



# ОБРОБКА СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРОННИХ ТА АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>17 "Електроніка та телекомунікації"</i>
Спеціальність	<i>171 «Електроніка»</i>
Освітня програма	<i>Електроніка</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>кредитів ECTS 3/90 годин (6 лекц., 6 практи., 78 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ДКР</i>
Розклад занять	<i>2 академ. години щотижня, згідно розкладу</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції та практичні: доктор техн. наук, професор, Продеус Аркадій Миколайович, ram51335-ames@iit.kpi.ua , @Arkadiy_Prodeus</i>
Розміщення курсу	<i>Дистанційний ресурс Moodle: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=434">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=434</a> Дистанційний ресурс Google classroom (код класу <b>frfye6e</b>): <a href="https://classroom.google.com/u/1/c/MjU2NjA0NjU2MjQ5">https://classroom.google.com/u/1/c/MjU2NjA0NjU2MjQ5</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Кредитний модуль "Обробка сигналів електронних та акустичних систем" – складова частина нормативних/вибіркових дисциплін, які включені до циклу професійної та практичної підготовки аспірантів спеціальності 171 «Електроніка», освітня програма «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».

**Предметом** навчальної дисципліни є широке коло методів оцінювання параметрів електронних та акустичних систем шляхом обробки сигналів, використаних для такого оцінювання, а також методів корекції параметрів зазначених систем.

**Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:**

- аналізу та синтезу цифрових систем обробки сигналів електронних та акустичних систем;
- системотехнічного підходу до побудови алгоритмів акустичної експертизи та корекції приміщень;
- володіння основами методик інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних систем та їх елементів;
- володіння знаннями стандартної термінології.

**Основні завдання кредитного модуля.**

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

**знання:**

- методів акустичної експертизи приміщень, призначених для мовних та музичних презентацій;
- вимог до акустичних характеристик приміщень, призначених для мовних та музичних презентацій;
- методів оцінювання імпульсних характеристик приміщень, призначених для мовних та музичних презентацій;
- методів оцінювання параметрів імпульсних характеристик приміщень;
- методів математичного моделювання акустичних сигналів та завод;
- використання середовища Matlab для моделювання та обробки акустичних сигналів та завод;

**уміння:**

- організовувати та виконувати експериментальне оцінювання імпульсних характеристик приміщень;
- розраховувати інформативні параметри імпульсних характеристик приміщень;
- організовувати та проводити експериментальне суб'єктивне оцінювання акустичних параметрів приміщень;
- обчислювати об'єктивні показники якості приміщень;
- виконувати моделювання та обчислення в середовищі Matlab в діалоговому та програмному режимах;
- виконувати статистичну обробку отриманих експериментальних даних;

**досвід:**

- розрахунку (прогнозування) об'єктивних характеристик приміщень;
- моделювання акустичних сигналів та завод;
- коригування частотних характеристик вимірювальних систем;
- коригування об'єктивних параметрів приміщень;
- розробки комп'ютерних програм в середовищі Matlab для обробки акустичних сигналів та моделювання ІХ приміщень.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для успішного засвоєння дисципліни «Обробка сигналів електронних та акустичних систем» необхідні знання та уміння із дисциплін бакалаврського та магістерського рівнів, а саме: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем», «Акустичні інформаційні системи», «Комп'ютерні акустичні системи», «Проектування акустичних приладів та систем», «Комп'ютерна обробка акустичних сигналів», «Захист акустичної інформації», «Методи обробки акустичних сигналів».

Дисципліна сприяє формуванню знань і навичок для роботи над дисертацією. Крім того, результати навчання з даної дисципліни будуть корисними при вивченні дисциплін «Сучасні тенденції в електроакустичних технологіях», «Прикладний системний аналіз», «Математичне та імітаційне моделювання складних систем», «Засоби та технології тривимірної анімації».

