подвійний (шестиплечий) міст постійного струму. Автоматичний міст постійного струму.

5. Мостові вимірювальні прилади змінного струму.

Мости для вимірювання ємності. Мости для вимірювання параметрів котушок індуктивності.

6. Компенсаційні засоби вимірювання

Компенсатори постійного струму. Дві схеми компенсації напруги. Компенсатор постійного струму. Компенсатори змінного струму.

### ***Змістовий модуль 2. Цифрові вимірювальні прилади***

7. Цифрові вимірювальні прилади – основні поняття та визначення.

Основні визначення. Класифікація цифрових вимірювальних приладів. Поняття вимірювального каналу та його складових.

8. Квантування та дискретизація. Похибки квантування та дискретизації.

Поняття дискретизації та вибір частоти дискретизації. Поняття квантування та вибір розрядності вимірюваного сигналу.

9. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП).

Основні параметри АЦП. Паралельні АЦП. АЦП порозрядного зрівноваження. Завадостійкі інтегруючі АЦП. Перетворювачі напруга – частота. Сігма-дельта АЦП.

10. Цифро-аналогові перетворювачі.

Загальні відомості. Послідовні ЦАП. Паралельні ЦАП. Застосування ЦАП. Параметри ЦАП.

11. Компоненти вимірювального каналу.

Аналогові мультиплектори (комутатори). Масштабні перетворювачі. Пристрої вибірки-зберігання. Аналогові фільтри вимірювальних сигналів. Джерела опорної напруги Автоматичний вибір діапазону вимірювання.

12. Цифрові прилади вимірювання електричних величин.

Структурні схеми приладів вимірювання струму, напруги. Вимірювання опору. Вимірювання потужності. Вимірювання частоти та інтервалів часу електричного сигналу.

13. Цифрові прилади вимірювання неелектричних величин.

Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема засобу вимірювання. Особливості первинних вимірювальних перетворювачів. вимірювальні канали температури, механічних величин, тиску і рівня.

14. Повірка та калібрування вимірювальних приладів.

Поняття повірки та калібрування. Законодавча база. Загальні методи повірки та калібрування ЗВТ. Міжповірочні інтервали, їх призначення та коригування. Калібрування вимірювальних каналів. Повірка вимірювальних приладів. Оформлення результатів повірки та калібрування ЗВТ.

#### 4. Структура залікового кредиту ДФН

Тематика	Кількість годин				
	Лекції	Лаб.	Самост. робота	Інд. робота	Контр. заходи
<b>Змістовий модуль 1. Загальні положення. Аналогові вимірювальні прилади</b>					
1. Вимірювальні прилади. Основні положення. Визначення. Основне рівняння вимірювання. Класифікація вимірювань. Властивості засобів вимірювань.	2		6		Поточне опитування
2. Аналогові вимірювальні механізми. Узагальнена структурна схема вимірювального механізму. Види аналогових вимірювальних механізмів.	2		6		Поточне опитування
3. Вимірювання струмів і напруг. Схеми використання амперметрів та вольтметрів. Розширення діапазону вимірювання струму – шунт. Розширення діапазону вимірювання напруги – додатковий опір.	2	4	6		Ситуаційне завдання
4. Мостові вимірювальні прилади постійного	2		6		Ситуації

