



# СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

## 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>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредитів ECTS /90 годин (6 лекц., 6 практи., 78 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ДКР</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу занять навчальної групи</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор Найда Сергій Анатолійович, @Serhii_Naida</i> Практичні: <i>к.т.н., доцент Желяскова Тетяна Миколаївна, @Zhetem</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i> <i>Код класу mxpdyln,</i> <i>посилання Meet <a href="https://meet.google.com/lookup/gqpkowke2">https://meet.google.com/lookup/gqpkowke2</a></i> <i>Доступ лише користувачам платформи Google Workspace у КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Сучасні тенденції в електроакустичних технологіях – важливо необхідний предмет для опанування можливостей генерування ідей і безпосереднього створення сучасної електроакустичної апаратури.

Мета навчання: надати аспірантам теоретичні та практичні засади щодо принципів побудови сучасних широкосмугових електроакустичних апаратів, як медичного, так і технічного призначення. Розглядаються перспективні напрямки розвитку, як активних електроакустичних приладів і апаратів, таких, як сучасні діагностичні сканери, доплерівські прилади, приладів для терапії та хірургії, так і пасивних, таких, як акустотермометри. Наступне суттєве питання, що вивчається, це сучасні електроакустичні прилади контролю і реабілітації слуху людини. Розглядаються також нові типи електроакустичних перетворювачів, такі як, ємнісні електроакустичні перетворювачі, та акустичні резонатори складної форми.

Результатом навчання має стати можливість самостійно розробляти сучасні широкосмугові електроакустичні прилади і системи, нові методи та технічні засоби візуалізації внутрішньої структури різних матеріалів і органів людини, широкосмугові ультразвукові апарати для діагностики і терапії, електроакустичні прилади діагностики слуху; нові типи електроакустичних перетворювачів.

Аспірант закріпить і удосконалив свої фахові компетенції і навички, передбачені у стандарті спеціальності 171 Електроніка:

- ФК 1 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у електроніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електроніки та суміжних галузей.
- ФК 3 Здатність застосовувати інформаційні, комунікаційні та мультимедійні технології, математичне і комп'ютерне моделювання процесів у електронних пристроях та системах, бази даних, методи штучного інтелекту, хмарних обчислень, інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій, професійній та навчальній діяльності.
- ФК 4 Здатність оцінювати та підвищувати інноваційну та комерційну привабливість розробки, виробництва та експлуатації електронних компонентів, пристроїв та систем.
- ФК 5 Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні та міждисциплінарні проекти у сфері електроніки та дотичних до неї галузях, лідерство під час їх реалізації.

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

Пререквізити: Для вивчення дисципліни аспірант має попередньо опанувати такі дисципліни:

- Фізичні принципи побудови сучасних електронних систем;
- Інформаційні та комп'ютерні технології в електроніці.

Постреквізити: Дисципліна сприяє формуванню знань і навичок для роботи над дисертацією.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1 Сучасні ширококутові ультразвукові діагностичні прилади**

Тема 1.1. Ультразвукові сканери

Тема 1.2. Ультразвукові сканери з спектральним Допплером

Тема 1.3. Ультразвукові системи з кольоровим доплерівським картуванням

Тема 1.4. Перспективні напрямки розвитку ультразвукових методів досліджень

### **Розділ 2 Апаратні методи пасивної діагностики**

Тема 2.1. Вимірювання глибинної температури тіла людини

Тема 2.2. Пасивні методи діагностики

### **Розділ 3 Акустичні пристрої для терапії**

Тема 3.1. Фізіотерапія.

Тема 3.2. Ширококутові фізіотерапевтичні перетворювачі.

### **Розділ 4 Електроакустичні хірургічні прилади**

Тема 4.1. Хірургія за допомогою фокууючого ультразвуку. Фокууючі електроакустичні перетворювачі.

Тема 4.2. Інструментальна УЗ хірургія. Електроакустичні перетворювачі стрижневого типу.

### **Розділ 5 Акустичні пристрої контролю слуху та мови**

Тема 5.1. Об'єктивні методи діагностики слуху

### **Розділ 6. Нові типи електроакустичних перетворювачів.**

Тема 6.1. Ємнісні електроакустичні перетворювачі.

Тема 6.2. Акустичні резонатори складної форми.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### *Базова література*

1. Дідковський В.С., Найда С.А. П'єзоелектричні перетворювачі медичних ультразвукових сканерів: Навч. посібник. -К.: НМЦВО, 2000. -178 с.

2. Дідковський В.С., Найда С.А., Алексеєнко О.В. Ширококутові електроакустичні тракти медичних приладів. Монографія (Рекомендовано до друку Вченою Радою НТУУ "КПІ" Протокол №8 від 1 липня 2013 г.). - Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2014.- 264 с.

3. V.S. Didkovskiy, O.V. Korzhyk, O.H. Leiko, S.A. Naida, O.V. Pavlenko. Interferencial and Focused Acoustic Antennas Directivity: Handbook, recommended by the Scientific Council of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Minutes of meeting

No. 6, June 12, 2017). Edited by Professor V.S. Didkovskiy. - LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Deutschland, 2017, ISBN: 978-3-659-41076-5, 149 p.