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
	Всього	Лекц.	Практичні	СРС
1	2	3	4	6
<b>Розділ 1. Цифрова обробка електричних сигналів при акустичних вимірюваннях</b>				
<b>Тема 1. Акустична паспортизація приміщень. Вимоги до акустики шкільних класів, аудиторій вишів, залів універсального призначення</b>	10	1	1	6
<b>Тема 2. Джерела тестових сигналів: переваги та</b>	10	1	-	6

<b>недоліки</b>				
<b>Тема 3. Штучна голова та вимірювання бінауральних акустичних характеристик</b>	10	1	1	6
<b>Тема 4. Банк бінауральних імпульсних характеристик (ІХ)</b>	10	1	-	6
<b>Тема 5. Проблеми автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мови</b>	10	1	-	6
<b>Тема 6. Проблеми автоматизації об'єктивного оцінювання розбірливості мови</b>	10	1	-	6
<b>Тема 7. Акустична експертиза приміщень для музичних презентацій</b>	10	1	1	6
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>70</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>42</b>
<b>Розділ 2. Методи та системи корекції акустики приміщень</b>				
<b>Тема 8. Методи пасивної корекції акустики приміщень</b>	10	1	-	6
<b>Тема 9. Методи активної корекції акустики приміщень</b>	10	1	-	6
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
<b>Домашня контрольна робота</b>				24
<b>Підготовка до заліку</b>				
<b>Залік</b>				
<b>Всього в семестрі:</b>	<b>90</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>78</b>

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### **Базова література**

1. *Обробка сигналів електронних та акустичних систем: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів освіти рівня доктор філософії спеціальності 171 «Електроніка» / уклад.: А. М. Продеус; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,2 Мбайт). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.*
2. *Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – К.: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 430 с.*
3. *Продеус А., Дидковский В., Дидковская М. Акустическая экспертиза и коррекция коммуникационных каналов. Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2017. – 360 с.*
4. *Ю.С. Костючок, Л.С. Мартинович, Д.Е. Моторнюк, В.А. Нечитайло, А.В. Храпачевский, А.Н. Продеус. Акустическая паспортизация учебных помещений. - ISSN 1811-4512. Electronics and Communications, 2016, Vol.21, No.2(91). – P.63-70*
5. *О. Дворник, А. Продеус, М. Дідковська, Д. Моторнюк, "Апаратно-програмний комплекс «Штучна голова». Частина 1. Коригування частотної характеристики тракту," ISSN 2523-4447, Мікросистеми, електроніка та акустика, 2020, vol. 22, no. 1, сс. 56-64.*
6. *О. Дворник, А. Продеус, М. Дідковська, Д. Моторнюк, "Апаратно-програмний комплекс «Штучна голова». Частина 2. Оцінювання розбірливості мови в аудиторіях," Microsystems, Electronics and Acoustics, vol. 22, no. 3, 2020, pp. 48-55*

