

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра акустики та акустоелектроніки

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету  
(директор інституту)

\_\_\_\_\_ В.Я. Жуйков  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

\_\_\_\_\_ В.Я. Жуйков  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

***РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА***  
***КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ***

**“Методи обробки акустичних сигналів”**

(назва та код кредитного модуля)

для напрямів підготовки (спеціальностей):

**“6.050803 Акустотехніка ”**

(шифри та назви напрямів, спеціальностей)

денна  
(форма навчання)

Програму рекомендовано кафедрою  
Протокол №13 від 17.06.2015  
(протокол №, дата)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.С. Дідковський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Київ – 2015

## I. Загальні відомості

Кредитний модуль "Методи обробки акустичних сигналів" – складова частина дисциплін, які включені до циклу професійної та практичної підготовки нормативної частини програми для студентів напряму 6.050803 "Акустотехніка", що навчаються за програмами професійного спрямування «Акустичні засоби та системи».

Методи обробки акустичних сигналів застосовуються для аналізу широкого кола процесів та розробки різноманітних систем - технічного та медичного моніторингу, діагностики, прогнозування, управління тощо. В основі загального підходу, що охоплює різноманітні методи обробки акустичних сигналів, покладено такі математичні та інженерні дисципліни як математичний аналіз, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія процесів і систем. Таким чином охоплюється значна частина напрямів розробки систем обробки акустичних сигналів, що дозволяє органічно пов'язати дисципліну «Методи обробки акустичних сигналів» з іншими дисциплінами: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем», «Обробка зображень в медицині», «Акустичні інформаційні системи», «Комп'ютерні акустичні системи», «Проектування акустичних приладів та систем».

## II. Розподіл навчального часу

СЕМЕСТР / КОД КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ	Всього годин	Розподіл годин за видами занять						Кількість МКР	Вид індивідуального завдання	Семестрова атестація	
		Лекції	Практичні заняття	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС				
							Всього				У тому числі на виконання індивідуального завдання
6/ЗП-08	216	54	18	–	–	18	126	12	2	РГР	екз.

## III. Мета и завдання кредитного модуля

Метою курсу "Методи обробки акустичних сигналів" є формування теоретичних знань та практичних навичок майбутніх інженерно-технічних працівників в галузі аналізу та синтезу неперервних аналогових та дискретних цифрових систем, що призначені для автоматизованої обробки акустичних сигналів різноманітного походження. В результаті студент повинен:

- навчитися елементам системотехнічного підходу до побудови сучасних систем обробки акустичних сигналів;
- навчитися методикам інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних систем та їх елементів;
- засвоїти знання стандартної термінології.

## IV. Тематичний план

### IV.1. Розподіл навчального плану за темами

Найменування розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять						
	Всього	Лекц.	Практ.	Семін.	Лабор.	Індив.	СРС
Семестр 6							

<b>Розділ 1. Цифрова обробка акустичних сигналів</b>							
Тема 1. Цифрові нерекурсивні фільтри	12	3	1		1	6	7
Тема 2. Цифрові рекурсивні фільтри	12	3	1		1	6	7
Тема 3. Фільтри Кайзера	12	3	1		1		7
Тема 4. Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів	12	3	1		1		7
Тема 5. Спеціальні різновиди цифрових фільтрів: фільтри, що диференціюють та інтегрують	12	3	1		1		7
Тема 6. Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів	12	3	1		1		7
Тема 7. Моделювання забарвленого шуму	12	3	1		1		7
Тема 8. Дискретне перетворення Гільберта	12	3	1		1		7
Тема 9. Чотири форми перетворення Фур'є	12	3	1		1		7
Тема 10. Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу	12	3	1		1		7
Тема 11. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є	12	3	1		1		7
<b>Розділ 2. Статистична обробка акустичних сигналів</b>							
Тема 12. Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу	12	3	1		1		7
Тема 13. Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП).	12	3	1		1		7
Тема 14. Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів	12	3	1		1		7
Тема 15. Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів	12	3	1		1		7
Тема 16. Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчіна	12	3	1		1		7
Тема 17. Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів	12	3	1		1		7
Тема 18. Спектрально-кореляційний аналіз процесів, лінійних та нелінійних систем	12	3	1		1		7
Всього в семестрі:	216	54	18		18	12	126

