

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет «Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації»

Кафедра «Медіаінженерія та інформаційні радіоелектронні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Декан факультету ІРТЗІ



\_\_\_\_\_ Сакало С.М.  
(підпис, прізвище, ініціали)

01 вересня 2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

\_\_\_\_\_ Цифрова обробка сигналів \_\_\_\_\_

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ бакалаврський \_\_\_\_\_

(бакалаврський, магістерський, освітньо-науковий)

спеціальність

\_\_\_\_\_ 171 «Електроніка» \_\_\_\_\_

(код і повна назва спеціальності)

ОПП \_\_\_\_\_ «Системи, технології та комп'ютерні засоби мультимедіа» \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

Харків – 2023 р.

  
Розробник Шаповалов С.В., доцент каф. МІРЕС, к.т.н.

Робоча програма схвалено на засіданні кафедри Медіаінженерія та інформаційні радіоелектронні системи.

Протокол від 01.09.2023 р. № 1

Завідувач кафедри МІРЕС   
01.09.2023 р. (підпис) В.М. Карташов.  
(ініціали, прізвище)

Керівник групи забезпечення спеціальності: \_\_\_\_\_ Тетяна Фролова  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Схвалено методичною комісією факультету Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації.

Протокол від 01.09.2023 р. № 1

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_   
(підпис) О.О. Іванова  
(ініціали, прізвище)

# 1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Найменування показників         | Характеристика навчальної дисципліни |                       |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                 | денна форма навчання                 | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів ЄКТС<br>4    | Нормативна                           |                       |
| Змістових модулів<br>2          | Рік підготовки:                      |                       |
|                                 | 1-й                                  | -                     |
| Загальна кількість годин<br>120 | Семестр                              |                       |
|                                 | 1-й                                  | -                     |
|                                 | Кількість годин                      |                       |
|                                 | 120                                  | -                     |
|                                 | Аудиторні: 1) лекції, год            |                       |
| Мова навчання<br>Українська     | 20                                   | -                     |
|                                 | 2) практичні, год                    |                       |
|                                 | 10                                   | -                     |
|                                 | 3) лабораторні, год                  |                       |
|                                 | 16                                   | -                     |
|                                 | 4) консультації, год                 |                       |
|                                 | 20                                   | -                     |
|                                 | Самостійна робота, год               |                       |
|                                 | 62                                   | -                     |
|                                 | в тому числі: РГЗ та КР, год.        |                       |
|                                 | -                                    | -                     |
|                                 | Вид контролю: Е-К                    |                       |

## 2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ НАВЧАННЯ

### 2.1 Мета навчання дисципліни:

засвоєння понять, методів та математичних моделей цифрової обробки інформації, формування цілісного уявлення про їх роль в сучасних ефективних алгоритмах перетворення та аналізу сигналів і зображень.

### 2.2 Результати навчання:

за результатами вивчення дисципліни студенти повинні:

**знати:** математичні моделі сигналів; методи дискретизації та відновлення сигналів; основні методи перетворення сигналів; основні види цифрових фільтрів, методи їх аналізу і синтезу; особливості цифрової фільтрації інформації; адаптивні методи фільтрації сигналів та зображень; основні методи статистичної обробки даних; спектральний аналіз сигналів.

**вміти:** визначати передатні функції та частотні характеристики лінійних систем; здійснювати класичні перетворення сигналів та зображень; оцінювати коректність дискретизації сигналів та зображень; виконувати фільтрацію сигналів та зображень; виконувати просторову та часову апроксимацію зображень і відео.

**володіти:** досвідом розрахунку цифрових фільтрів зі скінченною та нескінченною імпульсними характеристиками; загальними методами аналізу та перетворення сигналів та зображень; первинними навичками роботи зі спеціалізованими комп'ютерними програмами цифрової обробки сигналів.

### 2.3 Перелік компетентностей:

#### **Інтегральна компетентність:**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

#### **Загальні компетентності:**

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

#### **Спеціальні (фахові предметні) компетентності**

ФК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.