## Додаткова література

7. Стандарти та вимоги до акустики шкільних класів та аудиторій вишів Америки, Великобританії, Німеччини, Росії, України (надано в системі дистанційного навчання НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» та в Google Class).
8. Г.П. Катунин. Акустика помещений. Учебное пособие. – Новосибирск: ФГОБУ ВПО «СибГУТИ», 2013. – 192 с.
9. Акустика. Справочник. Под ред. М.А. Сапожкова. 2-е издание. Москва, Радио и связь, 1989. - 336 с.
10. Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Заклади освіти. ДБН И.2.2-3:2018. Київ, Мінрегіон України, 2018. - 63 с.
11. Bradley, J. S. Auditorium acoustics measures from pistol shots. *Journal of the Acoustical Society of America*, 80, 1, pp. 199-205, 1986-07
12. D. Griesinger, "Beyond MLS - Occupied hall measurement with FFT techniques," in *AES 101th Convention, Preprint 4403*, Los Angeles, CA, Nov. 1996.
13. Bradley, J. S. Optimizing the decay range in room acoustics measurements using maximum-length-sequence techniques. *Journal of the Audio Engineering Society*, 44, (4), pp. 266-273, April 01, 1996.
14. M. Jeub, M. Schafer, and P. Vary, "A binaural room impulse response database for the evaluation of dereverberation algorithms," in *Proc. Int. Conference on Digital Signal Processing (DSP)*, Santorini, Greece, 2009.
15. M. Jeub et al., "Do We Need Dereverberation for Hand-Held Telephony?" in *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, 23–27 August 2010, Sydney, Australia*.
16. A. Prodeus, K. Bukhta, P. Morozko, O. Serhienko, I. Kotvytskyi, I. Shherbenko "Automated System for Subjective Evaluation of the Ukrainian Speech Intelligibility," *Proceedings of IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), April 24-26, 2018 Kyiv, Ukraine*, pp. 533-538. ISBN: 978-1-5386-6382-0
17. A. Prodeus, M. Didkovska, K. Kukharicheva, D. Motorniuk, "Two Simplified Models of Early Sound Reflections in a Room", *Electronics and Control Systems*, No. 3(65), 2020, pp. 79-87. DOI:10.18372/1990-5548.65.14991, ISSN 1990-5548
18. J. Bradley, "The Evolution of newer auditorium acoustics measures," *Canadian Acoustics/Acoustique Canadienne*, 18, 4, pp. 13-23, 1990
19. H. Kurtruff, *Room Acoustics. Fifth edition. Spon Press 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN, 2009.*
20. S. Cecchi, A. Carini and S. Spors. Room Response Equalization—A Review. *Appl. Sci.* 2018, 8, 16; doi:10.3390/app8010016

Усі зазначені матеріали можна знайти в системі дистанційного навчання НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» та в Google Class.

Джерела із базового переліку є обов'язковими для прочитання, які аспіранти мають читати повністю, а джерела із додаткового переліку є факультативними, із якими бажано ознайомитися.

Зазначені ресурси в достатній мірі забезпечують повний перелік тем дисципліни.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### 5.1. Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<b>Акустична паспортизація приміщень. Вимоги до акустики шкільних класів, аудиторій вишів, залів універсального призначення</b>  Стандарти та вимоги до акустики шкільних класів та аудиторій вишів в Америці, Великобританії, Німеччині, Росії, Україні. [1].

2	<p><b>Джерела тестових сигналів: переваги та недоліки</b></p> <p>Джерела звукових тестових сигналів: постріл стартового пістолета, гумова кулька, плескіт долонями, іскровий генератор, широкосмугові сигнали. Переваги та недоліки зазначених джерел. [3-5].</p>
3	<p><b>Штучна голова та вимірювання бінауральних акустичних характеристик</b></p> <p>Мета створення макету «Штучна голова» (ШГ). Різновиди таких макетів. Порівняння різних моделей ШГ. Проблеми створення відповідного апаратно-програмного комплексу. Еквалізація частотної характеристики тракту комплексу ШГ [6]</p>
4	<p><b>Банк бінауральних імпульсних характеристик (ІХ)</b></p> <p>Створення банків бінауральних імпульсних характеристик лекційного приміщення в Аахені (Німеччина) та в на кафедрі АМЕС (Київ, Німеччина). Особливості використання комплексу ШГ та середовища Матлаб. [7-9]</p>
5	<p><b>Проблеми автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості мови</b></p> <p>Аналіз особливостей побудови спеціального програмного комплексу для суб'єктивного оцінювання розбірливості мови в каналах передачі мовленнєвої інформації. Рекомендації до використання зазначеного комплексу. [10]</p> <p><b>СРС:</b> Виконати суб'єктивне оцінювання розбірливості мови в аудиторіях 209 та 438 із використанням спеціального програмного комплексу.</p>
6	<p><b>Проблеми автоматизації об'єктивного оцінювання розбірливості мови</b></p> <p>Об'єктивні міри розбірливості мови. Порівняння впливу шуму та реверберації на розбірливість мови. Порівняння дії ранніх відбиттів та пізньої реверберації на розбірливість мови. Прості моделі ранньої реверберації. Приклади розв'язання завдань із оцінювання розбірливості мови із застосуванням середовища Матлаб. [2,11]</p>
7	<p><b>Акустична експертиза приміщень для музичних презентацій</b></p> <p>Оптимізація набору параметрів, що характеризують якість акустики приміщень для музичних презентацій та універсального призначення. [12]</p>
8	<p><b>Методи пасивної корекції акустики приміщень</b></p> <p>Відбиваючі поверхні та їх роль у підвищенні рівня звукового сигналу. Поглинання та розсіювання звуку та їх вплив на акустику приміщень. Рекомендації із корекції акустики приміщення пасивними методами. [13-15]</p>
9	<p><b>Методи активної корекції акустики приміщень</b></p> <p>Аналітичний огляд методів активної корекції акустики приміщень. [14]</p>