струму. Міст Уїтстона. Загальна теорія мостових схем. Одинарний (чотириплечий) міст постійного струму. Подвійний (шестиплечий) міст постійного струму. Автоматичний міст постійного струму.					йне завдання
5. Мостові вимірювальні прилади змінного струму. Мости для вимірювання ємності. Мости для вимірювання параметрів котушок індуктивності.	2		6		Ситуаці йне завдання
6. Компенсаційні засоби вимірювання Компенсатори постійного струму. Дві схеми компенсації напруги. Компенсатор постійного струму. Компенсатори змінного струму.	2		6		Ситуаці йне завдання
<b>Змістовий модуль 2. Цифрові вимірювальні прилади</b>					
7. Цифрові вимірювальні прилади – основні поняття та визначення. Основні визначення. Класифікація цифрових вимірювальних приладів. Поняття вимірювального каналу та його складових.	2	4	7		Ситуаці йне завдання
8. Квантування та дискретизація. Похибки квантування та дискретизації. Поняття дискретизації та вибір частоти дискретизації. Поняття квантування та вибір розрядності вимірюваного сигналу.	2		7		Поточне опитува ння
9. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). <i>Основні параметри АЦП.</i> Паралельні АЦП. АЦП порозрядного зрівноваження. Завадостійкі інтегруючі АЦП. Перетворювачі напруга – частота. Сігма-дельта АЦП.	2	4	7		Ситуаці йне завдання
10. Цифро-аналогові перетворювачі. Загальні відомості. Послідовні ЦАП. Паралельні ЦАП. Застосування ЦАП. Параметри ЦАП.	2	4	7		Ситуаці йне завдання
11. Компоненти вимірювального каналу. Аналогові мультиплексори (комутатори). Масштабні перетворювачі. Пристрої вибірки- зберігання. Аналогові фільтри вимірювальних сигналів. Джерела опорної напруги Автоматичний вибір діапазону вимірювання.	2	4	7	1	Ситуаці йне завдання
12. Цифрові прилади вимірювання електричних величин. Структурні схеми приладів вимірювання струму, напруги. Вимірювання опору. Вимірювання потужності. Вимірювання частоти та інтервалів часу електричного сигналу.	2	4	7	1	Ситуаці йне завдання
13. Цифрові прилади вимірювання неелектричних величин.	2		7		Ситуаці йне

Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема засобу вимірювання. Особливості первинних вимірювальних перетворювачів. вимірювальні канали температури, механічних величин, тиску і рівня.					завдання
14. Повірка та калібрування вимірювальних приладів. Поняття повірки та калібрування. Законодавча база. Загальні методи повірки та калібрування ЗВТ. Міжповірочні інтервали, їх призначення та коригування. Калібрування вимірювальних каналів. Повірка вимірювальних приладів. Оформлення результатів повірки та калібрування ЗВТ.	2	4	7	1	Ситуаційне завдання
Разом	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>91</b>	<b>3</b>	

### 5. Структура залікового кредиту ЗФН

Тематика	Кількість годин				
	Лекції	Лаб.	Самост. робота	Інд. робота	Контр. заходи
<b>Змістовий модуль 1. Загальні положення. Аналогові вимірювальні прилади</b>					
1. Вимірювальні прилади. Основні положення. Визначення. Основне рівняння вимірювання. Класифікація вимірювань. Властивості засобів вимірювань.	0,5		6		Поточне опитування
2. Аналогові вимірювальні механізми Узагальнена структурна схема вимірювального механізму. Види аналогових вимірювальних механізмів.	0,5		6		Поточне опитування
3. Вимірювання струмів і напруг. Схеми використання амперметрів та вольтметрів. Розширення діапазону вимірювання струму – шунт. Розширення діапазону вимірювання напруги – додатковий опір.	0,5	2	6		Ситуаційне завдання
4. Мостові вимірювальні прилади постійного струму. Міст Уїтстона. Загальна теорія мостових схем. Одинарний (чотириплечий) міст постійного струму. Подвійний (шестиплечий) міст постійного струму. Автоматичний міст постійного струму.	0,5		6		Ситуаційне завдання
5. Мостові вимірювальні прилади змінного струму. Мости для вимірювання ємності. Мости для вимірювання параметрів котушок індуктивності.	0,5		6		Ситуаційне завдання
6. Компенсаційні засоби вимірювання Компенсатори постійного струму. Дві схеми компенсації напруги. Компенсатор постійного	0,5		6		Ситуаційне завдання

