

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. І. СІКОРСЬКОГО”

Факультет (інститут) електроніки
Кафедра акустики та акустoeлектроніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету

_____ В.Я. Жуйков
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20 ____ р.

_____ В.Я. Жуйков
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20 ____ р.

***РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ***

“Комп’ютерна обробка акустичних сигналів”

(назва та код кредитного модуля)

для студентів напрямку

“Електроніка”

що навчаються за програмами професійного спрямування

«Акустичні мультимедійні технології та системи»

(шифри та назви напрямів, спеціальностей)

денна

(форма навчання)

Програму рекомендовано кафедрою
Протокол № 13 від 13.07.2016
(протокол №, дата)

Завідувач кафедри

_____ В.С. Дідковський
(підпис) (ініціали, прізвище)

Київ – 2016

I. Загальні відомості

Комп'ютерна обробка акустичних сигналів широко застосовується для запису, передачі на відстань та відновлення мовлення, музики та інших акустичних сигналів. Такі пристрої є складовою частиною різноманітних систем: ліній зв'язку, технічного та медичного моніторингу, діагностики, прогнозування, управління тощо.

В основі загального підходу, що охоплює різноманітні методи комп'ютерної обробки акустичних сигналів, покладено такі математичні та інженерні дисципліни як математичний аналіз, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія процесів і систем, методи обробки акустичних сигналів. Таким чином охоплюється значна частина напрямів розробки систем обробки акустичних сигналів, що дозволяє органічно пов'язати дисципліну «Комп'ютерна обробка акустичних сигналів» з іншими дисциплінами: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем», «Акустичні інформаційні системи», «Проектування акустичних приладів та систем», «Методи обробки акустичних сигналів». Кредитний модуль «Комп'ютерна обробка акустичних сигналів» забезпечує кредитні модулі «Комп'ютерні акустичні системи» та «Акустичні інформаційні системи».

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	Семинарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС				
							Всього				У тому числі на виконання індивідуального завдання
9/НП-07	220	108	–	–	–	54	58	12	2	РГР	екз.

III. Мета и завдання дисципліни

Метою курсу "Комп'ютерна обробка акустичних сигналів" є формування теоретичних знань та практичних навичок майбутніх інженерно-технічних працівників в галузі аналізу та синтезу дискретних цифрових систем, що призначені для акустичної експертизи та корекції акустичних сигналів різноманітного походження. В результаті студент повинен:

- навчитися елементам системотехнічного підходу до аналізу та побудови сучасних апаратно-програмних систем акустичної експертизи та корекції 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.	Комп. практ.	Індив.	СРС
Семестр 9							
Розділ 1. Акустична експертиза комунікаційних каналів	76	24	-	-	-	-	52

<i>Тема 1.1.</i> Акустична експертиза, корекція та кодування.	12	4	-	-	-	-	8
<i>Тема 1.2.</i> Чутливість слуху до обмеження смуги частот.	28	4	-	-	16	-	8
<i>Тема 1.3.</i> Чутливість слуху до фазових спотворень сигналів.	29	4	-	-	16	-	9
<i>Тема 1.4.</i> Об'єктивні показники якості мовленнєвих сигналів: SSNR, LSD, BSD та WB-PESQ	13	4	-	-	-	-	9
<i>Тема 1.5.</i> Розрахунок та вимірювання розбірливості мовлення. Частина 1. Формантний метод	29	4	-	-	16	-	9
<i>Тема 1.6.</i> Розрахунок та вимірювання розбірливості мовлення. Частина 2. Модуляційний та емпіричний методи	13	4	-	-	-	-	9
Розділ 2. Кодування акустичних сигналів	128	28	-	-	-	-	100
<i>Тема 2.1.</i> Непараметричне кодування сигналів. Імпульсна кодова модуляція (ІКМ) із лінійним квантуванням	14	4	-	-	-	-	10
<i>Тема 2.2.</i> Непараметричне кодування сигналів. Імпульсна кодова модуляція (ІКМ) із нелінійним квантуванням	14	4	-	-	-	-	10
<i>Тема 2.3.</i> Непараметричне кодування сигналів. Дельта-модуляція	20	4	-	-	6	-	10
<i>Тема 2.4.</i> Смогові вокодери	24	4	-	-	-	-	20
<i>Тема 2.5.</i> Фазові вокодери	24	4	-	-	-	-	20
<i>Тема 2.6.</i> Мовоелементні вокодери. Частина 1. Системи автоматичного розпізнавання мовлення	24	4	-	-	-	-	20
<i>Тема 2.7.</i> Мовоелементні вокодери. Частина 2. Системи автоматичного синтезу мовлення	14	4	-	-	-	-	10
Розділ 3. Корекція акустичних сигналів	16	8	-	-	-	-	8
<i>Тема 3.1.</i> Придушення шумової завади.	8	4	-	-	-	-	4
<i>Тема 3.2.</i> Придушення дії пізньої реверберації.	8	4	-	-	-	-	4
Всього в семестрі:	220	108	-	-	54	-	58

