ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
28 серпня 2024 р., протокол № 6

Голова Вченої ради
Андрій ТКАЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Цифрова обробка сигналів у інформаційно-вимірювальній техніці»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
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
26 серпня 2024 р., протокол № 8

Завідувач кафедри
Юрій ПОДЧАШИНСЬКИЙ
Гарант ОПП
Юрій ШАВУРСЬКИЙ

Розробник: к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки ЧЕПЮК Ларіна

Житомир
2024 – 2025 н.р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Цифрова обробка сигналів у інформаційно-вимірювальній техніці» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи» затверджена Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки 28 серпня 2024 р., протокол № 6.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів 4</td><td>Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»»</td><td colspan="2">Нормативна</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td rowspan="6">Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Загальна кількість годин – 120</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>5-й</td><td>5-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>32 год.</td><td>4 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 5
самостійної роботи студента – 2,5</td><td rowspan="10">Освітній ступінь «бакалавр»</td><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>–.</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>48 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>40 год.</td><td>108 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: екзамен</td></tr>
</table>

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

для денної форми навчання – 67 % аудиторних занять, 33 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання - 10 % аудиторних занять, 90 % самостійної та індивідуальної роботи.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Цифрова обробка сигналів у інформаційно-вимірювальній техніці» є ознайомлення студентів з можливостями цифрової обробки сигналів та галузями її застосування; вивчення ними теоретичних основ цифрової обробки, головним чином цифрової фільтрації; вивчення математичного апарату, який дозволяє побудувати адекватні математичні моделі сигналів та процедур їх обробки шляхом використання сучасних пакетів цифрової обробки сигналів.

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу підручника є самостійна робота студентів з літературою, довідниками.

Основними завданнями вивчення дисципліни є теоретична та практична підготовка фахівця з наступних питань:

- ознайомлення студентів з можливостями цифрової обробки сигналів та галузями її застосування;
- вивчення ними теоретичних основ цифрової обробки, головним чином цифрової фільтрації;
- вивчення математичного апарату, який дозволяє побудувати адекватні математичні моделі сигналів та процедур їх обробки шляхом використання сучасних пакетів цифрової обробки сигналів.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» та освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи»:

К04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

К14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи.

К15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.

К23. Здатність розробляти алгоритми функціонування та програмне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

К24. Здатність управляти інформаційними процесами у комп'ютеризованих вимірювальних системах.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»:

ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації.

ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач.

ПР13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

ПР19. Вміти застосовувати мікропроцесори, мікроконтролери та відповідні програмні засоби у комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах.

ПР20. Знати теорію та методи цифрової обробки сигналів, вміти їх застосовувати для аналізу, фільтрації та перетворення вимірювальної інформації.

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть отримати додатково наступні Soft skills:

- *комунікативні навички*: письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести дискусію і відстоювати свою позицію; навички працювати в команді;
- *уміння виступати привселюдно*: навички, необхідні для виступів на публіці; навички проведення презентації;
- *керування часом:* уміння справлятися із завданнями вчасно;
- *гнучкість і адаптивність:* гнучкість, адаптивність і здатність змінюватися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблеми;
- *лідерські якості*: уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння ставити мету, планувати діяльність;
- *особисті якості:* креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до оточуючих.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Математичний опис цифрових сигналів та фільтрів

Тема 1. Загальні положення цифрової обробки сигналів (К-04, К-15, К-24, ПР-7. ПР-13, ПР-20).

Предмет та задачі дисципліни “Цифрова обробка сигналів у інформаційно-вимірювальній техніці”. Зв’язок матеріалу даної дисципліни із змістом інших дисциплін спеціальності. Можливості, які забезпечує цифрова обробка сигналів в інформаційно-обчислювальних системах. Принципи розробки та реалізації систем цифрової обробки. Структурна схема системи цифрової обробки аналогових сигналів. Призначення та особливості реалізації основних вузлів системи. Позитивні якості та недоліки пристроїв та систем цифрової обробки сигналів.

Тема 2. Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення сигналів (К-14, -23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20).

Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення сигналів. Дискретизація сигналів. Квантування відліків сигналу; похибка квантування. Динамічний діапазон аналого-цифрового перетворювання. Вимоги до аналого-цифрових перетворювачів. Спектр дискретизованого сигналу. Відновлення сигналу за його відліками; похибка відновлення**.**

Тема 3. Цифрові фільтри та лінійні дискретні системи (КІХ-фільтрів). (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-19, ПР-20).

Цифрові фільтри та лінійні дискретні системи. Опис лінійних дискретних систем в часовій області. Означення цифрового фільтра. Імпульсна характеристика цифрового фільтра. Формування вихідного сигналу цифрового фільтра: згортка послідовностей (дискретна згортка). Фільтри із скінченою та нескінченою імпульсною характеристикою.

Тема 4. Опис лінійних дискретних систем в z-області. (БІХ-фільтрів). (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20).

Опис лінійних дискретних систем в z-області. Застосування Z-перетворення для опису дискретизованих сигналів та послідовностей. Зворотне Z-перетворення, правила його отримання. Основні властивості Z-перетворення. Застосування теорії лишків у зворотному Z-перетворенні. Застосування Z-перетворення для обчислення згортки.

Тема 5. Системна функція цифрового фільтра. (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Системна функція цифрового фільтра. Означення системної функції. Зв’язок системної функції із різницевим рівнянням. Стійкість цифрового фільтра. Практичне застосування цифрових фільтрів.

Тема 6. Опис лінійних дискретних систем у частотній області (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Опис лінійних дискретних систем у частотній області. Частотна характеристика цифрового фільтра; її особливості. Отримання частотної характеристики із системної функції. Зв’язок амплітудно-частотної та фазо - частотної характеристик з розташуванням нулів та полюсів системної функції. Цифрові фільтри із лінійною фазочастотною характеристикою.

Тема 7. Структурні схеми цифрових фільтрів (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Структурні схеми цифрових фільтрів. Пряма форма 1 (основна), пряма форма 2 (канонічна) реалізації цифрових фільтрів. Структури з багатомірним виходом та багатомірним входом. Послідовна та паралельна структури.

Тема 8. Опис дискретних сигналів (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Опис дискретних сигналів. Властивості спектрів дискретних сигналів. Зв'язок між спектрами аналогового і дискретного сигналів.

Змістовний модуль 2. Аналіз та синтез цифрових фільтрів. Перетворення сигналів

Тема 9. Аналіз не рекурсивних і рекурсивних фільтрів 1-го і 2-го порядків (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Аналіз нерекурсивного фільтра 1-го порядку. Аналіз рекурсивного фільтра 1-го порядку. Аналіз нерекурсивного фільтра 2-го порядку. Аналіз рекурсивного фільтра 2-го порядку. Синтез рекурсивного фільтра 2-го порядку.

Тема 10. Дискретне перетворення Фур’є (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Означення дискретного перетворення Фур’є (ДПФ); його властивості. Матричне представлення ДПФ.

Тема 11. Швидке перетворення Фур’є (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Означення швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Різновиди алгоритмів ШПФ. Алгоритм ШПФ із проріджуванням в часі. Алгоритм ШПФ із проріджуванням по частоті. Застосування ШПФ у спектральному аналізі. Поліпшення характеристик спектрального аналізу завдяки використанню часових "вікон". Інтерполяція функцій (сигналів) за допомогою ШПФ. Обчислення дискретних згорток на основі ШПФ.

Тема 12. Квантування в цифрових системах (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7. ПР-13, ПР-19, ПР-20)

Квантування в цифрових системах. Ефекти квантування у цифрових системах. Похибки цифрових фільтрів.

Тема 13. Синтез нерекурсивних цифрових фільтрів методом вікон (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Основи синтезу нерекурсивних цифрових фільтрів. Вимоги до цифрового фільтра з лінійною фазо - частотною характеристикою. Синтез КІХ - фільтрів методом вікон.

Тема 14. Синтез нерекурсивних цифрових фільтрів методом найкращої рівномірної апроксимації (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Вимоги до цифрового фільтра. Синтез КІХ - фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишевської) апроксимації.

Тема 15. Синтез рекурсивних цифрових фільтрів (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Основи синтезу рекурсивних цифрових фільтрів. Метод білінійного Z-перетворення: апроксимація частотної характеристики; отримання передаточної функції фільтра-прототипа; перехід до системної функції цифрового фільтра.