4. Vitalii Didkovskiy, Sergey Naida, Oleksandr Drozdenko, Kateryna Drozdenko. Experimental researching of biological objects noninvasive passive acoustothermometry features // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, pp. 6-12, V.1, №5 (103), 2020. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192594>

5. Найда С.А., Желяскова Т.М.. Медичні та біоакустичні прилади і системи: Підручник з грифом “Затверджено Вченою радою Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”” (протокол № 7 від 26.06.2017 р.). / –К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.–269с.

6. Дідковський В.С., Найда С.А.. Желяскова Т.М. .Фізична акустика: Підручник (Гриф надано Вченою Радою НТУУ «КПІ» (Протокол № 3 від 6 квітня 2015р.)) К.: НТУУ”КПІ”, 2015.-329 с.

7. V.S. Didkovskiy, S.A. Naida, “Building-up principles of auditory echoscope for diagnostics of human middle ear,” Radioelectronics and Communications Systems, 2016, V. 59, No. 1, pp. 39-46. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0735272716010039>

8. S. Naida, V. Didkovsky, V. Zaets. Experimental Study into the Helmholtz Resonators' Resonance Properties over a Broad Frequency Band // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, pp. 34-39, 1/5 (97), 2019. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155417>

#### *Додаткова література*

9. Sergey Naida, “About the Efficiency and Costs Ratio of the Hearing Screening of the Newborns,” Proc. of IEEE XI-th Int. Conf. Perspective technologies and methods in MEMS design (MEMSTECH 2015), pp.61-65, 2-6 September 2015, Lviv - Polyana, Ukraine. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7299456/>

10. V.S. Didkovskiy, S.A. Naida, O.A., Zubchenko, “Technique for Rigidity Determination of the Materials for Ossicles Protheses of Human Middle Ear,” Radioelectronics and Communications Systems, 2015, V. 58, No. 3, pp. 134-138. DOI: [10.3103/S073527271503005X](https://doi.org/10.3103/S073527271503005X)

11. Sergey Naida, “New Possibilities of the Tympanoplasty After the Discovery of the Formula for the Middle Ear Norm Parameter,” Proc. of IEEE XI-th Int. Conf. Perspective technologies and methods in MEMS design (MEMSTECH 2015), pp.96-101, 2-6 September 2015, Lviv - Polyana, Ukraine. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7299466/>

12. Sergey Naida, “Acoustic Theory Problems Of Speech Production In The Light Of The Discovery Of The Formula For The Middle Ear Norm Parameter,” Proc. of IEEE 35th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 347-350, 21-24 April 2015, Kyiv, Ukraine. DOI: [10.1109/ELNANO.2015.7146907](https://doi.org/10.1109/ELNANO.2015.7146907)

13. Sergey Naida, Olha Pavlenko, “The Ratio of Standard Ear Tympanogram and the Area of the Eardrum,” 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Conference Proceedings, May 29 – June 2, 2017, Kyiv, Ukraine. pp.284-287. DOI: <https://doi.org/10.1109/UKRCON.2017.8100493>

14. Sergey Naida, Olha Pavlenko. Coupled Circuits Model in Objective Audiometry // Proc. of IEEE 38th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 281-286, 24-26 April 2018, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477557>

15. Sergey Naida, Olha Pavlenko. Newborn Hearing Screening Based on the Formula for the Middle Ear Norm Parameter // Proc. of IEEE 38th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 287-291, 24-26 April 2018, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477495>

16. Sergey Naida, Nikita Naida, Vitalii Didkovsky, Olha Pavlenko. Spectral Analysis of Sounds by Acoustic Hearing Analyzer // Proc. of IEEE 39th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 421-424, 16-18 April 2019, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2019.8783915>

17. Sergey Naida, Nikita Naida, Vitalii Didkovsky, Olha Pavlenko. Objective Audiometry Based On The Formula Of The Middle Ear Parameter: A New Technique For Researches And Differential Diagnosis Of Hearing// Proc. of IEEE 39th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 425-428, 16-18 April 2019, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2019.8783502>

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

Аудиторні заняття проходять у очній чи дистанційній формі. Вони поділяються на теоретичні та практичні. Згідно навчального плану дисципліна містить 3 лекції (6 годин) та 3 практичних занять (6 годин), на самостійну роботу аспірантів відводиться 78 години.

### ЛЕКЦІЇ

Лекція 1. **Розділ 1. Сучасні ширококугові ультразвукові діагностичні прилади.** *Тема 1.1. Ультразвукові сканери.*

Лекція 2. **Розділ 3. Акустичні пристрої для терапії.** *Тема 3.1. Ширококугові фізіотерапевтичні перетворювачі.*

Лекція 3. **Розділ 5. Акустичні пристрої контролю слуху та мови.** *Тема 5.1. Об'єктивні методи діагностики слуху.*

### ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1. Розрахунок акустичного поля, що створюється багатоеlementним електроакустичним перетворювачем ультразвукового сканера, при наявності динамічного фокусування

Практичне заняття 2. Розрахунок сферичних та безабераційних акустичних фокуруючих лінз

Практичне заняття 3. Розрахунок смуги пропускання електроакустичного перетворювача УЗ терапевтичного апарата.