струму. Компенсатори змінного струму.					
<b>Змістовий модуль 2. Цифрові вимірювальні прилади</b>					
7. Цифрові вимірювальні прилади – основні поняття та визначення. Основні визначення. Класифікація цифрових вимірювальних приладів. Поняття вимірювального каналу та його складових.	0,5		8		Ситуаційне завдання
8. Квантування та дискретизація. Похибки квантування та дискретизації. Поняття дискретизації та вибір частоти дискретизації. Поняття квантування та вибір розрядності вимірюваного сигналу.	0,5		10		Поточне опитування
9. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). <i>Основні параметри АЦП.</i> Паралельні АЦП. АЦП порозрядного зрівноваження. Завадостійкі інтегруючі АЦП. Перетворювачі напруга – частота. Сігма-дельта АЦП.	0,5	2	10		Ситуаційне завдання
10. Цифро-аналогові перетворювачі. Загальні відомості. Послідовні ЦАП. Паралельні ЦАП. Застосування ЦАП. Параметри ЦАП.	0,5	2	10		Ситуаційне завдання
11. Компоненти вимірювального каналу. Аналогові мультиплектори (комутатори). Масштабні перетворювачі. Пристрої вибірки-зберігання. Аналогові фільтри вимірювальних сигналів. Джерела опорної напруги Автоматичний вибір діапазону вимірювання.	0,5	2	10	1	Ситуаційне завдання
12. Цифрові прилади вимірювання електричних величин. Структурні схеми приладів вимірювання струму, напруги. Вимірювання опору. Вимірювання потужності. Вимірювання частоти та інтервалів часу електричного сигналу.	0,5		10	1	Ситуаційне завдання
13. Цифрові прилади вимірювання неелектричних величин. Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема засобу вимірювання. Особливості первинних вимірювальних перетворювачів. вимірювальні канали температури, механічних величин, тиску і рівня.	1		10		Ситуаційне завдання
14. Повірка та калібрування вимірювальних приладів. Поняття повірки та калібрування. Законодавча база. Загальні методи повірки та калібрування ЗВТ. Міжповірочні інтервали, їх призначення та коригування. Калібрування вимірювальних каналів.	1		10	1	Ситуаційне завдання



Повірка вимірювальних приладів. Оформлення результатів повірки та калібрування ЗВТ.					
Разом	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>138</b>		

## 5. Тематика лабораторних робіт.

1. Розширення діапазону вимірювань амперметра за допомогою шунтів.
2. Розширення діапазону вимірювань вольтметра за допомогою додаткового опору.
3. Розробка та дослідження підсилювача вхідного сигналу.
4. Дослідження аналогових мультиплексорів.
5. Побудова та дослідження аналогових фільтрів.
6. Побудова та дослідження АЦП.
7. Побудова та дослідження ЦАП на матриці R-2R.

## 6. Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни “Вимірювальні прилади”

Виконання розрахунково-графічної роботи, відповідно до завдання, наведеного нижче.

Тема: “Розробка пристрою збору і перетворення інформації”.

Початкові дані:

- кількість датчиків (одноканальний, багатоканальний);
- тип перетворення АЦП;
- тип ЦАП;
- діапазон зміни напруги на виході датчика, В;
- похибка аналого-цифрового перетворення сигналу (квантування), %;

Склад вимірювального пристрою:

- датчик величини, що вимірюється, з аналоговим (цифровим) виходом;
- блоки перетворення і комутації вхідного сигналу;
- АЦП;
- Кодперетворювач (за потреби);
- пристрій керування і синхронізації.

## 7. Самостійна робота

№ п/п	Тематика	К-сть годин
1	ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ. Електромагнітний вимірювальний перетворювач. Електромагнітні амперметри і вольтметри. Електродинамічний вимірювальний перетворювач. Амперметри, вольтметри і ватметри електродинамічної системи.	12
2	ЕЛЕКТРОННІ АНАЛОГОВІ ПРИЛАДИ. Електронні вольтметри постійних напруг. Електронні вольтметри змінних напруг. Амплітудний (піковий) вольтметр. Вольтметр середніх та середньоквадратичних значень. Електронні частотоміри. Суть методу заряду і розряду конденсатора. Електронний конденсаторний частотомір. Електронні фазометри.	16
3	ЕЛЕКТРОННИЙ ОСЦИЛОГРАФ. Світлопроменевий та цифровий осцилограф. Принципи функціонування.	10
4	АНАЛОГО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ. Паралельні та послідовні АЦП. Інтегруючі АЦП. Сіigma-дельта АЦП. Основні параметри, які впливають на їх вибір для створення вимірювальних пристроїв та	15

	систем.	
5	ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНИХ ВЕЛИЧИН. Вимірювальні перетворювачі. Вимірювання характеристик постійних магнітних полів. Вимірювання різниці магнітних потенціалів. Вимірювання характеристик постійних магнітних полів веберметром.	10
6	ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН. Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема. Параметричні вимірювальні перетворювачі (параметричні, резистивні, генераторні та інші).	12
7	МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ. Функції, що виконуються мікропроцесорами у вимірювальних системах. Методи покращення метрологічних характеристик. Процесорні похибки вимірювань. Мікропроцесорній вимірювачі фізичних величин.	12
	Тренінг	4
<b>Разом:</b>		<b>91</b>

### Організація і проведення тренінгу

Тематика: Методика калібрування цифрового вимірювального пристрою.