Тема 16. Вейвлет - перетворення (К-14, К-15, К-23, К-24, ПР-6, ПР-7, ПР-13, ПР-20)

Вейвлети та їхні властивості. Безперервне вейвлет - перетворення. Дискретизація обчислень при вейвлет – перетворенні. Основи кратномасштабного аналізу. Дискретне вейвлет – перетворення. Швидке вейвлет – перетворення.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції	лабораторні	самостійна робота	усього	лекції	лабораторні	самостійна робота
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Математичний опис цифрових сигналів та фільтрів								
Тема 1. Предмет та задачі дисципліни ЦОС у ІВТ. Структурна схема системи ЦОС.	6	2	4		6	2		4
Тема 2. АЦП та ЦАП сигналів. Дискретизація і квантування відліків сигналу.	2	2			2			2
Тема 3. Цифрові фільтри (ЦФ) та лінійні дискретні системи (ЛДС). Означення ЦФ. Імпульсна характеристика ЦФ. Дискретна згортка.	10	2	4	4	10		4	6
Тема 4. Опис ЛДС у z-області. Пряме і зворотне z -перетворення.	10	2	4	4	10			10
Тема 5. Системна функція ЦФ. Стійкість ЦФ.	10	2	4	4	10			10
Тема 6. Опис ЛДС у частотній області. Частотна характеристика ЦФ; її особливості.	2	2			2			2
Тема 7. Структурні схеми ЦФ.	6	2		4	6			6
Тема 8. Опис дискретних сигналів. Властивості спектрів дискретних сигналів.	5	2	3		6			6
Модульний контроль 1	1	–	1					
Разом за змістовий модуль 1	52	16	20	16	52	2	4	46
Змістовий модуль 2. Аналіз та синтез цифрових фільтрів. Перетворення сигналів.								
Тема 9. Аналіз нерекурсивних і рекурсивних ЦФ 1-го та 2-го порядків.	10	2	4	4	10	2		8
Тема 10. Дискретне перетворення Фур'є; його властивості.	10	2	8		10			10
Тема 11. Швидке перетворення Фур'є.	6	2		4	6			6
Тема 12. Квантування у цифрових системах.	6	2		4	6			6
Тема 13. Синтез КІХ - фільтрів методом вікон.	10	2	4	4	10		4	6
Тема 14. Синтез КІХ - фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишевської) апроксимації.	10	2	4	4	10			10

Тема 15. Синтез рекурсивних цифрових фільтрів методом білінійного Z-перетворення:	10	2	4	4	10			10
Тема 16. Вейвлет - перетворення.	5	2	3		6			6
Модульний контроль 1	1	–	1					
Разом за змістовий модуль 2	68	16	28	24	68	2	4	62
ВСЬОГО	120	32	48	40	120	4	8	108

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1			
Змістовний модуль 1. Математичний опис цифрових сигналів та фільтрів			
1	Робота в середовищі Matlab. Структура Signal Processing Toolbox.	4	
2	Генерація сигналів	4	
3	Моделювання роботи ЛДС на основі рівняння згортки	4	
4	Моделювання роботи ЛДС у часовій області	4	4
5	Дослідження цифрового фільтру	4	
6	Синтез цифрових фільтрів в середовищі MATLAB	4	
Змістовний модуль 2. Аналіз та синтез цифрових фільтрів. Перетворення сигналів.			
7	Дискретне перетворення Фур'є	8	
8	Синтез КІХ - фільтрів методом вікон	4	4
9	Синтез КІХ - фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишовської) апроксимації	4	
10	Синтез БІХ - фільтрів методом білінійного Z-перетворення	4	
11	Вейвлет-аналіз	4	
РАЗОМ		32	8