ФК6. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

ФК9. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв для проектування мікропроцесорних та електронних систем.

#### **Результати навчання** здобувача вищої освіти

Р1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.

Р4. Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміння основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемо-техніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.

Р5. Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання та контролю.

Р6. Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.

Р7. Аналізувати складні цифрові та аналогові інформаційно-вимірювальні системи з розширеною архітектурою комп'ютерних та телекомунікаційних мереж з урахуванням специфікації вибраних технічних засобів електроніки та відповідної технічної документації.

Р8. Визначати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів при розробці у комп'ютерному середовищі нових складних електронних систем та виборі оптимального рішення.

Р9. Проектувати складні системи реального часу та засоби збору і обробки інформації, узгоджені з заданими інформаційними та програм-ними засобами шляхом застосування програмного забезпечення для вбудованих систем на основі мікроконтролерів.

Р 10. Розробляти технічні засоби для побудови та діагностування технічного стану електронних пристроїв та систем, організовувати та про-водити плановий та позаплановий ремонт, налагодження та переналагодження електронного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.

Р 11. Аргументувати норматив-но-правові засади при впровадженні електронних пристроїв та систем; оцінювати переваги інженерних розробок, їх екологічність та безпечність; захищати власні світоглядні позиції та пере-конання у виробництві або соціальній діяльності.

Р12. Використовувати документацію, пов'язану з професійною діяльністю, із застосуванням сучасних технологій та засобів офісного устаткування; використовувати англійську мову, включаючи спеціальну термінологію, для спілкування з фахівцями, проведення літературного пошуку та читання текстів з технічної та фахової тематики.

Р 13. Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення; відповідати вимогам гнучкості в подоланні перешкод та досягненні мети, раціонального використання та нормування часу, дисциплінованості, відповідальності за свої рішення та доцільність.

Р 14. Дотримуватися норм сучасної української ділової та професійної мови.

Р 15. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організовувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.

Р 16. Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань

Р 17. Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.

Р18. Застосовувати методом математичного моделювання і оптимізації електронних систем для розробки автоматизованих та роботизованих виробничих комплексів.

2.4 Передумови для вивчення дисципліни:

Математика, Фізика.

### 3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### **Змістовий модуль 1.** Спектральні перетворення.

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Тема 2,3. Спектральні подання сигналів

Тема 3. Вейвлет-перетворення

Тема 4. Методи кодування форми первинних сигналів.

#### **Змістовий модуль 2.** Цифрові фільтри. Z- перетворення.

Тема 5. Математичний апарат аналізу дискретних сигналів та систем. Z- перетворення.

Тема 6. Обернене z-перетворення.

Тема 7. Цифрові фільтри. Різницеві рівняння і дискретні системи.

Тема 8. Комплексна частотна передатна функція. Характеристика цифрового фільтра в усталеному режимі.

Тема 9, 10. Основні структурні схеми цифрових фільтрів.

