

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
від « 19 » серпня 2022 року  
протокол № 6  
Голова групи (Кузніченко С.Д.)

УЗГОДЖЕНО

ТВО декана факультету КНУА  
(Бучинська І.В.)

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни

**ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ**

(назва навчальної дисципліни)

122 Комп'ютерні науки

(шифр та назва спеціальності)

Комп'ютерні науки

(назва освітньої програми)

бакалавр

(рівень вищої освіти)

денна

(форма навчання)

4

(рік навчання)

7

(семестр навчання)

4 / 120

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

залік

(форма контролю)

Автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища та  
інформатики

(кафедра)

Одеса, 2022 р.

Автори: Перелигін Б.В., тво зав. кафедри АСМНСІ, к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

\_\_\_\_\_

Рецензент Мещеряков В.І., професор, д.т.н., професор

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища та інформатики від «05» вересня 2022 року, протокол № 2.

Викладачі: лекційний модуль: Перелигін Б.В., тво зав. кафедри АСМНСІ, к.т.н., доцент

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

практичний модуль (лабораторні роботи): Перелигін Б.В., тво зав. кафедри АСМНСІ, к.т.н., доцент

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

### Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Підготовка фахівців з комп'ютерних наук в галузі цифрової обробки сигналів
Компетентність	Володіння сучасними методами, технологіями та засобами обробки сигналів
Результат навчання	Вирішувати задачі обробки сигналів на основі застосування методів і засобів цифрової обробки сигналів
Базові знання	1. Про сигнали, одержувані в радіотехніці й гідролокації, сейсмографії, в системах управління та зв'язку, радіоастрономії, вимірювальній техніці, неруйнівному контролю, медицині, транспорті тощо 2. Про різні види цифрової обробки сигналів
Базові вміння	Здійснювати різні види цифрової обробки сигналів
Базові навички	Використовувати сучасні методи, технології та засоби обробки сигналів.
Пов'язані сиблабуси	немає
Попередня дисципліна	немає
Наступна дисципліна	немає
Кількість годин	лекції: 30 практичні заняття: - лабораторні заняття: 30 семінарські заняття: - самостійна робота студентів: 60

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Лекційний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Лекційний модуль		
	• Вступ. Види сигналів та їх енергетичні характеристики	2	1
	• Уявлення детермінованих сигналів в частотній області	2	1
	• Уявлення і характеристики випадкових сигналів	2	1
	• Перетворення безперервних аналогових сигналів у цифровий вигляд	2	1
	• Кореляційний аналіз сигналів	2	1
	• Основні методи та операції цифрової обробки сигналів	2	1
	• Цифрова лінійна фільтрація	2	1
	• Адаптивна фільтрація	2	1
	• Дискретні ортогональні перетворення	2	1
	• Фільтрація в частотній області	2	1
	• Вейвлетна обробка сигналів	8	4
	• Нелінійна обробка сигналів	2	1
	Підготовка до модульної контрольної роботи:		5
	Разом:	30	20

Консультації:

Перелигін Борис Вікторович, четвер, з 10.00 до 15.00, ауд. 125, НЛК № 1.

boris.perelygin@odeku.edu.ua

satel@odeku.edu.ua

### 2.2. Практичний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Практичний модуль		
	• Сигнали та їхні характеристики	4	5
	• Спектральний аналіз сигналів	4	5
	• Кореляційний аналіз сигналів	4	5
	• Цифрова лінійна фільтрація сигналів	6	5
	• Дискретне косинусне та вейвлетне перетворення	6	5
	• Обробка мовних сигналів	6	5
	Разом:	30	30

Перелік лабораторій:

1. Лабораторія 201 НЛК № 2.

Перелік лабораторного обладнання:

1. Комп'ютери.

2. Система комп'ютерної математики.

