

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
комп'ютерно-інтегрованих
технологій, мехатроніки і
робототехніки

31 серпня 2023 р., протокол № 7
Голова Вченої ради


Олексій ГРОМОВИЙ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ»



для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»
освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-
вимірювальні системи»

факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки

кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Схвалено на засіданні кафедри
метрології та інформаційно-
вимірювальної техніки
28 серпня 2023р., протокол № 9

Завідувач кафедри

 Юрій ПОДЧАШИНСЬКИЙ
Гарант ОПП
 Юрій ПОДЧАШИНСЬКИЙ

Розробники: к.т.н., доцент, доцент кафедри метрології та інформаційно-
вимірювальної техніки ЧЕПЮК Ларіна; старший викладач кафедри
метрології та інформаційно-вимірювальної техніки ОМЕЛЬЧУК Ігор

Житомир
2023 – 2024 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 5	Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»	<i>Нормативна</i>	
Модулів – 1	Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Загальна кількість годин – 150		Семестр	
		1-й	1-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 год. самостійної роботи студента – 5,25	Освітній ступінь «магістр»	Лекції	
		16 год.	6 год.
		Практичні	
		16 год.	2 год.
		Лабораторні	
		32 год.	8 год.
		Самостійна робота	
86 год.	134 год.		
Вид контролю: екзамен.			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 43 % аудиторних занять, 57 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання - 11 % аудиторних занять, 89 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем» є

- ознайомлення студентів з особливостями побудови комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем і перспективами їх розвитку;

- розробляти методичні і нормативні документи в галузі метрології і метрологічної діяльності, що стосуються випробувань, калібрування, перевірки і перевірки відповідності точності та прецизійності інформаційно-вимірювальних систем, стабільності їх метрологічних характеристик.

Завданнями вивчення дисципліни є:

- освоїти методи оцінювання характеристик точності вимірюваного каналу

- освоїти методи нормування характеристик ВК

- освоїти методи оцінювання невизначеності результатів вимірювання

- освоїти методи оцінювання характеристик референтних матеріалів

- освоїти методи нормування показників точності вимірювань

- освоїти методи валідації та верифікації методик проведення вимірювань/випробувань

- освоїти методи, які використовуються для забезпечення стабільності метрологічних характеристик ВК

- освоїти методи, які використовуються для забезпечення достовірності результатів вимірювань.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»:

K01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

K11. Здатність обирати та застосовувати придатні математичні методи, комп'ютерні технології, а також підходи до стандартизації та сертифікації для вирішення завдань в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

K16. Здатність застосовувати розуміння метрології як науки про вимірювання при роботі з технічною літературою та іншими джерелами інформації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 4

К19. Здатність розробляти програмне, апаратне та метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

К21. Здатність враховувати вимоги до метрологічної діяльності в сфері технічного регулювання, зумовлені необхідністю забезпечення сталого розвитку.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»:

ПР02. Знати і розуміти основні поняття теорії вимірювань, застосовувати на практиці та при комп'ютерному моделюванні об'єктів та явищ.

ПР05. Вміти формулювати та вирішувати завдання у галузі метрології, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПР06. Вміти розробляти нормативно-технічні документи та стандарти метрологічної спрямованості на інженерні продукти, процеси і системи.

ПР07. Вміти проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.

ПР10. Аналізувати та оцінювати вплив інформаційно-вимірювальної техніки та метрологічної діяльності на навколишнє середовище та безпеку життєдіяльності людини.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем

Тема 1. Особливості метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем (ІВС). Загальні відомості про інформаційні вимірювальні системи. Принципи побудови ІВС. Призначення та особливості метрологічного забезпечення ІВС. Структура та класифікація ІВС. Задачі та зміст робіт із метрологічного забезпеченню ІВС. Застосування теорії вимірювань. Робота з технічною літературою та іншими джерелами інформації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 5

Тема 2. Експериментально-розрахункові методи оцінювання характеристик точності вимірюваного каналу (ВК). Експериментальне дослідження характеристик похибки ВК. Визначення характеристик точності в точці діапазону вимірювання.

Тема 3. Нормування характеристик похибки ВК в діапазоні вимірювань. Дослідження нелінійності характеристики вимірювального каналу мінімаксним методом. Дослідження нелінійності характеристики вимірювального каналу методом граничних значень.

Тема 4. Концепція невизначеності результатів вимірювання. Види невизначеності. Характеристика модельного підходу Опрацювання результатів прямих вимірювань Опрацювання результату вимірювання, обчисленого за модельним рівнянням.

Змістовий модуль 2.

Методи визначення метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем

Тема 5. Оцінювання характеристик референтних матеріалів. Застосування дисперсійного аналізу при оцінюванні референтних матеріалів. Оцінювання однорідності; оцінювання стабільності та управління ризиками, пов'язаними з можливими питаннями стабільності, пов'язаними з властивостями, що представляють інтерес. Характеризування та присвоєння значення властивостей референтного матеріалу Оцінювання невизначеності для сертифікованих значень. Встановлення метрологічної простежуваності сертифікованих значень властивостей. Розробка нормативно-технічних документів та стандартів метрологічної спрямованості.

