

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. І. СІКОРСЬКОГО”  
Факультет (інститут) електроніки  
Кафедра акустики та акустоелектроніки

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету

В.Я. Жуйков

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 20 р.

В.Я. Жуйков

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 20 р.

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА  
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ**

**“ Захист акустичної інформації ”**  
(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 13.07.2017

(протокол №, дата)

Завідувач кафедри

В.С. Дідковський

(підпис) (ініціали, прізвище)

Київ – 2017

## I. Загальні відомості

Захист акустичної інформації потрібен за необхідності зробити недоступною інформацію, що міститься у сигналах мовлення, для осіб, які не мають санкціонованого доступу до такої інформації. Алгоритми та пристрої захисту мовленнєвої інформації, а також технологічні засади такого захисту є складовою частиною різноманітних систем захисту ліній зв'язку, переговорних кімнат тощо.

В основі загального підходу, що охоплює різноманітні методи захисту акустичної інформації, 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 захисту акустичної інформації, що дозволяє органічно пов'язати дисципліну «Захист акустичної інформації» 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 «Захист акустичної інформації» 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	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС				
							Всього				У тому числі на виконання індивідуального завдання
11/НП-07	180	54	-	-	-	18	108	20	2	РГР	диф. залік

## III. Мета и завдання дисципліни

Метою курсу " Захист акустичної інформації " є формування теоретичних знань та практичних навичок майбутніх інженерно-технічних працівників в галузі методів та систем захисту акустичної інформації різноманітного походження. В результаті студент повинен:

- навчитися елементам системотехнічного підходу до аналізу та побудови сучасних апаратно-програмних систем захисту акустичної інформації;
- навчитися методикам інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних алгоритмів та систем;
- 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 11							
<b>Тема 1:</b> Захист акустичної інформації: вступ до проблематики	12	4	-	-	-	-	6

<b>Тема 2:</b> Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення	28	4	-	-	10	-	8
<b>Тема 3:</b> Іноземні версії артикуляційного методу та шляхи їх автоматизації	29	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 4:</b> Голосовий тракт та основні властивості мовленнєвих сигналів	13	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 5:</b> Слуховий тракт та його основні властивості	29	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 6:</b> Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення	13	4	-	-	8	-	8
<b>Тема 7:</b> Формантний метод: версії Бикова та Сапожкова	14	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 8:</b> Модуляційний метод оцінювання розбірливості мови	14	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 9:</b> Форматно-модуляційний метод оцінювання розбірливості мови	20	4	-	-	-	-	8
<b>Тема 10:</b> Використання непрямих методів оцінювання розбірливості мовлення	24	4	-	-	-	-	6
<b>Тема 11:</b> Автоматизація оцінювання розбірливості мовлення	24	2					8
<b>Тема 12:</b> Використання мовних сигналів в якості тестувальних при вимірюваннях розбірливості мовлення	24	2	-	-	-	-	6
<b>Тема 13:</b> Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених шумом	14	2	-	-	-	-	6
<b>Тема 14:</b> Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених реверберацією	16	2	-	-	-	-	6
<b>Тема 15:</b> Корекція мовленнєвих сигналів: алгоритми придушення пізньої реверберації	8	2	-	-	-	-	6
<b>Тема 16:</b> Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених одночасно шумом і реверберацією	8	2	-	-	-	-	6
<b>Тема 17:</b> Мікрофонні масиви як системи просторової фільтрації		2					6
<b>Всього в семестрі:</b>	<b>180</b>	<b>54</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>108</b>

## IV.2. Лекції

### Семестр 11

**Тема 1.** Захист акустичної інформації: вступ до проблематики.

**Лекція 1.** Канали передачі і витоку мовної інформації. Основні критерії якості каналів. Суб'єктивний і об'єктивний підходи до вимірів розбірливості мови. Характеристики мовного і слухового трактів. Основи теорії розрахунку та вимірювання розбірливості мови. Методи захисту мовної інформації від витоку.

Л [3] с. 12-52

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

**Тема 2.** Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.

**Лекція 2.** «Старовинні» суб'єктивні методи оцінки розбірливості мови. Сучасні версії артикуляційного методу. Вітчизняні версії артикуляційного методу. Іноземні версії артикуляційного методу.

Л [3] с. 110-118

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції та методичні рекомендації до виконання відповідних комп'ютерних практикумів.

**Тема 3.** Іноземні версії артикуляційного методу та шляхи їх автоматизації.

**Лекція 3.** Іноземні стандарти оцінювання розбірливості мовлення. Автоматизація суб'єктивного методу оцінювання розбірливості мовлення.

Л [3] с. 137-145

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції та методичні рекомендації до виконання відповідних комп'ютерних практикумів.

