

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

“АНАЛІЗ ПОХИБОК ТА ДІАГНОСТИКА ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ”

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 15 «Автоматика та приладобудування» спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», затвердженої на засіданні Вченою радою ЗУНУ
протокол № 9 від 15.06.2022 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

Гарант ОП к.т.н., доцент _____ Богдан МАСЛИЯК

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем”

1. Опис дисципліни “Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем”

Дисципліна “Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем”	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	Галузь знань – 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: 4.
Кількість змістових модулів – 4	Освітній ступінь – бакалавр	Лекції: 42 год. Лабораторні заняття: 28 год.
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: 76 год., у т.ч. тренінг – 4 год. Індивідуальна робота: 4 год.
Тижневих годин – 10, з них аудиторних – 5		Вид підсумкового контролю – екзамен

2. Мета і завдання дисципліни “ Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем ”

2.1. Мета вивчення дисципліни.

Метою дисципліни “ Аналіз похибок та діагностика комп’ютерних інформаційно-вимірювальних систем (КІВС)” є розвиток спеціальних компетентностей майбутніх бакалаврів в галузі проектування та застосування комп’ютерних засобів інформаційно-вимірювальної техніки, вивчення сучасних методів оцінювання невизначеності результату вимірювання, а також основних методів діагностування для того, щоб показати зв’язок між точністю на надійністю вимірювань та якістю продукції, що виробляється.

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

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

К13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності у відповідності з моделями вимірювання.

Результати навчання

ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів.

2.4. Завдання вивчення дисципліни:

Завдання дисципліни полягає у набутті студентами знань, умінь і здатностей (компетенцій) щодо оцінки невизначеності та діагностики комп’ютерних інформаційно-вимірювальних систем.

2.5. Завдання лекційних занять.

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

–задач, які вирішуються за допомогою вимірювальної техніки;

- особливості та види основних похибок вимірювань;
- основні методи оцінювання систематичних похибок;
- основні методи оцінювання випадкових похибок;
- основні методи діагностування апаратного забезпечення КІВС.
- основні методи діагностування програмного забезпечення КІВС.

2.6. Завдання лабораторних занять.

В результаті виконання лабораторних робіт, студент повинен продемонструвати вміння:

- формувати цілі проектування та складати відповідне технічне завдання;
- формалізувати алгоритм аналізу похибок засобу вимірювання та його вузлів;
- оцінювати похибки методу вимірювання;
- проводити аналіз систематичних та випадкових похибок апаратного забезпечення вимірювальних систем;
- моделювати роботу вимірювальних вузлів в середовищі програмних пакетів САПР;
- здійснювати діагностування апаратного та програмного забезпечення КІВС.
- виготовляти відповідну графічну та текстову документацію.

3. Зміст дисципліни “Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем”

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи

Тема 1. Загальні питання теорії похибок

Вимірювання як процес. Планування та організація вимірювань. Умови проведення вимірювань. Параметри засобів вимірювань. Причини появи похибок.

Література: 1-16.

Тема 2. Похибки вимірювань

Показники точності вимірювань. Концепція невизначеності вимірювань. Поняття похибки вимірювального приладу і похибки вимірювання випадкової величини. Класифікація похибок вимірювань (систематичні, випадкові, динамічні, методичні). Основні способи підвищення точності вимірювань.

Література: 1-16.

Тема 3. Систематичні похибки

Поняття систематичної похибки. Класифікація систематичних похибок. Способи виявлення систематичної похибки. Способи вилучення систематичних похибок.

Література: 1-16.

Тема 4. Статистичний аналіз випадкових похибок

Випадкові і систематичні помилки. Функції розподілу випадкової величин. Основні характеристики сукупності випадкових похибок. Середнє і стандартне відхилення. Гістограми і розподіли.

Література: 1-16.

Змістовий модуль 2. Аналіз випадкових похибок

Тема 5. Закони розподілу випадкових похибок та особливості їх застосування

Нормальний закон розподілу (Гауса). Розподіл Коші. Розподіл Лапласа. Рівномірний закон розподілу. Трапецеїдальний закон розподілу. Розподіл Сімпсона (трикутний закон розподілу). Розподіл Стюдента. χ^2 – розподіл. Композиція законів розподілу. Прوماхи, відкидання даних. Критерій Шовене.

Література: 1-16.