Тема 6. Нормування показників точності вимірювань. Простежуваність, сумісність, та співставлення результатів вимірювань. Калібрування та повірка. Градууювальна характеристика ВК та невизначеність вимірювання. Статистичні показники точності. Правильність та прецизійність результатів вимірювання.

Тема 7. Валідація та верифікація методик проведення вимірювань/випробувань. Основні показники. Повірка та калібрування. Валідаційні характеристики та характеристики точності.

Тема 8. Забезпечення стабільності метрологічних характеристик ВК. Застосування статистичних підходів при оцінюванні стабільності характеристик. Контрольні карти. Використання карти розмахів для контролю

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 6

умов повторюваності.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	лекції	практичні	лабораторні	самостійна робота	усього	лекції	практичні	лабораторні	самостійна робота
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем										
Тема 1. Особливості метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем (ІВС)	15	2	2	4	7	15	1	-	-	14
Тема 2. Експериментально-розрахункові методи оцінювання характеристик точності вимірюваного каналу	20	2	2	4	12	20	1	-	2	17
Тема 3. Нормування характеристик похибки ВК в діапазоні вимірювань:	20	2	2	4	12	20	-	1	-	19
Тема 4. Концепція невизначеності результатів вимірювання	20	2	2	4	12	20	1	-	2	17
<i>Разом за змістовий модуль 1</i>	75	8	8	16	43	75	3	1	4	67
Змістовий модуль 2. Методи визначення метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем										
Тема 5. Оцінювання характеристик референтних матеріалів.	15	2	2	4	7	15	1	-	-	14
Тема 6. Нормування показників точності вимірювань	20	2	2	4	12	20	1	-	2	17
Тема 7. Валідація та верифікація методик проведення вимірювань/випробувань	20	2	2	4	12	20	-	1	-	19
Тема 8. Забезпечення стабільності метрологічних характеристик ВК	20	2	2	4	12	20	1	-	2	17
<i>Разом за змістовий модуль 2</i>	75	8	8	16	43	75	3	1	4	67
ВСЬОГО	150	16	16	32	86	150	6	2	8	134

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 7

5. Теми практичних та лабораторних занять

№ з/п	Назва теми практичних занять	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Оцінювання точності вимірювальних каналів. Дисперсії сигналу та систематичної похибки.	2	-
2	Оцінювання порогу чутливості вимірювальних каналів.	2	-
3	Оцінювання характеристик крутизни перетворювачів.	2	1
4	Оцінювання показників лінійності вимірювальних характеристик перетворювачів.	2	-
5	Оцінювання невизначеності вимірювання систем.	2	-
6	Використання F критерію для оцінювання збіжності результатів вимірювання.	2	-
7	Використання критерію правильності для оцінювання відтворюваності результатів.	2	1
8	Побудова трендів для прогнозування часу збереження метрологічної справності.	2	-
РАЗОМ		16	2

№ з/п	Назва теми лабораторних занять	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Оцінювання точності вимірювальних каналів. Дисперсії сигналу та систематичної похибки.	4	-
2	Оцінювання порогу чутливості вимірювальних каналів.	4	2
3	Оцінювання характеристик крутизни перетворювачів.	4	-
4	Оцінювання показників лінійності вимірювальних характеристик перетворювачів.	4	2
5	Оцінювання невизначеності вимірювання систем.	4	-
6	Використання F критерію для оцінювання збіжності результатів вимірювання.	4	2
7	Використання критерію правильності для оцінювання відтворюваності результатів.	4	-
8	Побудова трендів для прогнозування часу збереження метрологічної справності.	4	2
РАЗОМ		32	8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 8

6. Завдання для самостійної роботи

1. Загальні відомості про інформаційні вимірювальні системи
2. Вимірювальні перетворювачі. Статичні характеристики вимірювальних перетворювачів.
3. Принципи узгодження вимірювальних перетворювачів та вторинних приладів.
4. Принципи узгодження вимірювальних перетворювачів та систем передачі даних.
5. Протоколи передачі вимірювальної інформації.
6. Похибки оцифрування вимірювальної інформації.
7. Принципи розробки та реалізації систем цифрової обробки сигналів.
8. Експериментальне дослідження характеристик похибки ВК.
9. Визначення характеристик точності в точці діапазону вимірювання.
10. Калібрування перетворювачів.
11. Нормування характеристик похибки ВК в діапазоні вимірювань.
12. Випробування для нормування метрологічних характеристик.
13. Дослідження нелінійності характеристики вимірювального каналу.
14. Види невизначеності.
15. Обрахування невизначеності за типом А.
16. Складові невизначеності за типом В, їх оцінювання.
17. Характеристика модельного підходу при обрахуванні похибок.
18. Опрацювання результатів прямих вимірювань.
19. Опрацювання результату вимірювання, обчисленого за модельним рівнянням.
20. Бюджет невизначеності.
21. Оцінювання характеристик референтних матеріалів. Оцінювання невизначеності для сертифікованих значень
22. Оцінювання характеристик референтних матеріалів встановлення метрологічної простежуваності сертифікованих значень властивостей
23. Нормування показників точності вимірювань. Випробування.
24. Калібрувальна характеристика Статистичні показники точності.
25. Правильність та прецизійність результатів вимірювання. Простежуваність.
26. Валідація та верифікація методик проведення вимірювань/випробувань.
27. Застосування статистичних підходів при оцінюванні стабільності вимірювань.
28. Забезпечення достовірності вимірювань.
29. Калібрування ВК, перетворювачів та вторинних вимірювальних приладів.
30. Повірка ВК, перетворювачів та вторинних вимірювальних приладів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 9