## IV.2. Лекції

### Семестр 6

#### Розділ 1

#### Цифрова обробка акустичних сигналів

##### Тема 1. Цифрові нерекурсивні фільтри

Лекція 1. Класифікація акустичних приладів та систем. Головні задачі та методи обробки сигналів. Нерекурсивні фільтри. Імпульсний відгук та передаточна характеристика. Розрахунок нерекурсивних НЧ-фільтрів. Явище Гіббса. Функції вікна. Розрахунок нерекурсивних ВЧ, смугових та режекторних фільтрів.

Л [1] с. 51-64; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 2. Цифрові рекурсивні фільтри

Лекція 2. Рекурсивні фільтри. Алгоритм рекурсивної фільтрації. Z-перетворення. Імпульсний відгук та передаточна характеристика, типи рекурсивних фільтрів. Розрахунок рекурсивних фільтрів.

Л [1] с. 66-82; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 3. Фільтри Кайзера

Лекція 3. Фільтри Кайзера. Особливості вікна Кайзера. Методика Кайзера. Розрахунок фільтрів кайзера в середовищі Матлаб.

Л [1] с. 96-102; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 4. Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів

Лекція 4. Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів. Рівномірне наближення функцій. Тригонометричні поліноми. Теорема Чебишова при альтернанси. Розрахунок фільтрів Чебишова за методом Ремеза. Розрахунок фільтрів Чебишова в середовищі Матлаб.

Л [1] с. 104-116; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 5. Спеціальні різновиди цифрових фільтрів: фільтри, що диференціюють та інтегрують

Лекція 5. Спеціальні різновиди цифрових фільтрів. Фільтри, що диференціюють. АЧХ та ФЧХ фільтрів що диференціюють. Різновиди фільтрів що диференціюють. Фільтри, що інтегрують. АЧХ та ФЧХ фільтрів що інтегрують. Різновиди фільтрів що інтегрують.

Л [1] с. 118-126; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 6. Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів.

Лекція 6. Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів. Структура та можливості Матлаб. Робота у діалоговому режимі (із командним вікном). Робота із графічними інтерфейсами (sptool, fdatool). Приклади розв'язання завдань із побудови цифрових фільтрів в середовищі Матлаб.

Л [1] с. 74-82, 89-93, 101-102; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 7. Моделювання забарвленого шуму.

Лекція 7. Мета моделювання забарвленого шуму. Різновиди забарвленого шуму. Технологія моделювання забарвленого шуму із використання цифрових фільтрів. Використання моделювання забарвленого шуму при дослідженні методів вимірювання розбірливості мови на фоні шуму. Формантний метод вимірювання розбірливості мови на фоні шуму.

Л [1] с. 128-138; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 8. Дискретне перетворення Гільберта.

Лекція 8. Дискретне перетворення Гільберта. Застосування перетворення Гільберта: обчислення огинаючої сигналів. Визначення перетворення Гільберта. Властивості перетворення Гільберта. Два підходи до виводу ДПГ: спектральний та часовий.

Л [1] с. 141-152; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 9. Чотири форми перетворення Фур'є.

Лекція 9. Чотири форми перетворення Фур'є. Неперервне перетворення Фур'є. Ряд Фур'є. Дискретне перетворення Фур'є. Скінчене перетворення Фур'є.

Л [1] с. 154-158; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Тема 10. Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу.

Лекція 10. Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу. Випадки спектру гармонічного сигналу: попадання у вузол сітки частот та непопадання у вузол. Функція (ядро) Діріхле та її неперервний аналог. Виконання ДПФ із застосуванням середовища Матлаб. Функції вікна та їх спектри. Дописування нулів та інтерполяція за допомогою перетворення Фур'є.