Консультації:

Перелигін Борис Вікторович, четвер, з 10.00 до 15.00, ауд. 125, НЛК № 1.

boris.perelygin@odeku.edu.ua

satel@odeku.edu.ua

### 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	• Підготовка до лекційних занять	15	1-15 тижні
	• Підготовка до модульної контрольної роботи	5	1-15 тижні
	• Модульна контрольна робота (обов'язкова)		15 тиждень
ЗМ-П1	• підготовка до усного опитування напередодні відповідної лабораторної роботи (обов'язкове)	6x2,5=15	1-15 тижні
	• підготовка до захисту звіту з лабораторних робіт (обов'язковий)	6x2,5=15	1-15 тижні
	Підготовка до залікової контрольної роботи	10	15 тиждень
	Разом:	60	

#### 1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л1 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР у вигляді тесту відкритого типу в якому студенти відповідають на 20 запитань. Студенти одержують аркуші з переліком запитань і можливими варіантами відповідей. При дистанційному навчанні студенти виконують МКР користуючись відповідним розділом програмного комплексу. Час, що виділяється на виконання МКР визначається при одержанні студентом завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 50 балів або 2,5 бали за одну правильну відповідь.

Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 18 і більше запитань – відмінно (45...50 балів), правильна відповідь на 15...17 запитань – добре (37,5...42,5 балів), правильна відповідь на 12...14 запитання – задовільно (30...35 балів), правильна відповідь менше ніж на 12 запитань – незадовільно (менше 30 балів).

Підсумкова оцінка за лекційний модуль дорівнює балам за контрольну роботу МКР.

## *2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1.*

За всі лабораторні роботи встановлена максимальна оцінка 50 балів або за кожну з шести лабораторних робіт встановлена максимальна оцінка 8,33 балів.

Контроль по кожній лабораторній роботі проводиться в формі:

- *усного опитування* при підготовці до кожної лабораторної роботи з метою допуску до її виконання (кількість запитань – до 5, максимальна кількість балів – 4,33),
- *захисту результатів* лабораторної роботи наведених у звіті до лабораторної роботи (кількість запитань залежить від ходу виконання студентом роботи і якості звіту, максимальна кількість балів – 4).

Для кожної лабораторної роботи, якщо студент за *усне опитування* одержав 2 і менше балів він не допускається до виконання роботи, а якщо більше – допускається.

Підсумковою оцінкою за кожну лабораторну роботу буде сума балів за *усне опитування* і *захист результатів*.

Критерії оцінювання результатів контрольного заходу для ЗМ-П1: 45 балів і більше – відмінно, 37...44,9 – добре, 30...36,9 балів – задовільно, менше 30 балів – незадовільно.

*Підсумкова оцінка за практичний модуль* складається з суми балів за всі лабораторні роботи.

## *3. Методика оцінювання за всіма змістовними модулями.*

Підсумковою оцінкою за всіма змістовними модулями (ОЗ) буде сума балів за лекційний та практичний модуль.

## *4. Методика проведення та оцінювання підсумкового контрольного заходу і допуску до нього.*

Підсумковий контрольний захід проводиться у формі залікової контрольної роботи (ЗКР) у вигляді відкритого тесту в якому студенти відповідають на 20 запитань. Студенти одержують аркуші з переліком запитань і можливими варіантами відповідей. При дистанційному навчанні студенти виконують ЗКР користуючись відповідним розділом програмного комплексу. Час, що виділяється на виконання ЗКР визначається при одержанні студентом завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за ЗКР складає 100 балів. Правильна відповідь на одне запитання оцінюється у 5 балів. Оцінка за ЗКР еквівалентна відсотку правильних відповідей на запитання. Критерії оцінювання результатів ЗКР: 90 балів і більше правильних відповідей – відмінно, 74...89,9 балів – добре, 60...73,9 балів – задовільно, менше 60 балів – незадовільно.

Умовою допуску студента до заліку є одержання ним не менше 25 балів з практичної частини дисципліни та не менше 25 балів з теоретичної частини дисципліни.

### 5. Методика підсумкового оцінювання за дисципліну.

Сума балів, яку одержав студент за лекційний модуль, за практичний модуль і за залікову контрольну роботу формують інтегральну оцінку студента з навчальної дисципліни. Інтегральна оцінка (В) за дисципліну розраховується за формулою:

$$B = 0,75 \times O3 + 0,25 \times O3KP,$$

де O3 – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) за всіма змістовними модулями, O3KP – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) залікової контрольної роботи.