## 5.2. Практичні (семінарські) заняття

№ п/п	Тема практичних занять (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p><b>Акустична паспортизація приміщень. Вимоги до акустики шкільних класів, аудиторій вишів, залів універсального призначення</b></p> <p>Стандарти та вимоги до акустики шкільних класів та аудиторій вишів в Америці, Великобританії, Німеччині, Росії, Україні. [1,2].</p>
3	<p><b>Штучна голова та вимірювання бінауральних акустичних характеристик</b></p>

	Мета створення макету «Штучна голова» (ШГ). Різновиди таких макетів. Порівняння різних моделей ШГ. Проблеми створення відповідного апаратно-програмного комплексу. Еквалізація частотної характеристики тракту комплексу ШГ [6]
<b>7</b>	<b>Акустична експертиза приміщень для музичних презентацій</b> Оптимізація набору параметрів, що характеризують якість акустики концертної зали. [12]

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Автоматизоване суб'єктивне оцінювання розбірливості мови в аудиторіях	78
	<b>Разом:</b>	<b>78</b>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Система вимог до студента:

- обов'язкове відвідування 70% занять (як лекцій, так і практичних);
- правила поведінки на заняттях: активність, участь в обговоренні лекційного матеріалу, підготовка коротких доповідей, відключення мобільних телефонів, можливість використання засобів зв'язку для пошуку інформації на дистанційних ресурсах;
- правила виконання та захисту МКР: необхідно виконати роботу в строк, підготувати звіт та обговорити отримані результати на семінарському занятті;
- правила виконання та захисту ДКР: необхідно виконати роботу в строк та обговорити отримані результати на семінарському занятті;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: за активну позицію на лекціях та відповіді на питання дозволяють студенту отримати 1-2 заохочувальних бали на занятті; штрафні 1-2 бали надаються за недотримання правил виконання та захисту МКР та ДКР;
- політика дедлайнів та перескладань: кожен студент повинен вчасно здавати роботи відповідно до графіку виконання робіт, що встановлюється на вступному занятті, залік можна перескладати двічі відповідно до розкладу заліково-екзаменаційної сесії;
- політика щодо академічної доброчесності: діяти у професійних і навчальних ситуаціях із позицій академічної доброчесності та професійної етики; самостійно виконувати навчальні завдання; коректно посилатися на джерела інформації у разі запозичення ідей, тверджень, відомостей; усвідомлювати значущість норм академічної доброчесності, оцінювати приклади людської поведінки відповідно до них; давати моральну оцінку власним вчинкам, співвідносити їх із моральними та професійними нормами.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: ДКР

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестр. контролю: виконання ДКР, семестр. рейтинг більше 60 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- домашню контрольну роботу (враховуються якість та термін виконання);
- роботу на лекціях та семінарах
- відповідь на заліку.

