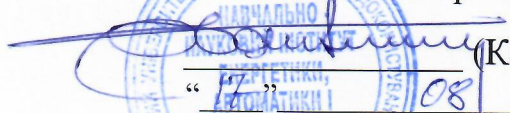


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

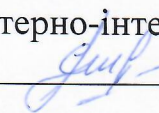

(Каплун В.В.)
“17” 08 2024 р.

“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І. І. Мартиненка
Протокол № 1 від 15.08.2024 р.

В.о. завідувача кафедри

(Опришко О.О.)

”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОНП підготовки докторів філософії зі
спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

(Шворов С.А.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації
біотехнічних об'єктів

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ОНП Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: доцент каф., к.фіз-мат.н., с.н.с. Гладкий А.М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

1. Опис навчальної дисципліни

ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування	
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість розділів	2	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
Рік підготовки	2	2
Семестр	3	3
Лекційні заняття	20 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	- год.	- год.
Лабораторні заняття	30 год.	12 год.
Іспит	2 год.	2 год.
Курсовий проект (робота)	- год.	- год.
Самостійна робота	100 год.	130 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5 год.	- год.
Загальна кількість годин	150 год.	150 год.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Предметом дисципліни «Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації» є теоретичні і практичні питання дискретизації, квантування і формування цифрових сигналів, їх спектрального аналізу і формування каналів зв'язку для передавання в системах автоматизації.

Мета вивчення дисципліни полягає у вивченні основних методів, алгоритмів та засобів формування і обробки цифрових сигналів в системах автоматизації.

Завдання дисципліни – надати аспірантам знання з основ теорії цифрової обробки сигналів, що охоплює відомості про математичні моделі та методи цифрової обробки інформації; ефективні алгоритми перетворення та аналізу сигналів; визначення параметрів каналів зв'язку для передавання сигналів в системах автоматизації.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у аспірантів компетентностей (та їх складових):

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

Спеціальні компетентності (СК):

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, керування складними організаційно-технічними чи кіберфізичними системами та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях.

СК3. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та викладацькій діяльності.

Програмні результати навчання:

РН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних міждисциплінарних напрямів, розуміти методологію наукових досліджень. Уміти застосовувати їх у власних дослідженнях, скерованих на отримання нових знань та/або здійснення інновацій, та у викладацькій практиці.

РН6. Розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, проектування та дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів.

РН8. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

Після вивчення курсу здобувач повинен **знати**:

- особливості детермінованих неперервних, імпульсних та випадкових сигналів;
- види модуляції сигналів;
- методи спектрального аналізу сигналів;
- поняття дискретизації та квантування сигналу;
- принципи формування цифрових сигналів;
- методи обробки сигналів вимірювальних перетворювачів;
- способи формування сигналів для керування виконавчими органами систем автоматизації;
- технічні особливості та характеристики каналу зв'язку та його складових для організації передачі інформації в системах автоматизації;

Після вивчення курсу здобувач повинен **вміти**:

- виконувати пряме і зворотне перетворення Фур'є;
- обчислювати і будувати амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики;
- проводити спектральний і кореляційний аналіз випадкових сигналів;
- володіти прикладними програмними пакетами математичного аналізу;
- вибирати і застосовувати методи обробки контрольних і керуючих сигналів;
- визначати параметри каналу зв'язку для передавання інформаційних і керуючих сигналів в системах автоматизації.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекцій	практич	лабора т	індивід.	с.р.		лекцій	практич	лабора т	індивід.	с.р.
Розділ 1. Основні операції цифрової обробки сигналів												
Тема 1. Цифрова обробка сигналів. Методи та області застосування.	16	2		4		10	16	2		4		10
Тема 2. Модуляція сигналів.	14	2		2		10	14	2		2		10
Тема 3. Спектральний і кореляційний аналіз сигналів.	18	2		6		10	18	2		6		10
Тема 4. Формування дискретних сигналів. Дискретизація, квантування і квантизація.	14	2		2		10	14	2		2		10
Тема 5. Дискретне перетворення Фур'є і алгоритм його швидкого обчислення.	14	2		2		10	14	2		2		10
Разом за розділом 1	66	10		16		50	66	10		16		50
Розділ 2. Апаратні засоби												
Тема 1. Аналогово-цифрові-перетворювачі	14	2		2		10	14	2		2		10
Тема 2. Цифрова обробка сигналів вимірювальних перетворювачів.	14	2		2		10	14	2		2		10
Тема 3. Цифро-аналогові перетворювачі.	14	2		2		10	14	2		2		10
Тема 4. Формування	16	2		4		10	16	2		4		10

