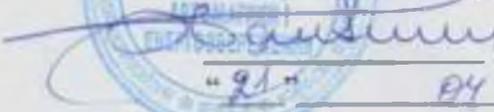
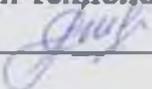


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

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

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження  
  
(Каплун В.В.)  
“29” 03 2023р.

**“СХВАЛЕНО”**  
на засіданні кафедри  
автоматики та робототехнічних  
систем ім. акад. І. І. Мартиненка  
Протокол № 33 від “29” березня 2023 р.  
Завідувач кафедри  
  
(Лисенко В.П.)

**“РОЗГЛЯНУТО”**  
Гарант ОНП підготовки докторів філософії зі  
спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-  
інтегровані технології та робототехніка  
  
(Шворов С.А.)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації біотехнічних об'єктів**

спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

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

<b>Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь</b>		
Галузь знань	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	
Спеціальність	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка	
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	210	
Кількість кредитів ECTS	7	
Кількість розділів	2	
Форма контролю	Екзамен	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
Рік підготовки	2	2
Семестр	3	3
Лекційні заняття	15 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	- год.	- год.
Лабораторні заняття	60 год.	24 год.
Залік	год.	год.
Іспит	2 год.	2 год.
Курсовий проект (робота)	- год.	- год.
Самостійна робота	135 год.	178 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5 год.	- год.
Загальна кількість годин	210 год.	210 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):**

ЗК1. Здатність генерувати нові ідеї (креативність), у тому числі у сфері автоматизації складних біотехнічних об'єктів.

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

ЗК4. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних до міждисциплінарних напрямів на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

### **Спеціальні компетентності (СК):**

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації, у тому числі біотехнічних об'єктів, з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з автоматизації, комп'ютерних технологій, приладобудування та суміжних галузей.

СК3. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, у тому числі при розробці систем керування складних біотехнічних об'єктів, комп'ютерно-інтегрованих

технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

### Програмні результати навчання:

РН4. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження систем автоматизації, у тому числі біотехнічних об'єктів, комп'ютерно-інтегрованих комплексів та їх складових з використанням сучасних методів дослідження, технічних та програмних засобів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН6. Розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, проектування під час дослідження систем автоматизації, у тому числі біотехнічних об'єктів, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма					Заочна форма						
	усього	у тому числі				усього	у тому числі					
		лекцій	практич.	лаборат.	індивід.		с.р.	лекцій	практич.	лаборат.	індивід.	с.р.
<b>Розділ 1. Основні операції цифрової обробки сигналів</b>												
Тема 1. Цифрова обробка сигналів. Методи та області застосування.	18	1		2		15	23	1		2		20
Тема 2. Спектральний і кореляційний аналіз сигналів.	22	2		10		10	25	1		4		20
Тема 3. Формування дискретних сигналів. Дискретизація, квантування і квантизація.	28	2		6		20	23	1		2		20
Тема 4 Дискретне перетворення Фур'є і алгоритм його швидкого обчислення.	34	2		12		20	25	1		4		20
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>102</b>	<b>7</b>		<b>30</b>		<b>65</b>	<b>96</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>80</b>
<b>Розділ 2. Апаратні засоби</b>												
Тема 1. Аналогово-цифрові та цифро-	29	2		12		15	25	1		4		20

аналогові перетворювачі												
Тема 2. Цифрова обробка сигналів вимірювальних перетворювачів.	33	2	6		25	29	1		2		26	
Тема 3. Формування сигналів керування виконавчими органами.	28	2	6		20	29	1		2		26	
Тема 4. Лінії передавання контрольних і керуючих сигналів.	18	2	6		10	31	1		4		26	
Разом за розділом 2	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>30</b>		<b>70</b>	<b>114</b>	<b>4</b>		<b>12</b>		<b>98</b>	
Усього годин	<b>210</b>	<b>15</b>	<b>60</b>		<b>135</b>	<b>210</b>	<b>8</b>		<b>24</b>		<b>178</b>	

#### 4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

#### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

#### 6. Теми лабораторних занять

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

	аналогові.	
10.	Дослідження ліній передавання контрольних і керуючих сигналів.	6
	<b>Разом</b>	<b>60</b>

### 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Формування сигналів давачів (сенсорів)	15
2.	Аналогова обробка сигналів (ASP)	15
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	20
11.	Цифрова фільтрація сигналів	15
	<b>Разом</b>	<b>135</b>

### 8. 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.  $\delta$ -імпульс. Перетворення Фур'є.
20. Передавання аперіодичних сигналів.
21. Ширина спектру сигналу і смуга пропускання лінії. Формула Шеннона.
22. Випадкові процеси. Стационарні 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 filter).
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 дисперсією 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. Протягом якого проміжку часу повинен спостерігатися сигнал? Через які проміжки часу повинні зніматися відліки сигналу?