Тема 6. Методи ідентифікації форми закону розподілу експериментальних даних

Література: 1-16.

Тема 7. Методи розрахунку сумарної похибки

Література: 1-16.

Тема 8. Основні етапи опрацювання результатів вимірювань

Література: 1-16.

Змістовий модуль 3. Аналіз сумарних похибок вимірювань

Тема 9. Опрацювання результатів прямих вимірювань

Література: 1-16.

Тема 10. Підсумовування систематичних та випадкових похибок при сумісних вимірюваннях

Література: 1-16.

Тема 11. Опрацювання результатів непрямих (опосередкованих) вимірювань

Література: 1-16.

Тема 12. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань
Література: 1-16.

Тема 13. Оцінка результатів сукупних вимірювань
Література: 1-16.

Тема 14. Правила округлення та форми представлення результатів вимірювання
Література: 1-16.

Змістовий модуль 4. Діагностика КІВС

Тема 15. Діагностика засобів вимірювальних систем
Основні поняття та задачі діагностики Види та методи діагностування. Фізичні методи діагностування.
Література: 1-16.

Тема 16. Апаратне забезпечення методів діагностування вимірювальних систем.
Особливості діагностики первинного перетворювача. Особливості діагностування аналогових вузлів (комутатор, підсилювач), особливості діагностування АЦП та ЦАП.
Література: 1-16.

Тема 17. Тестове діагностування
Тестування логічних елементів. Методи побудови тестів для комбінованих схем. Діагностування дискретних пристроїв із пам'яттю. Тестування схем управління та мікропроцесорних систем.
Література: 1-16.

Тема 18. Тестування програм.
Поняття тестуючого програмного забезпечення. Класифікація тестуючих програм. Основні етапи тестування. Принципи тестування.
Література: 1-16.

4. Структура залікового кредиту ДФН

Тематика	Кількість годин				
	Лекції	Лаб.	Самост. робота	Інд. робота	Контр. заходи
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи					
Тема 1. Загальні питання теорії похибок Вимірювання як процес. Планування та організація вимірювань. Умови проведення вимірювань. Параметри засобів вимірювань. Причини появи похибок.	2		4		Поточне опитування
Тема 2. Похибки вимірювань Показники точності вимірювань. Концепція невизначеності вимірювань. Поняття похибки вимірювального приладу і похибки вимірювання випадкової величини. Класифікація похибок вимірювань (систематичні, випадкові, динамічні, методичні). Основні способи підвищення точності вимірювань.	2	4	4		Ситуаційне завдання
Тема 3. Систематичні похибки Поняття систематичної похибки. Класифікація систематичних похибок. Способи виявлення систематичної похибки. Способи вилучення систематичних похибок.	2		4	1	Ситуаційне завдання
Тема 4. Статистичний аналіз випадкових похибок Випадкові і систематичні помилки. Функції розподілу випадкової величин. Основні характеристики сукупності випадкових похибок. Середнє і стандартне відхилення. Гістограми і розподіли.	4	4	4		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 2. Аналіз випадкових похибок					
Тема 5. Закони розподілу випадкових похибок та особливості їх застосування	4		6		Ситуаційне завдання
Тема 6. Методи ідентифікації форми закону розподілу експериментальних даних	4	4	6	1	Ситуаційне завдання
Лекція 7. Методи розрахунку сумарної похибки	2		4		Ситуаційне завдання
Тема 8. Основні етапи опрацювання результатів вимірювань	2		4		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 3. Аналіз сумарних похибок вимірювань					
Тема 9. Опрацювання результатів прямих вимірювань	2	4	4		Ситуаційне завдання
Тема 10. Підсумовування систематичних та випадкових похибок при сумісних вимірюваннях	2		4	1	Ситуаційне завдання
Тема 11. Опрацювання результатів непрямих (опосередкованих) вимірювань	2	4	4		Ситуаційне завдання
Тема 12. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	2	4	4		Ситуаційне завдання
Тема 13. Оцінка результатів сукупних вимірювань					Ситуаційне завдання