### 4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Назви змістових<br>модулів і тем                                                                      | Кількість годин |              |    |    |      |      |              |   |    |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----|----|------|------|--------------|---|----|------|
|                                                                                                       | Денна форма     |              |    |    |      |      | Заочна форма |   |    |      |
|                                                                                                       | Усь-<br>ого     | у тому числі |    |    |      |      | у тому числі |   |    |      |
|                                                                                                       |                 | л            | п  | лр | конс | с.р. | л            | п | лр | конс |
| Модуль 1                                                                                              |                 |              |    |    |      |      |              |   |    |      |
| Змістовий модуль 1. . Спектральні перетворення.                                                       |                 |              |    |    |      |      |              |   |    |      |
| Тема 1. Вступ до дисципліни.                                                                          | 8               | 2            |    |    |      | 6    |              |   |    |      |
| Тема 2, 3. Спектральні подання сигналів                                                               | 24              | 4            | 4  | 8  | 2    | 6    |              |   |    |      |
| Тема 4. Методи кодування форми первинних сигналів.                                                    | 12              | 2            |    |    | 2    | 8    |              |   |    |      |
| Усього годин за модуль 1                                                                              | 44              | 8            | 4  | 8  | 4    | 20   |              |   |    |      |
| Модуль 2                                                                                              |                 |              |    |    |      |      |              |   |    |      |
| Змістовий модуль 2. Цифрові фільтри. Z- перетворення.                                                 |                 |              |    |    |      |      |              |   |    |      |
| Тема 5. . Математичний апарат аналізу дискретних сигналів та систем. Z- перетворення.                 | 18              | 2            | 2  | 4  | 2    | 8    |              |   |    |      |
| Тема 6. Обернене z-перетворення.                                                                      | 10              | 2            |    |    |      | 8    |              |   |    |      |
| Тема 7. Цифрові фільтри. Різницеві рівняння і дискретні системи..                                     | 18              | 2            | 2  | 4  | 2    | 8    |              |   |    |      |
| Тема 8. Комплексна частотна передатна функція. Характеристика цифрового фільтра в усталеному режимі.. | 14              | 2            | 2  |    | 2    | 8    |              |   |    |      |
| Тема 9, 10. Основні структурні схеми цифрових фільтрів.                                               | 16              | 4            |    |    | 2    | 10   |              |   |    |      |
| Усього годин за модуль 2                                                                              | 76              | 12           | 6  | 8  | 8    | 42   |              |   |    |      |
| Усього годин за семестр                                                                               | 120             | 20           | 10 | 16 | 12   | 62   |              |   |    |      |

## 5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

| №<br>з/п | Назва теми                                                                    | Кількість годин |        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|          |                                                                               | Денна           | Заочна |
| 1.       | Імпульс прямокутної форми.                                                    | 2               |        |
| 2.       | Властивості ДПФ.                                                              | 2               |        |
| 3.       | Z-перетворення.                                                               | 2               |        |
| 4.       | Базові операції введення-виведення цифрових зображень                         | 2               |        |
| 5.       | Сингулярні функції та їх використання при моделюванні детермінованих сигналів | 2               |        |
|          | <b>Загальна кількість</b>                                                     | <b>10</b>       |        |

## 6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

| №<br>з/п | Назва теми                                                                                            | Кількість годин |        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|          |                                                                                                       | Денна           | Заочна |
| 1.       | Спектральний аналіз неперіодичних сигналів.                                                           | 4               |        |
| 2.       | Теорема Котельникова.                                                                                 | 4               |        |
| 3.       | Моделювання частотно-маніпульованого сигналу з мінімальним зсувом ( <i>MSK Minimum Shift Keying</i> ) | 4               |        |
| 4.       | Усунення шуму зображення.                                                                             | 4               |        |
|          | <b>Загальна кількість</b>                                                                             | <b>16</b>       |        |

## 7 САМОСТІЙНА РОБОТА

| №<br>з/п | Назва теми                                                                         | Кількість годин |        |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|          |                                                                                    | Денна           | Заочна |
| 1.       | Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів і навчальної літератури | 20              |        |
| 2.       | Підготовка до практичних занять                                                    | 17              |        |
| 3.       | Підготовка до лабораторних занять                                                  | 17              |        |
| 4.       | Вивчення використання FFT в програмних пакетах                                     | 2               |        |
| 5.       | Вивчення методів кодування форми сигналів                                          | 2               |        |
| 6.       | Вивчення використання прямого Z- перетворення                                      | 2               |        |
| 7.       | Вивчення використання оберненого Z- перетворення                                   | 2               |        |
|          | <b>Загальна кількість</b>                                                          | <b>62</b>       |        |

## 8 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Методи навчання: словесний, практичний з використанням відеометоду у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання.

Засоби оцінювання: залік, завдання на лабораторному обладнанні.