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1			
Змістовний модуль 1. . Математичний опис цифрових сигналів та фільтрів			
1	Тема 1. Загальні положення цифрової обробки сигналів. Можливості, які забезпечує цифрова обробка сигналів в інформаційно-обчислювальних системах. Позитивні якості та недоліки пристроїв та систем цифрової обробки сигналів.		4
2	Тема 2. Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення сигналів Динамічний діапазон аналого-цифрового перетворювання. Спектр дискретизованого сигналу. Відновлення сигналу за його відліками; похибка відновлення.		2
3	Тема 3. Цифрові фільтри та лінійні дискретні системи (КІХ-фільтрів). Формування вихідного сигналу цифрового фільтра: згортка послідовностей (дискретна згортка). Фільтри із скінченою та нескінченою імпульсною характеристикою.	4	6
4	Тема 4. Опис лінійних дискретних систем в z-області. (БІХ-фільтрів). Застосування теорії лишків у зворотному Z-перетворенні. Застосування Z-перетворення для обчислення згортки.	4	10
5	Тема 5. Системна функція цифрового фільтра. Стійкість цифрового фільтра. Практичне застосування цифрових фільтрів.	4	10
6	Тема 6. Опис лінійних дискретних систем у частотній області Зв’язок амплітудно-частотної та фазо - частотної характеристик з розташуванням нулів та полюсів системної функції. Цифрові фільтри із лінійною фазочастотною характеристикою.		2
7	Тема 7. Структурні схеми цифрових фільтрів Структури з багатомірним виходом та багатомірним входом. Послідовна та паралельна структури	4	6
8	Тема 8. Опис дискретних сигналів Зв'язок між спектрами аналогового і дискретного сигналів.		6

Змістовний модуль 2. Аналіз та синтез цифрових фільтрів. Перетворення сигналів			
9	Тема 9. Аналіз не рекурсивних і рекурсивних фільтрів 1-го і 2-го порядків Синтез не рекурсивних і рекурсивних фільтрів 2-го порядку.	4	8
10	Тема 10. Дискретне перетворення Фур'є Матричне представлення ДПФ.		10
11	Тема 11. Швидке перетворення Фур'є (ШПФ). Застосування ШПФ у спектральному аналізі. Поліпшення характеристик спектрального аналізу завдяки використанню часових "вікон". Інтерполяція функцій (сигналів) за допомогою ШПФ. Обчислення дискретних згорток на основі ШПФ.	4	6
12	Тема 12. Квантування в цифрових системах Ефекти квантування у цифрових системах. Похибки цифрових фільтрів.	4	6
13	Тема 13. Синтез нерекурсивних цифрових фільтрів методом вікон Застосування, переваги та недоліки методу.	4	6
14	Тема 14. Синтез нерекурсивних цифрових фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишевської) апроксимації. Застосування, переваги та недоліки методу.	4	10
15	Тема 15. Синтез рекурсивних цифрових фільтрів методом білінійного Z-перетвореня. Застосування, переваги та недоліки методу.	4	10
16	Тема 16. Вейвлет - перетворення Вейвлети та їхні властивості. Безперервне вейвлет - Дискретизація обчислень при вейвлет – перетворенні.. Швидке вейвлет – перетворення		6
	РАЗОМ	**40**	**108**

7. Індивідуальні самостійні завдання

Індивідуальні семестрові завдання виконуються у формі розрахункової роботи.

Типове завдання складається з двох задач.

1. Знайти згортку послідовностей x(n) і y(n) двома способами:

1) прямим обчисленням;

2) з використанням z-перетворення.

2. Цифровий фільтр описується заданим різницевим рівнянням з заданим періодом дискретизації. Знайти аналітичні вирази для:

1) системної функції цифрового фільтра;

2) імпульсної характеристики;

3) частотної характеристики.

Зобразити розташування нулів і полюсів системної функції на Z-площині.

Побудувати графік АЧХ фільтра (по вісі частот частоту вказати в герцах).

Зобразити структурну схему фільтра.

З'ясувати, чи є стійким даний фільтр.

Побудувати початкову частину імпульсної характеристики фільтра, використовуючи отриманий аналітичний вираз (не менш 30 відліків),

Навести таблицю значень імпульсної характеристики.

8. Методи навчання

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються методи навчання, що сприяють досягненню відповідних програмних результатів.