**Тема 4.** Голосовий тракт та основні властивості мовленнєвих сигналів.

**Лекція 4.** Фізична, електрична та математична моделі голосового тракту. Сигнал, що випромінюється голосовими зв'язками. Резонансні властивості ротової та носової порожнин. Поняття формант. Моделювання формант за допомогою рекурсивних фільтрів 2-го порядку. Моделювання приголосних звуків. Формантний склад голосних та приголосних звуків. Інші важливі параметри мовленнєвих сигналів.

Л [3] с. 57-85

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

**Тема 5.** Слуховий тракт та його основні властивості

**Лекція 5.** Фізична, електрична та математична моделі слухового тракту. Вухо як спектроаналізатор: критичні смуги частот. Чутливість слухової системи на різних частотах. Явище маскування сигналів шумами та його представлення в часовій та спектральній областях.

Л [3] с. 88-106

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

**Тема 6.** Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.

**Лекція 6.** Класифікація об'єктивних (інструментальних) методів оцінювання розбірливості мовлення. Загальна порівняльна характеристика існуючих об'єктивних методів.

Л [3] с. 148-150

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

**Тема 7.** Формантний метод: версії Бикова та Сапожкова.

**Лекція 7.** Формантний метод та варіанти його реалізації. Сучасна точка зору на можливості формантного методу.

Л [3] с. 150-183

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

**Тема 8.** Модуляційний метод оцінювання розбірливості мови.

**Лекція 8.** Модуляційний метод та фізичні засади, на яких він базується. Поняття еквівалентного відношення сигнал-шум при дії реверберації на акустичний сигнал.

Л [3] с. 203-246

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

**Тема 9.** Форматно-модуляційний метод оцінювання розбірливості мови.

**Лекція 9.** Форматно-модуляційний метод. Скритність вимірювань. Фактори, що враховуються при виборі методу вимірювань розбірливості мовлення.

Л [4] с. 165-185

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

**Тема 10.** Використання непрямих методів оцінювання розбірливості мовлення

**Лекція 10.** Оцінювання розбірливості мовлення через якість мовлення. Оцінювання розбірливості мовлення за допомогою систем автоматичного розпізнавання мовлення.

Л [4] с. 197-208

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

**Тема 11.** Автоматизація оцінювання розбірливості мовлення

**Лекція 11.** Актуальність питання автоматизації оцінювання розбірливості мовлення. Програма

EASERA та проблеми із її практичного застосування. Структурна схема можливої автоматизованої системи оцінювання розбірливості мовлення. Проблеми, що виникають при автоматизації оцінювання.

Л [4] с. 181-184

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

**Тема 12.** Використання мовних сигналів в якості тестувальних при вимірюваннях розбірливості мовлення

**Лекція 12.** Актуальність використання мовних сигналів в якості тестувальних при вимірюваннях розбірливості мовлення. Методи вимірювання та властиві їм похибки вимірювання в умовах дії шуму та реверберації.

Л [4] с. 185-190

Завдання на СРС – прочитати конспект лекції, самостійно створити модель системи тестування.

**Тема 13.** Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених шумом.

**Лекція 13.** 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 [4] с. 211-265

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

**Тема 14.** Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених реверберацією.

**Лекція 14.** Ранні відлуння та пізня реверберація та їх принципова відмінність з точки зору інформаційної корисності. Критична дистанція та її обчислення.

Л [4] с. 269-277

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

**Тема 15.** Корекція мовленнєвих сигналів: алгоритми придушення пізньої реверберації

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

Л [4] с. 277-316

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

**Тема 16.** Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених одночасно шумом і реверберацією

**Лекція 16.** Підходи до одночасного придушення шуму та реверберації. Порівняння ефективності цих підходів. Перспективні підходи.

Л [4] с. 319-349

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

**Тема 17.** Мікрофонні масиви як системи просторової фільтрації

**Лекція 17.** Мікрофонний масив як просторовий та електричний фільтр. Актуальність застосування мікрофонних масивів. Ефективність застосування мікрофонних масивів. Постфільтрація та її різновиди.

Л [4] с. 319-349

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

### IV.3. Комп'ютерний практикум Семестр 11

Розділ, тема, заняття	Годин
<b>Тема 2.</b> Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.	
<b>Заняття 1.</b> Розробка та тестування комп'ютерної версії україномовних артикуляційних таблиць складів та звукосполучень	2