сигналів керування виконавчими органами.												
Тема 5. Лінії передавання контрольних і керуючих сигналів.	16	2		4		10	16	2		4		10
Разом за розділом 2	74	10		14		50	74	10		14		140
Усього годин	150	20		30		100	150	20		30		100

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Дослідження амплітудно-частотних і фазочастотних характеристик.	4
2.	Фур'є аналіз періодичних сигналів.	2
3.	Фур'є аналіз неперіодичних сигналів	6
4.	Дослідження спектральної густини та кореляційної функції випадкових сигналів.	2
5.	Дослідження кореляційної функції випадкових сигналів	2
6.	Алгоритми перетворення аналогових сигналів у цифрову форму	2
7.	Технічні засоби перетворення аналогових сигналів у цифрову форму.	2
8.	Алгоритми перетворення цифрових сигналів у аналогові.	2
9.	Технічні засоби перетворення цифрових сигналів у аналогові	4
10.	Дослідження ліній передавання контрольних і керуючих сигналів.	4
	Разом	30

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Формування сигналів давачів (сенсорів)	5
2.	Аналогова обробка сигналів (ASP)	5
3.	Шуми і завади в інформаційному сигналі	10
4.	Методи первинної і вторинної обробки сигналів	10
5.	Алгоритм виконання перетворення Фур'є	10
6.	Алгоритми перетворення неперервних сигналів у дискретні	10
7.	Дискретне перетворення Фур'є	10
8.	Алгоритми швидкого перетворення Фур'є	10
9.	Z-перетворення (перетворення Лорана) сигналів	10
10.	Згортка і кореляція сигналів, алгоритм виконання та застосування	10
11.	Цифрова фільтрація сигналів	10
	Разом	100

6. Контрольні питання, комплекти задач і тестів для визначення рівня засвоєння знань здобувачами

1. Предмет теорії цифрової обробки сигналів.
2. Сигнали. Типи сигналів.
3. Основні характеристики сигналів.
4. Математичні моделі сигналів.
5. Перетворення Фур'є.
6. Перетворення Лапласа.
7. Гармонічний сигнал. Розкладення в ряд Фур'є.
8. Періодичні сигнали. Представлення рядом Фур'є.
9. Періодична послідовність прямокутних імпульсів. Розкладення в ряд Фур'є.
10. Розподіл потужності в спектрі періодичного сигналу.
11. Полігармонічний сигнал. Інформаційні параметри.
12. Аперіодичні сигнали. Інтегральні перетворення Фур'є.
13. Властивості інтегральних перетворень Фур'є.
14. Енергетичний спектр аперіодичних сигналів.
15. Рівність Парсеваля.
16. Одиначний стрибкоподібний імпульс. Спектральне представлення.
17. Прямокутний імпульс. Перетворення Фур'є.
18. Спектральне представлення імпульсу Гауса.
19. δ -імпульс. Перетворення Фур'є.
20. Передавання аперіодичних сигналів.
21. Ширина спектру сигналу і смуга пропускання лінії. Формула Шеннона.
22. Випадкові процеси. Стаціонарні процеси. Ергодичні процеси.