Результат навчання	Методи навчання
ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів вправ, практичних завдань) – Дискусійний метод – Метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота) – Ситуаційний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей)
ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів вправ, практичних завдань) – Дискусійний метод – Метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота) – Ситуаційний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей)
ПР13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів

Результат навчання	Методи навчання
	вправ, практичних завдань) – Дискусійний метод – Метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота) – Ситуаційний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей)
ПР19. Вміти застосовувати мікропроцесори, мікроконтролери та відповідні програмні засоби у комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів вправ, практичних завдань) – Дискусійний метод – Метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота) – Ситуаційний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей)
ПР20. Знати теорію та методи цифрової обробки сигналів, вміти їх застосовувати для аналізу, фільтрації та перетворення вимірювальної інформації.	– Вербальні методи (лекція, пояснення) – Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація) – Практичні методи (проведення дослідів, експериментів, виконання різних видів вправ, практичних завдань) – Дискусійний метод – Метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота) – Ситуаційний метод – Методи самостійної роботи (анотування опрацьованого матеріалу, вирішення задач, проведення розрахунків, написання есе, підготовка доповідей, написання наукових статей)

9. Методи контролю

Перевірка досягнення програмних результатів навчання здійснюється з використанням наступних методів.

Результат навчання	Методи контролю
ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання домашніх завдань, практичних завдань, вправ, кейсів – Перевірка виконання та захист звітів з практичних робіт – Перевірка виконання та захист індивідуальних завдань – Самооцінювання та взаємооцінювання – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання домашніх завдань, практичних завдань, вправ, кейсів – Перевірка виконання та захист звітів з практичних робіт – Перевірка виконання та захист індивідуальних завдань – Самооцінювання та взаємооцінювання – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
ПР13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання домашніх завдань, практичних завдань, вправ, кейсів – Перевірка виконання та захист звітів з практичних робіт – Перевірка виконання та захист індивідуальних завдань – Самооцінювання та взаємооцінювання – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
ПР19. Вміти застосовувати мікропроцесори, мікроконтролери та відповідні програмні засоби у комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання домашніх завдань, практичних завдань, вправ, кейсів – Перевірка виконання та захист звітів з практичних робіт

Результат навчання	Методи контролю
	– Перевірка виконання та захист індивідуальних завдань – Самооцінювання та взаємооцінювання – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен
ПР20. Знати теорію та методи цифрової обробки сигналів, вміти їх застосовувати для аналізу, фільтрації та перетворення вимірювальної інформації.	– Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання – Перевірка виконання домашніх завдань, практичних завдань, вправ, кейсів – Перевірка виконання та захист звітів з практичних робіт – Перевірка виконання та захист індивідуальних завдань – Самооцінювання та взаємооцінювання – Перевірка виконання завдань модульного контролю – Екзамен

10. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни здійснюється відповідно до Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Державному університеті «Житомирська політехніка» та розподілу балів, що наведений нижче.

Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни включає:

– поточний, модульний та підсумковий контроль – для здобувачів денної форми навчання;

– поточний та підсумковий контроль – для здобувачів заочної форми навчання.

Поточний контроль проводиться для оцінювання рівня засвоєння знань, формування умінь і навичок здобувачів вищої освіти впродовж вивчення ними матеріалу модуля (змістових модулів) навчальної дисципліни. Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять.

Модульний контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти за модуль (змістові модулі) навчальної дисципліни. Модульний контроль проводиться під час навчального заняття після завершення вивчення матеріалу модуля (змістових модулів) навчальної дисципліни. Модульний контроль здійснюється у формі модульної контрольної роботи.

Підсумковий контроль проводиться для підсумкового оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни. Підсумковий контроль здійснюється після завершення вивчення навчальної дисципліни. Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену. Процедура складання екзамену визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр
Для здобувача денної форми навчання	
Виконання завдань поточного контролю	60
Виконання завдань модульного або підсумкового контролю	40
Підсумкова семестрова оцінка	**100**
Для здобувача заочної форми навчання	
Виконання завдань поточного контролю	60
Виконання завдань підсумкового контролю	40
Підсумкова семестрова оцінка	**100**