<b>Тема 2.</b> Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.	
<b>Заняття 2.</b> Розробка та тестування комп'ютерної програми для автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення для зашумлених сигналів	<b>2</b>
<b>Тема 2.</b> Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.	
<b>Заняття 3.</b> Розробка та тестування комп'ютерної програми для автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення розбірливості мовлення для сигналів, спотворених реверберацією	<b>2</b>
<b>Тема 2.</b> Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.	
<b>Заняття 4.</b> Розробка та тестування комп'ютерної програми для автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення для сигналів, спотворених одночасно шумом та реверберацією	<b>3</b>
<b>Тема 6:</b> Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення	
<b>Заняття 5.</b> Об'єктивне оцінювання розбірливості мовлення, спотвореного шумом, та співставлення із результатами суб'єктивного оцінювання	<b>3</b>
<b>Тема 6:</b> Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення	
<b>Заняття 6.</b> Об'єктивне оцінювання розбірливості мовлення. спотвореного реверберацією, та співставлення із результатами суб'єктивного оцінювання	<b>3</b>
<b>Тема 6:</b> Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення	
<b>Заняття 7.</b> Об'єктивне оцінювання розбірливості мовлення. спотвореного шумом та реверберацією, та співставлення із результатами суб'єктивного оцінювання	<b>3</b>
<b>Всього:</b>	<b>18</b>

#### **IV.4. Індивідуальні завдання**

1. Виконання РГР у формі навчально-дослідницького проекту. Мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань в галузі захисту акустичної інформації.

#### **IV.5. Самостійна робота студентів**

1. Засвоєння навичок праці із науковою літературою.
2. Засвоєння навичок із організації експериментальних досліджень в області маскування мовленнєвих сигналів шумом та реверберацією.
3. Засвоєння навичок із комп'ютерної обробки результатів експериментальних досліджень та оформлення відповідного звіту.
4. Засвоєння навичок із розробки презентації та інших наочних способів представлення одержаних науково-практичних результатів.

#### **V. Навчально-методичні матеріали**

##### **Основна література**

1. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962. – 390 с.
2. Сапожков М.А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. – М.: Связьиздат, 1963. – 472 с.
3. Дидковский В.С., Дидковская М.В., Продеус А.Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации: Монография. – К.: Имэкс-ЛТД, 2008. – 420 с.
4. Продеус А., Дидковский В., Дидковская М. Акустическая экспертиза

и коррекция коммуникационных каналов. LAP LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2017, ISBN: 978-3-330-04591-0

### Додаткова література

1. Loizou P. Speech enhancement. Theory and Practice. / Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. - 705 p.
2. Habets E.A.P. Single- and Multi-Microphone Speech Dereverberation using Spectral Enhancement. – PhD dissertation, Eindhoven, 2007. – 257 p.
3. Naylor P., Gaubitch N. Speech Dereverberation. – Springer, 2010. – 399 p.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. W. Jiang, H. Schulzrinne. Speech Recognition Performance as an Effective Perceived Quality Predictor. IEEE Int. Workshop on Quality of Service, pp. 269-275, 2002.
6. Продеус А.Н. О некоторых особенностях развития объективных методов измерений разборчивости речи // Электроника и связь, тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». - 2010. – №2. – С. 217-223.
7. Продеус А.Н., Дронжевская Л.Б., Климов В.А., Шагитова Д.А. Формантный и формантно– модуляционный методы оценки разборчивости речи. Часть 1. Унификация алгоритмов // Электроника и связь. – 2010. – № 6, ч. 2. – С.117– 124.
8. Продеус А.Н., Дронжевская Л.Б., Климов В.А., Шагитова Д.А. Формантный и формантно-модуляционный методы оценки разборчивости речи. Часть 2. Точность и скорость измерений. // Электроника и связь. – 2011. – Т. 64. – №6. – С. 16–24.
9. Продеус А.Н., Дронжевская Л.Б., Климов В.А., Шагитова Д.А.

Моделирование алгоритмов формантно-модуляционного метода оценивания разборчивости речи // Электроника и связь, тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». – 2011. – №2. – С.79–85.

10. Продеус А.Н. Формантно-модуляционный метод оценки разборчивости речи: точность и скорость измерений. - Сб.трудов Акустического симпозиума "Консонанс-2011", К., 2011, с.224-229.

11. Prodeus A. Rapid Version of Formant-Modulation Method of Speech Intelligibility Estimation. // Proceedings of the VII International Conference MEMSTECH 2011. - Lviv, Polyana, 2011. - Pp.61-63.

12. Prodeus A. Formant-Modulation Method of Speech Intelligibility Evaluation: Measuring and Exactness // Proceedings of the VII International Conference MEMSTECH 2011. – Lviv, Polyana, 2011. – P.54–60.

13. Prodeus A. Rapid Version of Formant– Modulation Method of Speech Intelligibility Estimation // Proceedings of the VII International Conference MEMSTECH 2011. – Lviv, Polyana, 2011. – P.61–63.

14. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. – СПб.: Композитор, 2006. - 720 с.

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 акустоелектроніки Продеус А.М.

\_\_\_\_\_/Продеус А.М./