23. Ймовірнісні характеристики випадкових процесів.
24. Енергетичний спектр випадкового процесу.
25. Кореляційна функція. Обчислення за спектральною щільністю.
26. Спектральна щільність. Обчислення за кореляційною функцією.
27. Приклади випадкових процесів. Білий шум. Спектральна щільність та кореляційна функція.
28. Випадковий процес з обмеженою спектральною густиною. Основні характеристики.
29. Спектральна щільність та кореляційна функція випадкового процесу з обмеженою спектральною густиною.
30. Випадковий процес типу нерегулярна хитавиця. Основні характеристики.
31. Спектральна щільність та кореляційна функція випадкового процесу типу нерегулярна хитавиця.
32. Аналоговий сигнал. Математичне та графічне представлення.
33. Дискретизація сигналів.
34. Поясніть суть теореми Котельникова.
35. Рівномірна і нерівномірна дискретизація.
36. Гранична дискретизація.
37. Обмеження спектру аналогового сигналу. Антиалайзинговий фільтр.
38. Децимація й інтерполяція цифрового сигналу.
39. Як можна підвищити точність відтворення неперервного сигналу з дискретного?
40. Назвіть види квантування.
41. Рівні квантування.
42. Векторне квантування.
43. Як визначити похибку квантування.
44. Де застосовується квантизація.
45. Z-перетворення (перетворенням Лорана) цифрового сигналу.
46. Одностороннє і двостороннє Z-перетворення.
47. Дискретне перетворення Фур'є. Пряме та обернене перетворення Фур'є.
48. Дійсне дискретне перетворення Фур'є. Пряме та обернене перетворення.
49. Поняття згортки сигналів.
50. Алгоритм виконання згортки та його застосування.
51. Поняття фільтрації сигналу.
52. Основні типи фільтрів.
53. Активні фільтри та цифрові фільтри.
54. Амплітудно-частотні характеристики фільтрів.
55. СІВ-фільтри (FIR-filter - finite impulse response filter) та НІВ-фільтри (IIR-filter - interminable impulse response filte).
56. Нерекурсивний і рекурсивний цифрові фільтри.

57. Побудова фільтрів.
58. Пропускна здатність дискретного каналу.
59. Обчислити амплітуду (модуль) 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою $E = 1$, тривалістю $\tau = 2c$, періодом повторення $T = 2c$.
60. Обчислити амплітуду косинусоїдальної складової 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою $E = 1$, тривалістю $\tau = 2c$, періодом повторення $T = 2c$.
61. Обчислити амплітуду косинусоїдальної складової 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою $E = 1$, тривалістю $\tau = 2c$, періодом повторення $T = 2c$.
62. Обчислити фазу 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою $E = 1$, тривалістю $\tau = 2c$, періодом повторення $T = 2c$.
63. Обчислити спектральну густину імпульсу Гауса $S(t) = 5e^{-\frac{t^2}{50}}$.
64. Обчислити спектральну густину одиничного імпульсу $S(t) = \delta(t)$.
65. Обчислити модуль спектральної густини прямокутного імпульсу з амплітудою $A=1$, тривалістю $\tau = 1c$, на частоті $\Omega=1$.
66. Обчислити модуль спектральної густини одиничного стрибкоподібного імпульсу на частоті $\Omega=0,5$.
67. Обчислити аргумент (фазу) спектральної густини одиничного стрибкоподібного імпульсу на частоті $\Omega=0,5$.
68. Обчислити кореляційну функцію сигналу $S(t) = 5$.
69. Обчислити спектральну густину сигналу $S(t) = 5$.
70. Обчислити кореляційну функцію сигналу $S(t) = \sin 5t$.
71. Обчислити спектральну густину сигналу $S(t) = \sin 5t$.
72. Обчислити спектральну густину теплового шуму на опорі 1 Ом при температурі 28°C.
73. Побудувати кореляційну функцію сірого шуму з спектральною густиною $S(\omega) = \frac{0.05}{0.01 + \omega^2}$.
74. Побудувати кореляційну функцію сірого шуму з спектральною густиною $S(\omega) = \frac{0.05}{0.01 + \omega^2}$.
75. Побудувати кореляційну функцію «розового» шуму з дисперсію 0,25 і спектральною густиною $S(\omega) = 0.25 \left[\frac{1}{0.01 + (2 - \omega)^2} + \frac{1}{0.01 + (2 + \omega)^2} \right]$.
76. Сигнал має частотний спектр, обмежений частотою $F_{\max} = 10$ кГц, причому роздільна здатність по частоті складає 100 Гц.
77. Протягом якого проміжку часу повинен спостерігатися сигнал?
78. Через які проміжки часу повинні зніматися відліки сигналу?
79. Сигнал спостерігається протягом 10 сек., причому відліки сигналу

знімаються через 10 мксек.