IV.2. Лекції

Семестр 9

Розділ 1. Акустична експертиза комунікаційних каналів

Тема 1.1. Акустична експертиза, корекція та кодування.

Лекція 1. Визначення поняття акустичної експертизи. Різновиди акустичної експертизи. Комунікаційні канали. Спотворення сигналів в комунікаційних каналах. Акустична експертиза комунікаційних каналів. Корекція акустичних сигналів. Кодування сигналів: поняття кодування та різновиди кодування.

Л [1] с. 3-10

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із додатковими відповідними літературними джерелами та доповнити конспект за результатами такого ознайомлення.

Тема 1.2. Чутливість слуху до обмеження смуги частот.

Лекція 2. Сучасні лінії зв'язку та смуги пропускання. Якість та розбірливість акустичних сигналів. Суб'єктивні та об'єктивні міри якості та розбірливості мовлення. Досліди із визначення ступеня впливу обмеженості смуги частот на якість мовлення та музики. Визначення об'єктивних мір якості SSNR та LSD.

Л [8] с. 468-488

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції та методичні рекомендації до виконання комп'ютерних практикумів №1 та №2.

Тема 1.3. Чутливість слуху до фазових спотворень сигналів.

Лекція 3. Фазові спотворення – модель їх виникнення. Чутливість слуху до фазових спотворень при сприйнятті імпульсних сигналів. Чутливість слуху до фазових спотворень при сприйнятті мовленнєвих та музичних сигналів. Досліди із визначення ступеня впливу фазових спотворень на якість мовлення та музики.

Л [8] с. 469-502

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції та методичні рекомендації до виконання комп'ютерного практикуму №3.

Тема 1.4. Особливості об'єктивних показників якості мовленнєвих сигналів: SSNR, LSD, BSD та WB-PESQ.

Лекція 4. Чутливість показника SSNR до властивостей фільтра. Чутливість показника LSD до спектру мовленнєвого сигналу. Етапи обчислення показника BSD. Поняття про показник WB-PESQ та спосіб його оцінювання.

Л [8] с. 502-514

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із додатковими відповідними літературними джерелами та доповнити конспект за результатами такого ознайомлення.

Тема 1.5. Розрахунок та вимірювання розбірливості мовлення. Частина 1. Формантний метод.

Лекція 5. Визначення поняття розбірливості мовлення. Суб'єктивні та об'єктивні (інструментальні) методи оцінювання розбірливості мовлення. Класифікація інструментальних методів оцінювання розбірливості мовлення. Формантний метод та варіанти його реалізації. Сучасна точка зору на можливості формантного методу.

Л [8] с. 502-514

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із додатковими відповідними літературними джерелами та доповнити конспект за результатами такого ознайомлення.

Тема 1.6. Розрахунок та вимірювання розбірливості мовлення. Частина 2. Модуляційний та емпіричний методи.

Лекція 6. Модуляційний метод та фізичні засади, на яких він базується. Поняття еквівалентного відношення сигнал-шум при дії реверберації на акустичний сигнал. Формантно-модуляційний метод. Скритність вимірювань. Фактори, що враховуються при виборі методу вимірювань розбірливості мовлення.

Л [8] с. 502-514

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із додатковими відповідними літературними джерелами та доповнити конспект за результатами такого ознайомлення.

Розділ 2. Кодування акустичних сигналів

Тема 2.1. Різновиди імпульсної та дельта-модуляції.

Лекція 7. Непараметричне кодування сигналів. Імпульсна кодова модуляція (ІКМ) із лінійним квантуванням.

Л [5] с. 109-111, 828-843

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, виконати вправи, з моделювання лінійної РСМ модуляції в Matlab.

Тема 2.2. Непараметричне кодування сигналів. Імпульсна кодова модуляція (ІКМ). Нелінійне квантування.

Лекція 8. Непараметричне кодування сигналів. Імпульсна кодова модуляція (ІКМ) із нелінійним квантуванням.