6. Інтегральна оцінка (В) за дисципліну за всіма системами оцінювання наведена у наступній таблиці:

Визначення	За системою університету (у відсотках)	За національною системою	За шкалою ECTS
відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100	зараховано	A
вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89,9	зараховано	B
в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81,9	зараховано	C
непогано, але зі значною кількістю помилок	64 – 73,9	зараховано	D
виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63,9	зараховано	E
з можливістю перескладання	35 – 59,9	не зараховано	FX
з обов'язковим повторним курсом навчання	1 – 34,9	не зараховано	F

### 3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни „Цифрова обробка сигналів”:

–зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою навчальної та методичної літератури, що наведена в списку;

–після засвоєння змісту кожної теми курсу потрібно відповісти на „запитання самоперевірки”, що наведені у даних методичних вказівках і відповідній літературі;

–якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні контрольних робіт, то потрібно звернутись до викладача, який читав

лекції.

### 3.1. Модуль ЗМ-Л1 „Лекційний модуль”

#### 3.1.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л1 формують у студентів уявлення про сигнали, їхні форми, види та особливості, методи та операції обробки сигналів та їх особливості.

При вивченні цих розділів необхідно звернути особливу увагу на цифрову фільтрацію сигналів.

#### 3.1.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л1 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Цифрова обробка сигналів”, наведені нижче:

1. Як задається аналоговий сигнал ? [л.1.2, с.2]
2. Як задається цифровий сигнал ? [л.1.2, с.2]
3. Що таке детермінований сигнал ? [л.1.2, с.2]
4. Що таке випадковий сигнал ? [л.1.2, с.2]
5. Що таке періодичний сигнал ? [л.1.2, с.2]
6. Що таке гармонійний сигнал ? [л.1.2, с.2]
7. Що таке дельта-функція ? [л.1.2, с.3]
8. Що таке функція Хевісайда ? [л.1.2, с.3]
9. Що таке енергія та потужність сигналу ? [л.1.2, с.3-4]
10. У чому суть перетворення Фур'є ? [л.1.3, с.1]
11. Що таке амплітудний і фазовий спектр сигналу ? [л.1.3, с.2]
12. Пряме і зворотне перетворення Фур'є [л.1.3, с.2-3]
13. Властивості перетворення Фур'є [л.1.3, с.3-5]
14. Що є математичною моделлю випадкового сигналу ? [л.1.4, с.1]
15. Ймовірнісні характеристики випадкового сигналу [л.1.4, с.2-3]
16. Закони розподілу випадкових сигналів [л.1.4, с.1]? [л.1.4, с.3-5]
17. Що таке дискретизація сигналу і в чому вона полягає ? [л.1.5, с.1-3]
18. Що таке квантування сигналу і в чому воно полягає ? [л.1.5, с.1, 5-8]
19. Як одержується цифровий сигнал ? [л.1.5, с.5]
20. Кореляційна функція та взаємна кореляційна функція, їхні властивості [л.1.6, с.1-3]
21. Взаємний спектр сигналів [л.1.6, с.4]



22. Кореляційні функції випадкових сигналів [л.1.6, с.4-5]
23. Некорельованість і статистична незалежність сигналів [л.1.6, с.6]
24. Стаціонарні та ергодичні випадкові процеси [л.1.6, с.7]
25. Спектральні характеристики випадкових сигналів [л.1.6, с.8-9]
  
26. Точкові перетворення сигналів [л.1.7, с.1]
27. Локальні перетворення сигналів [л.1.7, с.1]
28. Глобальне перетворення сигналів [л.1.7, с.2]
29. Лінійні та нелінійні перетворення сигналів [л.1.7, с.3-4]
30. Циклічна згортка і кореляція [л.1.7, с.6-7]
31. Аперіодична згортка і кореляція [л.1.7, с.7-8]
32. Двохвимірне аперіодичне згортка і кореляція [л.1.7, с.8-9]
  