80. Яка гранична частота сигналу $F_{\max}$ може бути зафіксована?
81. Яке роздільна здатність по частоті буде забезпечуватися в цьому випадку?

7. Методи навчання

- словесний метод (лекція, дискусія);
- практичний метод (лабораторні роботи);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування);
- самостійна робота (виконання завдань).

8. Форми контролю

Відповідно до Положення про екзамени та заліки у Національному університеті біоресурсів і природокористування України визначені наступні види контролю знань здобувачів вищої освіти: поточний контроль та підсумкова атестація. Форми та методи проведення поточного контролю та підсумкової атестації (екзамен) розробляються лектором дисципліни.

Розподіл балів, які отримують аспіранти. Оцінювання знань аспірантів відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України».

Рейтинг аспірантів, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу аспірантів із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу аспірантів з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$.

9. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: конспект лекцій, навчальні плани, інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю; електронний навчальний курс:

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1989>

10. Рекомендована література

Основна література

1. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації». – НУБіП, 2021. – 88 с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
3. Юкио Сато. Обработка сигналов. – Додэка ХХІ, 2017. – 175 с.
4. Цифрова обробка сигналів та зображень: навч. посібник / уклад.: І.А. Терейковський, Л.О. Терейковська. – Київ: НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 120 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/ea86409b-ee28-490e-a6aa-720e4aae978d/content>
5. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислення. Частина 2. Цифрова обробка сигналів / Богач О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. [Електронний ресурс] URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/1..htm
6. Signal Processing [Електронний ресурс] URL: <https://es.mathworks.com/products/signal.htm>locessing Toolbox
7. Digital Signal Processing [Електронний ресурс] URL: <https://es.mathworks.com/solutions/dsp.html>

Додаткова література

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Системи цифрової обробки сигналів» з курсу «Цифрова обробка сигналів» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 172 «Телекомунікації та радіотехніка» денної та заочної форм навчання / уклад. А.В. Івашко, Д.О. Лунін, М.В. Гунбін. – Харків : НТУ «ХПІ». – 36 с. Режим доступу: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/d9297195-d783-483c-8a06-fe412fb02453/content>
2. Цифрова обробка сигналів з практикумом в Maple 2021 : навч. посіб. / О. В. Дворник, Г. П. Чуйко, Є. С. Дарнапук, А. П. Бойко. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2024. – 256 с.
3. Корольова Н. А. Системи зв'язку та телекомунікацій на залізничному транспорті: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – Ч. 1. – 118 с.
4. Андреєв М.В. Комп'ютерні методи обробки сигналів. Конспект лекцій. Цифровий депозитарій ДНУ ім. О.Гончара, 2017. – Режим доступу: http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=8146
5. Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації [Електронний ресурс, 2021]. – Режим доступу: <https://exponenta.ua/news/cifrovaya-obrabotka-signalov>

11. Інформаційні ресурси

<https://wikipedia.org> – онлайн-енциклопедія.

www.google.com.ua – Пошуковий сайт.

http://pmos.vntu.edu.ua/media/uploads/signals/OSZ_OK.pdf – Фриз М.Є., Стадник М. А. Конспект лекцій з дисципліни “Обробка сигналів та зображень”.

Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 97 с.

<http://nubip.edu.ua/> – головна сторінка НУБіП України.

<https://nubip.edu.ua/department/ars> – кафедра автоматичних та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка.

<https://nubip.edu.ua/faculty/nni-eaie> – навчально-інформаційний портал ННІ енергетики, автоматичних і енергозбереження.

<http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського, Київ.

https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u37/tehnichni_zasobi_suchasnih_kop_yuterno-integrovanih_sistem_asp.pdf – силабус навчальної дисципліни технічні засоби автоматичних.