Л [5] с. 109-111, 828-843

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, виконати вправи, з моделювання лінійної РСМ модуляції в Matlab.

Тема 2.3. Непараметричне кодування сигналів. Дельта-модуляція.

Лекція 9. Дельта-модуляція. Сигма-дельта модуляція. Моделювання дельта-модуляції в системі Matlab.

Л [5] с. 109-111, 828-843

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, виконати вправи з моделювання лінійної РСМ модуляції в Matlab.

Тема 2.4. Смугові вокодер

Лекція 10. Смуговий вокодер, гомоморфний вокодер, ліпредер. Моделювання вокодерів в системі Matlab. Вимірювання ознак «голосний-приголосний», «частота основного тону» та параметрів, що характеризують резонансні властивості мовленнєвого тракту.

Л [7] с. 77-147, Л [9] с. 56-64

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, виконати вправи з моделювання смугового вокодеру в Matlab.

Тема 2.5. Фазові вокодери

Лекція 11. Аналітичний опис алгоритмів фазового вокодеру. Структурна схема моделі фазового вокодеру. Акустичні ефекти із застосуванням фазового вокодеру: масштабування часу та частоти.

Л [9] с. 56-64, Л [6] с. 329-364

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, виконати вправи з фазового вокодеру в Matlab.

Тема 2.6. Мовоелементні вокодери. Частина 1. Системи автоматичного розпізнавання мовлення

Лекція 12. Аналітичний огляд розвитку науково-практичного напрямку побудови систем автоматичного розпізнавання мови. Сучасні підходи та загальні результати до розв'язання завдання. Інструментарій НТК – історія виникнення, можливості, перспективи використання. Демонстрація діючої моделі систему автоматичного розпізнавання українського мовлення.

Л [6] с. 429-468

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися з коротким описом інструментарію НТК, спробувати самостійно створити модель автоматичної системи розпізнавання чисел від 0 до 9.

Тема 2.7. Мовоелементні вокодери. Частина 2. Системи автоматичного синтезу мовлення

Лекція 13. Основні підходи до реалізації систем синтезу мовлення: конкатенантний метод та синтез за правилами. Етапи створення системи автоматичного синтезу мовленнєвого сигналу за текстом. Роль інтонації та способи її реалізації. Демонстрація діючих моделей систем синтезу українського мовлення.

Л [5] с. 831-874

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із додатковими відповідними літературними джерелами та доповнити конспект за результатами такого ознайомлення.

Розділ 3. Корекція акустичних сигналів

Тема 3.1. Придушення шумової завади.

Лекція 14. Аналітичний огляд методів придушення шумової завади. Метод віднімання спектрів. Вінерівська фільтрація. Методи MMSE та logMMSE. Методи радикального придушення шумової завади. Демонстрація діючих моделей шумозаглушення.

Л [11] с. 137-185

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із текстами комп'ютерних програм придушення шуму.

Тема 3.2. Придушення дії пізньої реверберації..

Лекція 15. Пізня реверберація та причини можливості її ототожнення із адитивним шумом. Відмінності пізньої реверберації від фоновий шумової завади. Обчислення спектру пізньої реверберації. Демонстрація діючих моделей заглушення пізньої реверберації. Сліпе обчислення часу реверберації.

Л [12] с. 1-118

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, ознайомитися із текстами комп'ютерних програм придушення пізньої реверберації.

IV.3. Комп'ютерний практикум

Семестр 9

Розділ, тема, заняття	Годин
Тема 1.2. Чутливість слуху до обмеження смуги частот. Тема 1.4. Об'єктивні показники якості мовленнєвих сигналів: SSNR, LSD, BSD та WB-PESQ Заняття 1. Суб'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів із обмеженою смугою частот Заняття 2. Об'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів із обмеженою смугою частот	16
Тема 1.3. Імпульсна модуляція та різновиди дельта-модуляції Тема 1.4. Об'єктивні показники якості мовленнєвих сигналів: SSNR, LSD, BSD та WB-PESQ Заняття 3. Суб'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів, спотворених за фазою Заняття 4. Суб'єктивне оцінювання якості музичних сигналів, спотворених за фазою	16
Тема 1.5. Розрахунок та вимірювання розбірливості мовлення. Заняття 5. Суб'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів, спотворених білим, рожевим та коричневим шумом Заняття 6. Суб'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів, спотворених мово-подібним шумом	16

Тема 2.3. Непараметричне кодування сигналів. Дельта-модуляція	6
Заняття 7. Моделювання системи лінійної дельта-модуляції	
Всього:	54

IV.4. Індивідуальні завдання

1. Виконання навчально-наукового проекту або аналітичний огляд статті із зарубіжної наукової періодики. Мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань в галузі акустичної експертизи, кодування та корекції акустичних сигналів.