## 9 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

### 9.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| Вид заняття / контрольний захід | Оцінка                        |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ЛБ № 1, 2                       | $(9...16) \times 2 = 18...32$ |
| Пз № 1, 2                       | $(6...9) \times 2 = 12...18$  |
| <b>Контрольна точка 1</b>       | <b>30...50</b>                |
| ЛБ № 3, 4                       | $(9...16) \times 2 = 18...32$ |
| Пз № 3, 4, 5                    | $(4...6) \times 3 = 12...18$  |
| <b>Контрольна точка 2</b>       | <b>30...50</b>                |
| <b>Всього за семестр</b>        | <b>60...100</b>               |

### 9.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг **знань** для одержання позитивної оцінки:

1. Поняття аналогових і дискретних сигналів. Дискретизація і квантування. Теорема Котельникова.
2. Дискретно-неперервне та дискретне перетворення Фур'є. Властивості перетворення Фур'є. Операція згортки.
3. Випадкові послідовності та їх характеристики.
4. Визначення та класифікація цифрових фільтрів. Рекурсивний та нерекурсивний цифрові фільтри.
5. Передатна функція системи. Полюси та нулі передатної функції.
6. Частотні та часові характеристики цифрових фільтрів.
7. Ефекти квантування сигналів у цифрових фільтрах.
8. Методи синтезу передаточної функції нерекурсивних фільтрів.
9. Методи синтезу передаточної функції рекурсивних цифрових фільтрів.
10. Принципи інтерполяції цифрового сигналу
11. Задачі та методи спектрального аналізу дискретних сигналів.

Необхідний обсяг **умінь** для одержання позитивної оцінки:

1. Уміти оцінювати частоту дискретизації аналогового сигналу та похибки квантування вихідного сигналу.
2. Уміти розраховувати передаточні функції цифрових фільтрів зі скінченною та нескінченною імпульсними характеристиками.
3. Уміти визначати оптимальну форми представлення чисел і способи обмеження розрядності у цифрових фільтрах.
4. Уміти здійснювати попередній спектральний аналіз випадкових послідовностей в пакеті MATLAB або MathCad.

**Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.**

*Задовільно, D, E (60-74).* Засвоїти мінімум знань і умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Уміти пояснити дискретизацію та квантування.

*Добре, C, (75-89).* Твердо засвоїти мінімум теоретичних знань. Уміти виконувати спектральний аналіз дискретних сигналів.

*Відмінно, A, B (90-100).* Засвоїти всі теми. Уміти зробити *Z*-перетворення.

**Критерії оцінювання знань та вмінь студента на заліку.**



*Задовільно, D, E (60-74).* Показати необхідний мінімум теоретичних знань. Відповісти на два теоретичних питання.

*Добре, C (75-89).* Твердо знати головні теми теоретичного матеріалу та вміти розв'язувати практичні завдання. Відповісти на три теоретичних запитання.

*Відмінно, A, B (90-100).* Показати повні знання теоретичного матеріалу. Відповісти на три теоретичних запитання. Безпомилково розв'язати задачі, пояснити та обґрунтувати обраний метод розв'язання.

#### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

| Оцінка з дисципліни | Оцінка за шкалою ECTS | Оцінка за національною шкалою |  |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
|                     |                       | екзамен                       |  |
| 96-100              | A                     | 5 (відмінно)                  |  |
| 90-95               | B                     | 5 (відмінно)                  |  |
| 75-89               | C                     | 4 (добре)                     |  |
| 66-74               | D                     | 3 (задовільно)                |  |
| 60-65               | E                     | 3 (задовільно)                |  |
| 35-59               | FX                    | 2 (незадовільно)              |  |
| 1-34                | F                     |                               |  |

#### 10 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

##### 10. Базова література

1. 1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 1,2.–Харків: "Компанія СМІТ", 2003. С.983.

2. David Middleton An Introduction to Statistical Communication Theory: An IEEE Press Classic Reissue, p. 1184.

3. William M. Siebert Circuits, Signals, and System. The MITPress DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/1839.001.0001>.

4. Bernard Sklar. DIGITAL COMMUNICATIONS. Fundamentals and Applications Second Edition. p. 954.

#### 11 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програми для моделювання сигналів і алгоритмів їхньої обробки, реалізовані в програмних пакетах MathCad і MATLAB.