77. Сигнал спостерігається протягом 10 сек., причому відліки сигналу знімаються через 10 мксек. Яка гранична частота сигналу  $F_{\max}$  може бути зафіксована? Яке роздільна здатність по частоті буде забезпечуватися в цьому випадку?

## 9. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються нормативні документи, каталоги, лабораторне обладнання, комп'ютерні програми з відповідним програмним забезпеченням, тощо.

При вивченні дисципліни використовуються лекційні і лабораторні заняття, самостійна робота, контрольні індивідуальні завдання для окремих аспірантів, виходячи з особистісних характеристик.

Лекційні заняття крім теоретичних положень містять і проблемні, дискусійні твердження, варіанти вирішення яких досягаються обов'язковим обговоренням їх між усіма присутніми.

Проводяться навчальні дискусії, які базуються на обміні думками між аспірантами і викладачами.

Для розвитку творчого мислення аспірантів, формування в них відповідних практичних умінь та навичок використовуються методи активного навчання.

Лабораторні заняття носять дослідницький, частково-пошуковий характер і базуються на проведенні експериментальних вимірювань та використанні комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Самостійна робота аспірантів направлена на поглиблення теоретичних знань з дисципліни, набуття навичок самостійного освоєння нового матеріалу і передбачає роботу з підручниками, книгами, інтернет-ресурсами у вигляді анотування, конспектування, складання довідки, складання тематичного тезауруса, тощо.

## 10. Форми контролю

Відповідно до Положення про екзамен та заліки у Національному університеті біоресурсів і природокористування України визначені наступні види контролю знань здобувачів вищої освіти: поточний контроль, проміжна та підсумкова атестації. Форми та методи проведення поточного контролю, проміжної 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

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):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$ .

## 11. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: конспект лекцій, навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи здобувачів.

## 12. Рекомендовані джерела інформації:

### *Основна література*

1. Стивен Сміт. Цифрова обробка сигналів. Посібник для інженерів і наукових співробітників. – К: ДМК-Прес, 2018. – 718 с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
3. Корольова Н. А. Системи зв'язку та телекомунікацій на залізничному транспорті: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – Ч. 1. – 118 с.
4. Солонина А. И. Цифрова обробка сигналів в MATLAB: навч. посібник / А. И. Солонина – К: «Видавництво “Науковий світ”», 2018. – 425 с.
5. 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.  
– Режим доступу:  
[https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/4107/%D0%A3%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE\\_%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%20%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%97%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B](https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/4107/%D0%A3%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%20%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%97%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B)

E%D0%B1%D0%BA%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

#### *Додаткова література*

1. Афанасьєв А.А., Риболовлев А.А., Рижков А. П. Цифрова обробка сигналів. - Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 356 с.
2. Андреев 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](http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=8146)
3. Цифрова обробка сигналів [Електронний ресурс, 2019]. – Режим доступу: <https://exponenta.ru/news/cifrovaya-obrabotka-signalov>
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Системи цифрової обробки сигналів» з курсу «Цифрова обробка сигналів» для студентів спеціальностей 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 «ХП». – 36 с. Режим доступу: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/d9297195-d783-483c-8a06-fe412fb02453/content>

#### **Інформаційні ресурси**

1. <https://wikipedia.org>
2. [www.google.com.ua](http://www.google.com.ua) - Пошуковий сайт.
3. [http://pmos.vntu.edu.ua/media/uploads/signals/OSZ\\_OK.pdf](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.
4. <https://habr.com/ru/post/460445/> Курс лекцій «Основи цифрової обробки сигналів».
5. <https://studfile.net/preview/8105051/> Глинченко А.С. Цифрова обробка сигналів: В 2 ч. Ч. 1. Харків: УкрДУЗТ. 2021. 199 с.
6. [www.meta.ua](http://www.meta.ua) – Пошуковий сайт.
7. <http://nubip.edu.ua/> – Головна сторінка НУБіП України.
8. <http://nubip.edu.ua/node/1376> - Кафедра АРС.
9. <http://energ.nauu.kiev.ua/> – Навчально-інформаційний портал ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження.
10. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u37/tehnicni\\_zasobi\\_suchasnih\\_kop\\_yu\\_ternu-integrovanih\\_sistem\\_asp.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u37/tehnicni_zasobi_suchasnih_kop_yu_ternu-integrovanih_sistem_asp.pdf) – аспірантура НУБіП України.
11. <http://elibrary.nubip.edu.ua> – електронна наукова бібліотека НУБіП України.
12. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ.
13. <http://ntbu.ru/> – Державна науково-технічна бібліотека України.