IV.5. Самостійна робота студентів

1. Засвоєння навичок конспектування та подальшої роботи із конспектом лекцій.
2. Засвоєння навичок праці із зарубіжною науковою періодикою.
3. Розробка презентації та інших наочних способів представлення одержаних науково-практичних результатів.

V. Навчально-методичні матеріали

Основна література

1. Б.Скляр. Цифровая связь. – М., Вильямс, 2003. – 1091 с.
2. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов. – М., Радио и связь, 1981. – 494с.
3. Сапожков М.А., Михайлов В.Г. Вокодерная связь. – М.: Радио и связь, 1983. – 247 с.
4. Продеус А.Н. Цифровое кодирование речи: моделирование вокодеров в среде Matlab. - Электроника и связь, тематический выпуск "Проблемы электроники", ч.1, 2006, с. 56-64.
5. Продеус А.Н. Цифровая обработка речевых сигналов. Часть 4. Параметрическое кодирование речи (фазовые вокодеры) / Электронный ресурс: <http://aprodeus.narod.ru/teaching.htm>
6. Применение цифровой обработки сигналов / Под ред. Э. Оппенгейма // М.: Мир, 1980. – 551 с.

Додаткова література

1. Гельгор А.Л., Гельгор Т.Е., Горлов А.И., Попов Е.А. Общая теория связи. Винеровская фильтрация. Учебное пособие. - С-Пб, Издательство политехнического университета, 2013. - 185 с.
2. Loizou P. Speech enhancement. Theory and Practice. / Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. - 705 p.
3. Habets E.A.P. Single- and Multi-Microphone Speech Dereverberation using Spectral Enhancement. – PhD dissertation, Eindhoven, 2007. – 257 p.
4. Naylor P., Gaubitch N. Speech Dereverberation. – Springer, 2010. – 399 p.
5. А.Б. Сергиенко. Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB. Exponenta Pro, №1 (1) / 2003. - с.18-28.
6. Haykin S. Adaptive Filter Theory. 5-th ed. Boston: Pearson, 2014. - 913p.
7. Zelinski A microphone array with adaptive post-filtering for noise reduction in reverberant rooms. Proc. Of Int. Conf. Acoust., Speech, and Signal Proces., vol.5, ICASSP-88, New York, IEEE, 11-14 Apr 1988, pp. 2578-2581.
8. K. U. Simmer and J. Bitzer, "Post-Filtering Techniques," in Microphone Arrays, M. Brandstein and D. Ward, Eds., chapter 3, pp.39–60. Springer, Berlin, 2001.
9. Beerends J., Larsen E., Iyer N., Vugt J. Measurement of Speech Intelligibility Based on the PESQ approach. Proceedings of the Workshop Measurement of Speech and Audio Quality in Networks (MESAQIN), Prague, Czech Republic, June 2004.

10. Ma J., Hu Y. and Loizou P. Objective measures for predicting speech intelligibility in noisy conditions based on new band-importance functions. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 125, No. 5, May 2009. - P.3387-3405.
11. C.M. Chernick, S. Leigh, K.L. Mills, and R. Toense. Testing the Ability of Speech Recognizers to Measure the Effectiveness of Encoding Algorithms for Digital Speech Transmission. In IEEE International Military Communications Conference (MILCOM), 1999.
12. W.M. Liu, K.A. Jellyman, J.S.D Mason, and N.W.D. Evans, "Assessment of Objective Measures for Speech Intelligibility Estimation," ICASSP, 2006.
13. W. Jiang, H. Schulzrinne. Speech Recognition Performance as an Effective Perceived Quality Predictor. IEEE Int. Workshop on Quality of Service, pp. 269-275, 2002.
14. Дидковский В.С., Дидковская М.В., Продеус А.Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации. Монография – «Имекс-ЛТД», Киев, 2008.
15. R. Martin, "Noise power spectral density estimation based on optimal smoothing and minimum statistics," IEEE Trans. Speech Audio Process., vol. 9, no. 5, pp. 504–512, 2001.

Робочу навчальну програму складено на основі освітньо-професійної програми СВО напряму підготовки «Електроніка» для студентів, що навчаються за програмами професійного спрямування «Акустичні мультимедійні технології та системи».

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

_____ / Продеус А.М./
(підпис) (прізвище та ініціали)