33. Як математично описується цифрова лінійна фільтрація ? [л.1.8, с.1]
34. Структура не рекурсивного фільтра та його характеристика [л.1.8, с.1, 3]
35. Структура рекурсивного фільтра та його характеристика [л.1.8, с.2]
36. Процедура когерентного накоплення [л.1.8, с.4-5]
  
37. Структура адаптивного фільтра [л.1.9, с.1-2]
38. Функції виконувани адаптивним фільтром [л.1.9, с.2-3]
39. Фільтр Вінера-Хопфа [л.1.9, с.3-6]
40. Фільтр Калмана [л.1.9, с.6-8]
  
41. Дискретне перетворення Фур'є [л.1.10, с.1-4]
42. Двовимірне дискретне перетворення Фур'є [л.1.10, с.4-5]
43. Дискретне косинусне перетворення [л.1.10, с.5-9]
44. Віконне перетворення Фур'є [л.1.10, с.9-11]
  
45. З якою метою застосовують фільтрацію ? [л.1.11, с.1]
46. Операційна частотна фільтрація [л.1.11, с.2]
47. Узгоджені фільтри [л.1.11, с.3]
48. Види фільтрів [л.1.11, с.3-5]
49. Алгоритм Герцеля [л.1.11, с.5-7]
  
50. Вейвлетне перетворення, його види, уявлення і властивості [л.1.12, с.1-20]
51. Види вейвлетів і можливості вейвлетного аналізу [л.1.12, с.20-27]
52. Одновимірне та двоховимірне вейвлетне обробка сигналів [л.1.12, с.27-38]
  
53. Нелінійні перетворення [л.1.13, с.1]
54. Рангова фільтрація [л.1.13, с.2-7]
55. Зважена рангова фільтрація [л.1.13, с.7-8]
56. Ковзна еквалізація гістограм [л.1.13, с.8-10]
57. Перетворення гістограм розподілу [л.1.13, с.11-12]

### 3.2. Модуль ЗМ-ПІ „Практичний модуль”

При вивченні практичного модуля студенти набувають уміння вирішувати задачі обробки сигналів із застосуванням відповідних засобів обробки

При вивченні цього модуля необхідно звернути увагу на практичне застосування одержаних теоретичних знань про методи і засоби обробки сигналів.

Перевірка якості засвоєних знань і одержаних навичок при вивченні цього модуля здійснюється викладачем під час проведення лабораторних занять шляхом усного опитування з наведених для теоретичних модулів питань і перевіркою якості виконання лабораторної роботи.

## 4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

### 4.1. Тестові завдання до всіх видів контролю.

1. Аналоговий сигнал описується [л.1.2, с.2]
2. Цифровий сигнал описується [л.1.2, с.2]
3. Функція Хевісайда – це [л.1.2, с.3]
4. Фізичним носієм інформації є [л.1.2, с.1]
5. До умов Діріхле для подання сигналу інтегралом Фур'є відносять [л.1.3, с.1]
6. Рядом Фур'є може бути представлений [л.1.3, с.1]
7. Інтегральним перетворенням Фур'є може бути представлений [л.1.3, с.2]
8. Амплітудний спектр періодичного сигналу [л.1.3, с.2]
9. Амплітудний спектр неперіодичного сигналу [л.1.3, с.2]
10. Елементами амплітудного спектра є [л.1.3, с.1]
11. Рівність Парсеваля – це [л.1.3, с.5]
12. Для детермінованих сигналів [л.1.4, с.1]
13. Функція розподілу ймовірності випадкового сигналу [л.1.4, с.2]
14. Одномірна щільність ймовірності випадкового сигналу [л.1.4, с.2]
15. Математичне очікування [л.1.4, с.2]
16. Середню потужність відхилень випадкового процесу характеризує [л.1.4, с.3]
17. При перетворенні безперервних аналогових сигналів у цифровий вигляд проводиться операція [л.1.5, с.1]
18. Дискретизація безперервних сигналів проводиться [л.1.5, с.1]
19. Квантування сигналу проводиться [л.1.5, с.1]
20. Частота Найквіста – це [л.1.5, с.1]
21. Ефект появи помилкових частот проявляється у разі, якщо [л.1.5, с.2]