Тема 14. Правила округлення та форми представлення результатів вимірювання	2	4	4		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 4. Діагностика КІВС					
Тема 15. Діагностика засобів вимірювальних систем Основні поняття та задачі діагностики Види та методи діагностування. Фізичні методи діагностування.	2		4	1	Ситуаційне завдання
Тема 16. Апаратне забезпечення методів діагностування вимірювальних систем. Особливості діагностики первинного перетворювача. Особливості діагностування аналогових вузлів (комутатор, підсилювач), особливості діагностування АЦП та ЦАП.	2		4		Ситуаційне завдання
Тема 17. Тестове діагностування Тестування логічних елементів. Методи побудови тестів для комбінованих схем. Діагностування дискретних пристроїв із пам'яттю. Тестування схем управління та мікропроцесорних систем.	2		4		Ситуаційне завдання
Тема 18. Тестування програм. Поняття тестуючого програмного забезпечення. Класифікація тестуючих програм. Основні етапи тестування. Принципи тестування.	2		8		Ситуаційне завдання
Разом	42	28	76	4	

5. Структура залікового кредиту ЗФН

Тематика	Кількість годин				
	Лекції	Лаб.	Самост. робота	Інд. робота	Контр. заходи
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи					
Тема 1. Похибки вимірювань Показники точності вимірювань. Концепція невизначеності вимірювань. Поняття похибки вимірювального приладу і похибки вимірювання випадкової величини. Класифікація похибок вимірювань (систематичні, випадкові, динамічні, методичні). Основні способи підвищення точності вимірювань.	0,5		8		Ситуаційне завдання
Тема 2. Систематичні похибки Поняття систематичної похибки. Класифікація систематичних похибок. Способи виявлення систематичної похибки. Способи вилучення систематичних похибок.	0,5		8	1	Ситуаційне завдання
Тема 3. Статистичний аналіз випадкових похибок Випадкові і систематичні помилки. Функції розподілу випадкової величин. Основні характеристики сукупності випадкових похибок. Середнє і стандартне відхилення. Гістограми і розподіли.	0,5	2	12		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 2. Аналіз випадкових похибок					
Тема 4. Закони розподілу випадкових похибок та	0,5		12		Ситуаційне завдання

особливості їх застосування					йне завдання
Лекція 5. Методи розрахунку сумарної похибки	0,5		10		Ситуаційне завдання
Тема 6. Основні етапи опрацювання результатів вимірювань	0,5		8		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 3. Аналіз сумарних похибок вимірювань					
Тема 7. Опрацювання результатів прямих вимірювань	0,5	2	8		Ситуаційне завдання
Тема 8. Підсумовування систематичних та випадкових похибок при сумісних вимірюваннях	0,5		8	1	Ситуаційне завдання
Тема 9. Опрацювання результатів непрямих (опосередкованих) вимірювань	0,5		8		Ситуаційне завдання
Тема 10. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань	0,5		8		Ситуаційне завдання
Тема 11. Оцінка результатів сукупних вимірювань					
Тема 12. Правила округлення та форми представлення результатів вимірювання	0,5		8		Ситуаційне завдання
Змістовий модуль 4. Діагностика КІВС					
Тема 13. Діагностика засобів вимірювальних систем Основні поняття та задачі діагностики Види та методи діагностування. Фізичні методи діагностування.	0,5		8	1	Ситуаційне завдання
Тема 14. Апаратне забезпечення методів діагностування вимірювальних систем. Особливості діагностики первинного перетворювача. Особливості діагностування аналогових вузлів (комутатор, підсилювач), особливості діагностування АЦП та ЦАП.	0,5		8		Ситуаційне завдання
Тема 15. Тестове діагностування Тестування логічних елементів. Методи побудови тестів для комбінованих схем. Діагностування дискретних пристроїв із пам'яттю. Тестування схем управління та мікропроцесорних систем.	0,5		8		Ситуаційне завдання
Тема 16. Тестування програм. Поняття тестуючого програмного забезпечення. Класифікація тестуючих програм. Основні етапи тестування. Принципи тестування.	0,5		8		Ситуаційне завдання
Разом	8	4	138		

5. Тематика лабораторних робіт.

Лабораторна робота №1

Тема: Побудова залежності абсолютної та відносної систематичної інструментальної похибки від виміру по діапазону.

Мета: Вивчення особливостей абсолютних та відносних похибок.

Питання для обговорення:

1. Причини виникнення інструментальних похибок.
2. Види похибок.
3. Вплив абсолютної та відносної похибок від виміру по діапазону.

Література: 1-16.

