

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету електроніки

\_\_\_\_\_ Жуйков В.Я.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

\_\_\_\_\_ Жуйков В.Я.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**«ЗАХИСТ АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ»**

(назва навчальної дисципліни)

\_\_\_\_\_ (шифр за ОП)

**ПРОГРАМА**

**навчальної дисципліни**

**рівень вищої освіти**

**магістрів**

**спеціальність**

**171 “Електроніка”**

(шифр і назва)

**освітня програма «Акустичні електронні системи та технології  
обробки акустичної інформації»**

(ОПП/ОНП, назва)

Ухвалено методичною комісією

**ФЕЛ**

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова методичної комісії

\_\_\_\_\_ Катерина Клен

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

Київ – 2020

Розробник програми:

професор, д.т.н., професор Продеус Аркадій Миколайович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім.'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем

Протокол № 5 від 26.06.2020 р.

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

С.А. Найда

(ініціали, прізвище)

« 26 » 06 2020 р.

## Вступ

Програму навчальної дисципліни «Захист акустичної інформації» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів напрямку 171 «Електроніка», що навчаються за програмами професійного спрямування «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки.

Статус навчальної дисципліни – обов'язкова.

Обсяг навчальної дисципліни 7 кредитів ЄКТС.

Предметом навчальної дисципліни є широке коло методів захисту акустичної інформації від витоку, а також відновлення сигналів, замаскованих різноманітними завадами. Завдання захисту акустичної інформації від витоку зустрічається, наприклад, при проведенні переговорів в спеціальних приміщеннях, при проведенні різноманітних конференцій. Завдання відновлення сигналів, замаскованих різноманітними завадами, є протилежним до завдання захисту інформації від витоку.

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 «Захист акустичної інформації» з дисциплінами, що передують: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем», «Методи обробки акустичних сигналів». Дисципліни, що забезпечуються: «Акустичні інформаційні системи», «Проектування акустичних приладів та систем».

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей аналізувати та синтезувати цифрові системи захисту акустичної інформації від витоку та системи відновлення сигналів, замаскованих різноманітними завадами, здійснювати системотехнічний підхід до побудови алгоритмів та систем маскування та відновлення акустичних сигналів, володіти основами методик інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних акустичних систем та їх елементів, володіти знаннями стандартної термінології.

#### 1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

##### **знання:**

- методів суб'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- методів об'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- методів калібрування систем об'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів за допомогою результатів суб'єктивного оцінювання;
- методів подолання захисту акустичної інформації шляхом цифрової обробки сигналів;
- методів відновлення мовних сигналів, спотворених шумом та реверберацією;
- використання середовища Matlab для моделювання систем оцінювання розбірливості мови та відновлення сигналів, спотворених завадами.

##### **уміння:**

- планувати та організовувати суб'єктивне оцінювання розбірливості мовних сигналів;

- планувати та організувати об'єктивне оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- будувати карти зв'язку між результатами об'єктивного та суб'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- моделювати системи відновлення мовних сигналів, спотворених шумом та реверберацією, в середовищі Matlab;
- моделювати системи подолання захисту акустичної інформації шляхом цифрової обробки сигналів.

**досвід:**

- суб'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- об'єктивного оцінювання розбірливості мовних сигналів;
- моделювання систем відновлення мовних сигналів, спотворених шумом та реверберацією, в середовищі Matlab;
- моделювання систем подолання захисту акустичної інформації шляхом цифрової обробки сигналів.

## 2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 210 годин/ 7 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

- 1) захист акустичної інформації
- 2) розрахунково-графічна робота.

### Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Всього кредитів	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			
денна	7	150	6	-	-	-	4	140	22	2	РГР	залік

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Кредитний модуль 1.

#### Розділ 1. Розбірливість мови як показник якості її маскуванню

- Тема 1.1. Маскування та відновлення мовних сигналів
- Тема 1.2. Суб'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення
- Тема 1.3. Іноземні стандарти оцінювання розбірливості мовлення. Автоматизація суб'єктивного методу оцінювання розбірливості мовлення
- Тема 1.4. Голосовий тракт та основні властивості мовленнєвих сигналів
- Тема 1.5. Слуховий тракт та його основні властивості
- Тема 1.6. Об'єктивні методи оцінювання розбірливості мовлення.
- Тема 1.7. Формантний метод: версії Покровського, Бикова та Сапожкова; іноземні версії.
- Тема 1.8. Модуляційний метод оцінювання розбірливості мови.
- Тема 1.9. Форматно-модуляційний метод оцінювання розбірливості мови.
- Тема 1.10. Використання непрямих методів оцінювання розбірливості мовлення.
- Тема 1.11. Автоматизація оцінювання розбірливості мовлення.
- Тема 1.12. Використання мовних сигналів в якості тестувальних при вимірюваннях розбірливості мовлення

## **Розділ 2. Відновлення замаскованих мовних сигналів**

Тема 2.1. Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених шумом.

Тема 2.2. Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених реверберацією.

Тема 2.3. Корекція мовленнєвих сигналів: алгоритми придушення пізньої реверберації.

Тема 2.4. Корекція мовленнєвих сигналів, спотворених одночасно шумом і реверберацією.

Тема 2.5. Мікрофонні масиви як системи просторової фільтрації.

## **Кредитний модуль 2**

Розрахунково-графічна робота. Автоматизація суб'єктивного оцінювання розбірливості мови в приміщеннях артикуляційним методом.

### **5. Рекомендований перелік комп'ютерних практикумів**

Основні завдання циклу комп'ютерного практикуму полягає в придбанні студентами необхідних практичних навичок із суб'єктивної та об'єктивної акустичної експертизи приміщень, а також корекції сигналів, спотворених завадами, в першу чергу шумом та реверберацією.

Тематика комп'ютерних практикумів:

- Знайомство із результатами розробки та тестування комп'ютерної версії україномовних артикуляційних таблиць складів та звукосполучень.
- Тестування комп'ютерної програми для автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення для зашумлених сигналів.

### **6. Рекомендовані індивідуальні завдання**

В кредитному модулі заплановано виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) на тему «Автоматизація суб'єктивного оцінювання розбірливості мови в приміщеннях артикуляційним методом». Мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань та здобуття практичних навичок з акустичної експертизи трактів зв'язку та приміщень.

## **7. Рекомендована література**

### **7.1. Базова 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

### **7.2. 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., Климков 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., Климков 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., Климков 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.
4. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. – СПб.: Композитор, 2006. - 720 с.

## **8. Засоби діагностики успішності навчання**

Для діагностики успішності навчання передбачаються:

- дві модульні контрольні роботи з розділів 1 та 2;
- оцінювання результатів розрахунково-графічної роботи;
- оцінювання звіту за розрахунково-графічну роботу.

## **9. Методичні рекомендації**

Основним програмним засобом, що буде використовуватися в роботі, є Matlab. Тому слід звернути увагу на особливості обробки звукових даних (особливо етапи вводу-виводу сигналів в ПК) в останніх версіях Matlab.

Ресурси Matlab у вигляді m-файлів досить широко представлено в Інтернеті, що значно полегшує їх використання та розробку на їх основі нових програм. Для більш зручної роботи студентів робочі матеріали та методичні вказівки надаються в електронному вигляді, що робить можливим навчання ще й у дистанційній формі (ресурс Moodle, розділ «Лабораторія акустичної експертизи та корекції» на сайті кафедри акустики та акустоелектроніки, а також власний сайт А. Продеуса <http://aprodeus.narod.ru/teaching.htm> ).

Програму склав професор кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, д.т.н., проф.

Аркадій Продеус