Розподіл балів за виконання завдань поточного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Виконання завдань під час навчальних занять	48	12
Виконання та захист індивідуальних самостійних завдань	12	48
Виконання науково-дослідної роботи та інших видів робіт (**додаткові – заохочувальні бали**): 1. Участь у студентських предметних олімпіадах, Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт, грантах, науково-дослідних проектах 2. Підготовка наукових статей, тез доповідей наукових конференцій	до 20	до 20
Разом за виконання завдань поточного контролю	**60**	**60**

Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять

Види робіт здобувача вищої освіти[1]	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Відповіді (виступи) на заняттях, участь у дискусії	16	4
Виконання та захист завдань практичних занять	32	8
Разом за виконання завдань під час навчальних занять	**48**	**12**

З метою застосування цілих чисел для оцінювання результатів роботи здобувачів під час навчальних занять може використовуватися 100-бальна шкала оцінювання щодо кожного окремо виду робіт. Розрахунок загальної кількості балів, які здобувач може набрати за результатами роботи під час навчальних занять протягом семестру, проводиться за формулою:

$$Р_{НЗ} = \sum(Р_i \times ВК_i) \times К_{НЗ}, \quad (1)$$

де $Р_{НЗ}$ – загальна кількість балів, набраних здобувачем за виконання завдань під час навчальних занять за семестр;

$Р_i$ – кількість набраних здобувачем балів за семестр за виконання і-го виду робіт під час навчальних занять (за 100-бальною шкалою);

$ВК_i$ – ваговий коефіцієнт за виконання і-го виду робіт під час навчальних занять. Значення вагових коефіцієнтів розраховуються шляхом ділення кількості балів, яка передбачена за виконання окремого виду робіт під час навчальних занять, на сумарну кількість балів за виконання усіх видів робіт під час навчальних занять за семестр;

$К_{НЗ}$ – коригувальний коефіцієнт, який визначається шляхом ділення кількості балів, що передбачена за виконання завдань під час навчальних занять за семестр, на 100 балів.

Розподіл балів за виконання завдань модульного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти денної форми навчання	Кількість балів за семестр
Виконання завдань модульного контролю 1	20
Виконання завдань модульного контролю 2	20
Разом за виконання завдань модульного контролю	**40**

Зарахування балів за виконання завдань модульного контролю здійснюється за умови, що здобувач вищої освіти набрав не менше 60% від максимальної кількості балів, які передбачені для даного виду контролю.

Якщо здобувач вищої освіти денної форми навчання виконав завдання модульного контролю і з урахуванням отриманих балів за поточний контроль набрав у сумі 60 балів або більше, він може погодити дану оцінку в електронному кабінеті і вона стане семестровою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни.

Якщо здобувач вищої освіти денної форми навчання під час вивчення

навчальної дисципліни набрав 60 балів або більше і бажає покращити свій результат успішності, він проходить процедуру підсумкового контролю у формі екзамену. Набрані бали за виконання завдань підсумкового контролю, а також бали за поточний контроль сумуються і формується семестрова оцінка з навчальної дисципліни. Бали, які здобувач вищої освіти набрав за виконання завдань модульного контролю, при цьому не враховуються під час розрахунку семестрової оцінки з навчальної дисципліни.

У здобувача вищої освіти заочної форми навчання семестрова оцінка за вивчення навчальної дисципліни формується як сума кількості балів за поточний контроль і кількості балів за підсумковий контроль.

Здобувач вищої освіти допускається до процедури підсумкового контролю у формі екзамену, якщо за виконання завдань поточного контролю набрав 20 балів або більше.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав 15–19 балів, він отримує право за власною заявою опанувати окремі теми (змістові модулі) навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми[1]. Вивчення окремих складових навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, здійснюється у вільний від занять здобувача вищої освіти час.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав від 0 до 14 балів (включно), він вважається таким, що не виконав вимоги робочої програми навчальної дисципліни та має академічну заборгованість. Здобувач вищої освіти отримує право за власною заявою опанувати навчальну дисципліну у наступному семестрі понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми[1].

Процедура надання додаткових освітніх послуг здобувачу вищої освіти з метою вивчення навчального матеріалу дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, визначена у Положенні про надання додаткових освітніх послуг здобувачам вищої освіти в Державному університеті «Житомирська політехніка».