Л [1] с. 160-174; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 11. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є.

Лекція 11. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є. Алгоритм з прорізуванням у часі. Алгоритм з прорізуванням по частоті. Виграш у кількості арифметичних операцій.

Л [1] с. 191-198; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

## Розділ 2

### Статистична обробка акустичних сигналів

Тема 12. Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу.

Лекція 12. Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу. Зміщення та дисперсія оцінки густини ймовірності гістограмним методом. Повна відносна похибка оцінки.

Л [1] с. 220-231; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 13. Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП).

Лекція 13. Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП). Стаціонарні випадкові процеси у широкому та вузькому сенсах. Ергодичні випадкові процеси. Математичне очікування та дисперсія середнього арифметичного. Зміщення, ефективність та спроможність оцінок.

Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 14. Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів.

Лекція 14. Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів. Математичне очікування оцінки дисперсії. Асимптотично незміщена та незміщена оцінки дисперсії. Дисперсія оцінки дисперсії.

Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 15. Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів.

Лекція 15. Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів. Кореляційні функції та їх властивості. Неперервна форма оцінки функції кореляції. Математичне чекання і дисперсія оцінки функції кореляції у неперервній формі. Дискретна форма оцінки функції кореляції. Математичне чекання і дисперсія оцінки функції кореляції.

Л [1] с. 262-270; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 16. Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчина.

Лекція 16. Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчина. Моделі гармонійного процесу і білого шуму. Формули Вінера-Хінчина. Модель гармонійного процесу. Моделі білого шуму. Спектри потужності та їх властивості. Співвідношення невизначеності.

Л [1] с. 291-300; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 17. Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів.

Лекція 17. Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів. Застосування спектроаналізаторів. Сирі періодограми. Неперервна та дискретна форми спектрального аналізу лінійних систем. Модифіковані періодограми. Фільтрова оцінка спектра. Вікна у спектральному аналізі. Параметри вікон. Вияв слабких гармонійних сигналів на фоні сильних.

Л [1] с. 301-326; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

Тема 18. Спектрально-кореляційний аналіз процесів, лінійних та нелінійних систем

Лекція 18. Функція кореляції відгуку лінійної системи. Взаємна кореляція відгуку та впливу на лінійну систему. Неперервна та дискретна форми кореляційного аналізу лінійних систем. Спектр потужності відгуку лінійної системи.

Л [1] с. 337-345; Л [2]

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції.

### IV.3. Практичні заняття Семестр 6

Розділ, тема, заняття	Годин
Розділ 1 Цифрова обробка сигналів	18
Тема 1.1. Цифрова фільтрація сигналів Заняття 1. Розрахунок нерекурсивних НЧ-, ВЧ-, смугових та режекторних фільтрів. Заняття 2. Z-перетворення. Розрахунок рекурсивних фільтрів.	4
Тема 1.2. Дискретні перетворення Фур'є та Гільберта. Заняття 3. Застосування дискретної трансформації Фур'є для обробки сигналів. Функції вікна та їх спектри. Заняття 4. Розрахунок перетворення Гільберта за допомогою перетворення Фур'є. Різновиди алгоритмів дискретного перетворення Гільберта.	4
Тема 1.3. Цифрове згладжування, диференціювання та інтегрування Заняття 4. Сплайнова інтерполяція та апроксимація. Різновиди цифрового диференціювання та інтегрування.	4
Тема 2.2. Спектрально-кореляційний аналіз процесів та лінійних систем Заняття 7. Функція кореляції відгуку лінійної системи. Взаємна кореляція відгуку та впливу на лінійну систему.	4
Тема 2.3. Проходження випадкових процесів через нелінійні безінерційні системи Заняття 8. Розрахунок розподілу густини ймовірностей на виході нелінійних безінерційних систем	2
Всього:	18