22. Правильне відновлення сигналу відбувається у разі, якщо [л.1.5, с.2]
23. Спектр дискретного сигналу є періодичним з періодом [л.1.5, с.2]
24. Операція інтерполяції при зміні частоти дискретизації полягає у [л.1.5, с.3]
25. Операція проріджування (семплювання) при зміні частоти дискретизації полягає в [л.1.5, с.3]
26. Операція передискретизації (ресемплювання) при зміні частоти дискретизації полягає у [л.1.5, с.3]
27. Квантування – це операція [л.1.5, с.5]
28. Дискретний сигнал являє собою [л.1.5, с.5]
29. Цифровий сигнал являє собою [л.1.5, с.5]
  
30. Кореляційний аналіз сигналів полягає в [л.1.6, с.1]
31. Кореляційна функція визначає [л.1.6, с.1]
32. Автокореляційна функція визначає [л.1.6, с.2]
33. Взаємний спектр сигналів визначається як [л.1.6, с.4]
34. Коефіцієнт кореляції – це [л.1.6, с.6]
35. Теорема Вінера-Хінчина встановлює взаємозв'язок між [л.1.6, с.9]
  
36. Імпульсна характеристика системи [л.1.7, с.5]
37. Перехідна характеристика системи [л.1.7, с.5]
38. Формування окремого елемента результату по одному елементу вихідного сигналу відносять [л.1.7, с.1]
39. Формування окремого елемента результату за деякою сукупністю елементів вихідного сигналу відносять [л.1.7, с.1]
40. Формування окремого елемента результату з усіх елементів вихідного сигналу відносять [л.1.7, с.2]
  
41. В основі цифрової лінійної фільтрації лежить [л.1.8, с.1]
42. Зворотній зв'язок відсутній [л.1.8, с.1-3]
43. Зворотний зв'язок є [л.1.8, с.1-3]
44. Когерентне накопичення полягає у [л.1.8, с.4-5]
  
45. Адаптивний фільтр виконує функцію [л.1.9, с.2]
46. Адаптивний фільтр адаптує [л.1.9, с.2]
47. Чи може адаптивний фільтр виконувати функцію моделювання системи [л.1.9, с.2-3]
48. Рівняння Вінера-Хопфа дає рішення [л.1.9, с.6]
49. Фільтр Калмана реалізує процес [л.1.9, с.6]
  
50. Дискретне перетворення Фур'є виходить з [л.1.10, с.2]
51. Двовимірне дискретне перетворення Фур'є обчислюється [л.1.10, с.4]
52. Дискретне косинусне перетворення обчислюється блоками розміром [л.1.10, с.6]
53. Ідея віконного перетворення Фур'є полягає в [л.1.10, с.9-10]

54. Параметри фільтру при частотній фільтрації сигналу визначаються [л.1.11, с.1]
55. При частотній фільтрації покращення відношення сигнал/перешкода досягається за рахунок [л.1.11, с.2]
56. Узгоджений фільтр призначений для [л.1.11, с.2]
57. У фільтра нижніх частот [л.1.11, с.3]
58. Режекторний фільтр [л.1.11, с.4]
  
59. Ідея вейвлетного перетворення полягає у [л.1.12, с.1]
60. Вейвлет повинен мати [л.1.12, с.3]
61. Пряме безперервне вейвлетне перетворення означає [л.1.12, с.4]
62. Рівень декомпозиції сигналу визначається [л.1.12, с.4-5]
63. Вейвлетна обробка сигналів полягає у виконанні [л.1.12, с.27]
  
64. Рангова фільтрація відноситься до [л.1.13, с.1]

## **5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

### Основна література

1. Перелигін Б.В. Лекції з дисципліни Цифрова обробка сигналів: лекційний курс. – Одеса: ОДЕКУ, 2022. – 186 с.  
<http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/10433>

### Додаткова література

2. Матвеев Ю.Н., Симончик К.К., Тропченко А.Ю., Хитров М.В. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие по дисциплине Цифровая обработка сигналов. – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.