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках окремих тем навчальної дисципліни, здійснюється викладачем за зверненням здобувача вищої освіти та представленням документів, які підтверджують результати навчання (сертифікати, свідоцтва, скріншоти тощо). Рішення про визнання та оцінка за

[1] Положення щодо вивчення навчального матеріалу дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, не поширюється на останній семестр навчання на всіх рівнях вищої освіти.

відповідну частину освітнього компонента приймається викладачем за результатами співбесіди зі здобувачем вищої освіти.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках цілого освітнього компонента, здійснюється за процедурою, яка визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Шкала оцінювання

Шкала ЄКТС	Національна шкала	100-бальна шкала
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

11. Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1.	Цифрова обробка сигналів	Digital signal processing
2.	Дискретний сигнал	Discrete signal
3.	Цифровий сигнал	Digital signal
4.	Період дискретизації	Sampling period
5.	Частота дискретизації	Sampling frequency
6.	Детермінований дискретний сигнал	Deterministic discrete signal
7.	Автокореляційна функція	Autocorrelation function
8.	Автоковаріаційна функція	Autocovariance function
9.	Випадковий дискретний сигнал	Random discrete signal
10.	Рівномірний білий шум	Uniform white noise
11.	Нормальнпй білий шум	Normal white noise
12.	Імпульсна характеристика	Impulse response
13.	Рекурсивний цифровий фільтр	Recursive digital filter
14.	Нерекурсивний цифровий фільтр	Non-recursive digital filter
15.	Передаточна функція цифрового фільтру	Digital filter transfer function
16.	Нуль передаточної функції цифрового фільтру	Zero of the transfer function of a digital filter
17.	Полюс передаточної функції цифрового	Pole of the transfer function of a digital filter

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
	фільтру	
18.	Стійкість цифрового фільтру	Digital filter stability
19.	Амплітудно-частотна характеристика	Amplitude-frequency characteristic
20.	Дискретизація періодичних сигналів	Discretization of periodic signals
21.	Дискретне перетворення Фур'є	Discrete Fourier transform
22.	Швидке перетворення Фур'є	Fast Fourier transform
23.	Спектр сигналу	Signal spectrum
24.	Розтікання спектру	Spectrum spreading
25.	Спектральна щільність потужності сигналу	Signal power spectral density
26.	Параметричний спектральний аналіз	Parametric spectral analysis
27.	Непараметричний спектральний аналіз	Nonparametric spectral analysis
28.	Періодограма	Periodogram
29.	Спектрограма	Spectrogram
30.	Лінійне передбачення	Linear prediction
31.	Вейвлет-перетворення	Wavelet transform

12. Рекомендована література

Основна література

1. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад.: Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
2. Братченко Г. Д., Перелигін Б. В., Банзак О. В., Казакова Н. Ф., Григор'єв Д. В. Методи та засоби обробки сигналів. Навчальний посібник. – Одеса: Типографія-видавництво «Плутон», 2014. – 452 с.
3. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: Посібник для студентів. Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с.
4. Філатова Г.Є. Проектування цифрових фільтрів: навчальний посібник /Г.Є. Філатова. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – 120 с.
5. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
6. Теорія сигналів: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.О. Попов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.

Допоміжна література

1. Richard G. Lyons, D. Lee FugalThe Essential Guide to Digital Signal Processing Prentice Hall, 2014, p. 208.
2. D. Sundararajan**:** Digital Signal Processing: An Introduction : Springer, 2021, p. 403.
3. Lars Wanhammar, Tapio Saramaki Digital Filters Using MATLAB Springer2020 p. 798.
4. Luis F. Chaparro, Aydin Akan Signals and Systems using MATLAB, 3rd Edition Academic Press2018 p. 820.
5. MATLAB Signal Processing Toolbox User's Guide (R2021a): The MathWorks, Inc. : 2021 :p.1404.
6. Samir I. Abood Digital Signal Processing: A Primer With MATLAB CRC Press 2020, p. 338.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Матеріали з дисципліни «Цифрова обробка сигналів у інформаційно-вимірювальній техніці» кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки на освітньому порталі «Навчальні ресурси Державного університету «Житомирська політехніка»»: http://learn.ztu.edu.ua.