Порядок проведення:

1. Вступна частина: ознайомлення студентів з темою тренінгового заняття і видача завдання.
2. Практична частина: виконання завдань студентами згідно з індивідуальним завданням; оформлення короткого звіту.
3. Підведення підсумків: обговорення результатів виконаних завдань.

### 8. Методи навчання

У навчальному процесі використовуються: лекції, практичні та індивідуальні заняття, групова робота, реферування, а також методи опитування, тестування, ділові ігри тощо.

### 9. Методи оцінювання

У процесі вивчення дисципліни “Методи та засоби вимірювань” використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

- поточне тестування та опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання виконання КПЗ;
- ректорська контрольна робота;
- інше.

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни “ Методи та засоби вимірюван” визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту\*:

Семестр: 3 - залік

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2 (ректорська контрольна робота)
20 %	20 %
тиждень 8	тиждень 15
1. Усне опитування на заняттях – мах 20 балів. 2. Письмова робота – мах 40 балів. 3. Захист лабораторних робіт – мах 40 балів.	1. Усне опитування на заняттях – мах 20 балів. 2. Письмова робота – мах 40 балів. 3. Захист лабораторних робіт – мах 40 балів.

Семестр: 4 - іспит

Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КПІЗ)	Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен)
20 %	40 %
тиждень 8	за окремим розкладом
1. Ректорська КР – тах 30 балів. 2. Захист КПІЗ – тах 30 балів. 3. Участь у тренінгах – тах 20 балів Захист лабораторних робіт – 20 балів	1. Теоретичні питання: 3 питання по 20 балів - тах 60 балів. 2. Практичне завдання - тах 40 балів.

#### 10. Шкала оцінювання:

За шкалою ТНЕУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

#### 11. Перелік наочних матеріалів та методичних вказівок

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проектор та проекційний екран	1 -13
2	Персональні комп'ютери	1 -13
3	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1 -13
4	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1 -13
5	Наявність доступу до мережі Інтернет	1 -13
6	Електронний варіант конспекту лекцій	1 -13
7	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (електронний варіант)	1 - 13

#### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Richard S. Figliola, Donald E. Beasley Theory and Design for Mechanical Measurements - John Wiley & Sons, Inc. – 2011. p605.
2. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник. –Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252с.
3. Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В.П.Бабак, С.В.Бабак, В.С.Еременко и др.; под ред. чл.-кор. НАН Украины В.П.Бабака. – КК., 2014. – 832с.
4. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 538 с.
5. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник. /За ред. Є.С.Поліщука. — Львів.: Видавництво «Бескид Біт», 2003. — 544 с.

6. М.Дорожовець, В.Мотало, Б.Стадник та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2-х т. Т.1. Основи метрології. — Львів.: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2005. — 532 с.
7. Richard S. Figliola, Donald E. Beasley. Theory and Design for Mechanical Measurements. - John Wiley & Sons, 2020 p. - 592 стор.
8. М.Дорожовець, В.Мотало, Б.Стадник та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2-х т. Т.2. Вимірювальна техніка. — Львів.: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2005. — 632 с.
9. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Стадник Б.І. та ін. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник. /За ред. Є.С.Поліщука. — Львів.: Видавництво «Бескид Біт», 2008. — 618 с.
10. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП\ЦАП. — Москва: Техносфера, 2006 — 392 с.
11. Орнатский П.П. Автоматические цифровые измерительные приборы. — К.: Вища школа, 1985. — 560 с.
12. R. Bartiromo, M. Vincenzi. Electrical Measurements in the Laboratory Practice. – Springer. - 2016. – 301p.
13. Глухов О.В., Кравчук О.О., Левченко Є.В. Вивчення властивостей мікроконтролерів і електронних систем на базі платформи Ардуіно: навч. посібник для студентів ВНЗ. Харків: ХНУРЕ, 2019. – 192 с.