### IV.4. Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум) Семестр 6

Розділ, тема, заняття	Годин
Розділ 1 Цифрова обробка сигналів	18
Тема 1.1. Оцінювання параметрів закону розподілу ВВ і СВП Лаб.раб.1. Дослідження гістограм випадкових процесів	4
Тема 1.1. Дослідження гістограм на вході та виході нелінійних елементів Лаб.раб.1. Дослідження гістограм випадкових процесів при нелінійних перетвореннях.	4
Тема 1.2. Кореляційний аналіз СВП. Лаб.раб.2. Дослідження автокореляційних функцій випадкового процесу у вигляді мовного сигналу	4
Тема 1.3. Спектральний аналіз СВП. Лаб.раб.3. Дослідження спектрів випадкового процесу у вигляді мовного сигналу	6
Всього в семестрі:	18

### IV.5. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота за Темами 1-6. Цифрова фільтрація сигналів – мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань та здобуття практичних навичок з розрахунку

нерекурсивних та рекурсивних фільтрів аналітичними методами та за допомогою ПЕОМ.

#### **IV.6. Самостійна робота студентів**

Робота із конспектами, навчально-методичною літературою, електронними навчальними посібниками. Розв'язання задач за темами. Комп'ютерний практикум за темами.

#### **V. Методичні вказівки**

Для засвоєння кредитного модуля "Методи обробки акустичних сигналів" використовуються такі методи навчання: лекційний, практичні, лабораторні заняття, самостійна робота студентів, виконання індивідуального завдання, контроль за якістю виконання.

На лекційних та практичних заняттях регулярно проводиться опитування студентів, спрямоване на обговорення і роз'яснення основних теоретичних положень, які забезпечують розв'язок поставлених задач і більш глибоке розуміння сутностей і особливостей методів, що відпрацьовуються.

Для наочності при проведенні розрахунків на практичних та експериментальних дослідженнях на лабораторних заняттях студентам надаються реальні елементи електронних пристроїв у вигляді дискретних елементів або друкованих плат.

З метою інтенсифікації навчального процесу та підвищення якості підготовки фахівців, підвищення мотивації студентів до активного, свідомого навчання, систематичної самостійної роботи протягом семестру та відповідальності за результати навчальної діяльності запропонована рейтингова система оцінювання успішності студентів.

Для більш зручної роботи деякі робочі матеріали та методичні вказівки надаються в електронному вигляді.

#### **VI. Навчально-методичні матеріали**

##### **Основна література**

1. Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – К.: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 430 с.
2. Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://aprodeus.narod.ru/teaching.htm>
3. Шрюфер Е. Цифрова обробка сигналів, (переклад з німецької), видавництво "Либідь", 1992.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. -608с.

##### **Додаткова література**

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение. – М., Физматгиз, 1962.
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М., «Сов.радио», 1966.
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники, тт.І, ІІ. – М., «Сов.радио», 1966, 1968гг.
4. Лившиц Н.А., Пугачев В.Н. Вероятностный анализ систем автоматического управления. Часть ІІ. Нелинейные системы. Системы дискретного действия.– М., «Сов.радио», 1963.
5. Крамер Г. Математические методы статистики. / Пер. с англ.; Под ред. А.Н. Колмогорова. — М.: Мир, 1975. — 648 с.
5. Мирский Г.Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. – М.,

«Энергия», 1972.

6. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов. Под ред. С.Гуна, Х.Уайтхауса, Т.Кайлата. – М., «Радио и связь», 1989.
7. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й., Синєкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К., ТОО “ВЕК+”, 1997.

Робоча навчальна програма складена на основі навчальної програми  
дисципліни **Методи обробки акустичних сигналів**  
(назва дисципліни)

затвердженої заст. декана ФЕЛ С.А.Найдою  
(посада і дата затвердження)

Розробник програми: професор кафедри акустики та акустоелектроніки Продеус А.М.

\_\_\_\_\_ / Продеус А.М./  
(підпис) (прізвище та ініціали)