#### Система рейтингових балів:

#### 1. Лекції.

Наявність та якість конспекту оцінюється за 5-бальною шкалою.

#### 2. Практичні заняття.

За умови активної роботи на практичному занятті – 1-2 бали.

#### 3. Модульна контрольна робота.

Якість та швидкість виконання роботи оцінюється за 5-бальною шкалою.

#### 4. Переклад та аналіз фрагменту статті-огляду.



Якість та швидкість виконання роботи оцінюється за 5-бальною шкалою

На заліку студенти проходять співбесіду із викладачем, відповідаючи на запитання згідно програми кредитного модуля.

Сума стартових балів і балів за залік переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали	Залікова оцінка
95-100	відмінно
85-94	дуже добре
75-84	добре
65-74	задовільно
60-64	достатньо
Менше 60	незадовільно
Не виконано МКР (ДКР) або набрано менше 60 балів	не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Вимоги до рівня шуму в аудиторіях навчальних закладів
2. Вимоги до часу реверберації в аудиторіях навчальних закладів
3. Вимоги до розбірливості мови (індекс STI) в аудиторіях навчальних закладів
4. Порівняльні характеристики джерел звукових тестових сигналів при оцінюванні ІХ приміщення
5. Переваги та недоліки пострілу стартового пістолета як джерела звукових тестових сигналів при оцінюванні ІХ приміщення
6. Переваги та недоліки пострілу гумової кульки як джерела звукових тестових сигналів при оцінюванні ІХ приміщення
7. Переваги та недоліки пострілу плескіту долонями як джерела звукових тестових сигналів при оцінюванні ІХ приміщення
8. Переваги та недоліки пострілу широкосмугових сигналів як джерела звукових тестових сигналів при оцінюванні ІХ приміщення
9. Функції макету «Штучна голова» (ШГ) при акустичних вимірюваннях
10. Різновиди макетів «Штучна голова», порівняння різних моделей ШГ.
11. Проблеми створення апаратно-програмного комплексу «Штучна голова».
12. Мета вирівнювання частотної характеристики тракту комплексу ШГ.
13. Способи вирівнювання частотної характеристики тракту комплексу ШГ.
14. Як обчислити відношення сигнал-шум при використанні широкосмугових сигналів.
15. Порівняйте методи когерентної та частково-когерентної обробки широкосмугових сигналів
16. Що дає накопичення результатів частково-когерентної обробки?
17. Мета створення банків бінауральних імпульсних характеристик
18. Мета створення банків бінауральних імпульсних характеристик лекційних приміщень
19. В чому полягають особливості програмного комплексу для суб'єктивного оцінювання розбірливості мови в каналах передачі мовленнєвої інформації?
20. Які об'єктивні міри розбірливості мови вам відомі, їх переваги та недоліки?
21. Порівняйте ступені впливу шуму та реверберації на розбірливість мови.
22. Порівняйте дію ранніх відбиттів та пізньої реверберації на розбірливість мови.
23. Наведіть приклади простих моделей ранньої реверберації.
24. Наведіть приклади простих моделей пізньої реверберації.
25. Назвіть оптимальний набір параметрів (за Бредлі), що характеризують якість акустики приміщень для музичних презентацій?
26. Відбиваючі поверхні та їх роль у підвищенні рівня звукового сигналу.
27. Поглинання та розсіювання звуку відбиваючими поверхнями та їх вплив на акустику приміщень.
28. Рекомендації із корекції акустики приміщення пасивними методами.
29. Що таке корекція акустики приміщення активними методами?
30. Зробіть короткий огляд методів активної корекції акустики приміщень.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професор кафедри АМЕС, доктор технічних наук, професор, Продеус Аркадій Миколайович

Ухвалено кафедрою \_\_АМЕС\_\_ (протокол № \_6\_ від \_30.06.2020 р.\_\_)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № \_\_ від 30.06.2020р.)