31. Нормативна база, яка використовується при повірці.
32. Нормативна база, яка використовується при калібруванні.
33. Нормативна база, яка використовується при випробуванні.
34. Простежуваність одиниці фізичної величини. Способи забезпечення простежуваності.
35. Сумісність, та співставлення результатів вимірювань.

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні семестрові завдання виконуються у формі розрахункової роботи.

8. Методи навчання

На лекційних заняттях: розповідь, пояснення, демонстрація, бесіда, дискусія.
На лабораторних заняттях: пояснення, розв'язування ситуаційних задач, виконання індивідуального варіанту завдання. Самостійна робота студента: вивчення розділів основної і допоміжної літератури, реферати, повідомлення, науково-пошукові, дослідницькі проекти.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота, практична робота, вправи. За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний. За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

Методи навчання:

МН1 – вербальні (лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж);

МН2 – наочні (спостереження, ілюстрація, демонстрація);

МН3 – практичні (різні види вправ та завдань, виконання розрахунків, практики);

МН4 – пояснювально-ілюстративний (передбачає надання готової інформації викладачем та її засвоєння студентами);

МН5 – репродуктивний, в основу якого покладено виконання різного роду завдань за зразком;

МН6 – метод проблемного викладу;

МН7 – частково-пошуковий (евристичний);

МН9 – дискусійний метод;

МН10 – метод активного навчання (проведення ділових ігор, ігрового проектування);

МН11 – ситуаційний метод, рішення кейсових завдань.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 10

9. Методи контролю

Контрольні заходи включають поточний та підсумковий модульний контроль в тому числі у вигляді модульних контрольних робіт.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять для перевірки рівня підготовки студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю: усне опитування, вирішення ситуаційних задач, тестовий контроль, виконання лабораторної роботи. Оцінюється вхідний, проміжний, кінцевий рівень знань студента.

Методи контролю:

МО1 – оцінювання роботи під час аудиторних занять;

МО2 – виконання практичних завдань;

МО3 – поточне тестування;

МО4 – виконання аудиторної контрольної роботи;

МО5 – захист індивідуального завдання;

МО6 – екзамен.

10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота			
Змістовий модуль №1			
T1	T2	T3	T4
15	10	10	15

Поточне тестування та самостійна робота				Сума
Змістовий модуль №2				
T5	T6	T7	T8	100
10	10	15	15	

Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Бали
A	Відмінно	90-100
B	Добре	82-89
C		74-81
D	Задовільно	64-73
E		60-63
FX	Незадовільно	35-59
F		0-34

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 11

11. Рекомендована література

Основна література

1. Защепкіна Н. М., Шульга О. В., Наконечний О. А. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем : навч. посіб. для студ. спец. 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / Н. М. Защепкіна, О. В. Шульга, О. А. Наконечний – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 176 с. іл.
2. Непевність результатів вимірювань, контролю та випробувань : підручник/ О.М.Василевський, В.Ю. Кучерук, Є.Т. Володарський. - Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. - 352 с.
3. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Середюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. - Вінниця: Велес, 2001. - 219 с.
4. Володарський Є.Т., Кошева Л.О. Потоцький І.О. Методи калібрування засобів вимірювальної техніки в умовах експлуатації: монографія/ Вінниця, 2022. -160 с.
5. Васілевський, О. М. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник / О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с.

Допоміжна література

1. Циделко В.Д. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання / В.Д. Циделко, Н.А. Яремчук. – К.: ІВЦ Вид-во „Політехніка”, 2002. – 176 с.
2. Володарський Є.Т. Статистична обробка даних / Є.Т. Володарський, Кошева Л.О.: –К.: НАУ, 2008. – 308 с.
3. Васілевський О. М. Практикум з метрологічного нагляду за засобами вимірювання : [практикум] / Васілевський О. М., Поджаренко В. О. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 87 с.
4. Evaluation of measurement data – An introduction to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» and related documents : JCGM 104:2009. – Sevres : JCGM, 2009. – 20 p.
5. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement : JCGM 100:2008. – Sevres : JCGM, 2008. – 120 p.
6. Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» – Extension to any number of output quantities : JCGM 102:2011. – Sevres : JCGM, 2011. – 72 p.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/175.00.1/М/ОК7-2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 12 / 12</i>

7. . Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» – Propagation of distributions using a Monte Carlo method : JCGM 101:2008. – Sevres : JCGM, 2008. – 82 p.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Матеріали з дисципліни «Метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем» кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки на освітньому порталі «Навчальні ресурси Державного університету «Житомирська політехніка»»: <http://learn.ztu.edu.ua>.