Лабораторна робота №2

Тема: Порівняння оцінок систематичних інструментальних похибок, заданих одночленною та двочленною формулами.

Мета: Підвищення точності вимірювань

Питання для обговорення:

1. Особливості одночленної похибки.
2. Особливості двочленної похибки
3. Методи коригування похибок.

Література: 1-16.

Лабораторна робота №3

Тема: Побудова наскрізної функції перетворення каналу вимірювання.

Мета: Дослідження структури та принципів оцінювання похибок вимірювальних каналів.

Питання для обговорення:

1. Основні структури вимірювальних підсилювачів.
2. Принципів функціонування та параметри вимірювальних підсилювачів.

Література: 1-16.

Лабораторна робота №4

Тема: Складання методики часткового діагностування вимірювального каналу у процесі його експлуатації.

Мета: Дослідження структури та принципів діагностування вимірювальних каналів.

Питання для обговорення:

1. Основні структури каналів вимірювання електричних величин.
2. Принципи діагностування та вимоги до параметрів вимірювальних каналів.

Література: 1-16.

Лабораторна робота №5

Тема: Складання методики повного діагностування каналу вимірювання напруги у процесі його експлуатації..

Мета: Дослідження структури та принципів функціонування та діагностування вимірювачів напруги.

Питання для обговорення:

1. Основні структури каналів вимірювання електричних величин.
2. Принципи діагностування каналів вимірювання електричних величин.

Література: 1-16.

Лабораторна робота №6

Тема: Складання методики часткового діагностування стану електродів термоелектричного перетворювача.

Мета: Дослідження методів часткового діагностування стану електродів термоелектричного

перетворювача.

Питання для обговорення:

1. Генераторні сенсори та можливості часткового їх діагностування.
2. Література: 1-16.

Лабораторна робота №7

Тема: Складання методики повного діагностування каналу вимірювання температури (термістор-частота)

Мета: Дослідження методів повного діагностування каналів вимірювання неелектричних величин

Питання для обговорення:

1. Основні структури перетворювача температура частота.
 2. Методи діагностування.
 3. Принципи функціонування та вимоги до параметрів.
- Література: 1-16.

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни “Аналіз похибок та діагностика інформаційно-вимірювальних систем”

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;
- Кодоперетворювач (за потреби);
- пристрій керування і синхронізації.

7. Самостійна робота

№ п/п	Тематика	К-сть годин
1	Вимірювання фізичних величин	10
2	Похибки вимірювань	10
3	Основні динамічні метрологічні характеристики	10
4	Основні статичні метрологічні характеристики	10
5	Метрологічна атестація і перевірка Засобів вимірювальної техніки	10
6	Основи контролю вимірювальної інформації	10
7	Теорії та задачі технічної діагностики	12
	Тренінг	4
Разом:		80

Організація і проведення тренінгу

Тематика: Методика калібрування та оцінки невизначеності результату вимірювань 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 “Аналіз похибок та діагностування КІВС” використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

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

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни “ Аналіз похибок та діагностування КІВС ” 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 КППЗ)	Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен)
20 %	40 %
тиждень 8	за окремим розкладом
1. Ректорська КР– мах 30 балів. 2. Захист КППЗ – мах 30 балів. 3. Участь у тренінгах – мах 20 балів Захист лабораторних робіт – 20 балів	1. Теоретичні питання: 3 питання по 20 балів - мах 60 балів. 2. Практичне завдання - мах 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 проєкційний 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. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення.
2. ДСТУ 3400-96 Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляду результатів
3. ДСТУ 2708-94 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення.
4. Державний стандарт України: ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.-К.: Держстандарт України, 1994.- 92 с.
5. 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. – К., 2014. – 832с.
6. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 538 с.
7. 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.
8. 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.
9. Richard S. Figliola, Donald E. Beasley. Theory and Design for Mechanical Measurements. - John Wiley & Sons, 2020 p. - 592 стор.
10. 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.
11. 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.
12. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП/ЦАП. — Москва: Техносфера, 2006 — 392 с.
13. Орнатский П.П. Автоматические цифровые измерительные приборы. — К.: Вища школа, 1985. — 560 с.
14. R. Bartiromo, M. Vincenzi. Electrical Measurements in the Laboratory Practice. – Springer. - 2016. – 301p.