## 6. Самостійна робота аспіранта

*На самостійне опрацювання теоретичних питань, відводиться 72 години:*

### **Розділ 1 Сучасні ширококугові ультразвукові діагностичні прилади**

*Тема 1.2. Ультразвукові сканери із Допплером.*

Питання до розгляду: Допплерівські прилади безперервного вимірювання [5,6]. Імпульсно-хвильові доплерівські вимірювачі швидкості кровотоку [5,6]. Принципи одержання кольорового доплерівського зображення [5].

*Тема 1.3. Перспективні напрямки розвитку ультразвукових методів досліджень*

Питання до розгляду: Одержання трьох мірних зображень [5]. Контрастні речовини. Тканинна гармоніка та контрастна гармоніка [5]. Ширококугові електроакустичні прилади [1-6].

### **Розділ 2 Апаратні методи пасивної діагностики**

*Тема 2.1. Пасивні методи діагностики. Вимірювання глибинної температури тіла людини*

Питання до розгляду: Вимірювання глибинної температури внутрішніх органів по їх акустичному випроміненню: акустотермометри [4].

*Тема 3.1. Фізіотерапія.*

Питання до розгляду: Застосування фокусованого ультразвуку для лікування глибинних структур.

### **Розділ 4 Електроакустичні хірургічні прилади**

*Тема 4.1. Хірургія за допомогою фокусуемого ультразвуку. Фокусуєчі електроакустичні перетворювачі.*

Питання до розгляду: Перетворювачі для фокусування ультразвукових хвиль [3]. Области застосування хірургії за допомогою сфокусованого ультразвуку (літотриптори і т.і.) [3,5]

*Тема 4.2. Інструментальна УЗ хірургія. Електроакустичні перетворювачі стрижневого типу.*

Питання до розгляду: Ультразвукові твердотільні концентратори [5].

### **Розділ 6. Нові типи електроакустичних перетворювачів.**

*Тема 6.1. Ємнісні електроакустичні перетворювачі.*

Питання до розгляду: Ширококугові силіконові ємнісні перетворювачі мегагерцового діапазону [2,5].

*Тема 6.2. Акустичні резонатори складної форми.*

Питання до розгляду: Резонатори Гельмгольца [8]. Застосування фокусованого ультразвуку для лікування глибинних структур [2,3].

На виконання домашньої контрольної роботи відводиться 6 годин. Завдання:

За наданими вхідними даними (відповідно до варіанту) розрахувати параметри широкосмугового випромінювача.

## Політика та контроль

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

Система вимог, що ставиться перед аспірантом:

- До теоретичних занять аспірант має бути підготовлений згідно плану підготовки та отриманих раніше від викладача завдань;
- політика дедлайнів та перескладань: кожен аспірант повинен вчасно здавати завдання відповідно до графіку, що встановлюється на вступному занятті;
- 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)

Рейтинг аспіранта з навчальної дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) домашню контрольну роботу (30б. x 1 = 30б.)
- 2) залікову контрольну роботу (70б. x 1 = 70б.)

*Система рейтингових балів*

#### 1. Домашня контрольна робота.

Критерії оцінювання роботи:

- «відмінно», виконані всі вимоги до роботи – 28-30 балів;
- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 23-27 балів;
- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 18-22 бали;
- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є: зарахування ДКР

#### 2. Залікова контрольна робота.

Завдання залікової контрольної роботи складається з 5 теоретичних питань (макс.оцінка 12 балів/питання) за різними розділами дисципліни та однієї задачі (макс.оцінка 10 балів).

Кожне теоретичне питання контрольної роботи оцінюється у 12 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 9-10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та помилки) – 7-8 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з навчальної дисципліни потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

*Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:*

1. Опишіть принцип дії акустотермометра.
2. Намалюйте структурну схему акустотермометра та поясніть призначення його основних блоків.
3. В якій з зон, дальній чи ближній, ефективно фокусування?
4. В чому полягає теорія еквівалентних 4-х полюсників для п'єзоперетворювачів?
5. Які режими зображення використовуються в УЗ сканерах?
6. Які типи сканування застосовуються в УЗ сканерах?
7. Від чого залежить чутливість акустотермометра?
8. В чому полягає принцип динамічного фокусування, що застосовується в УЗ сканерах?
9. Для чого застосовується акустична лінза в перетворювачі УЗ сканера? Які типи акустичних лінз Ви знаєте?
10. Які моделі застосовуються для розрахунку акустичного поля перетворювача УЗ сканера?
11. Яка фокусуєча система більш ефективна: сферична чи циліндрична?
12. Що таке сферична аберация акустичної лінзи?
13. В яких випадках слід враховувати двомірний характер коливань п'єзоелементів решітки УЗ сканера?
14. Що таке парціальні системи?
15. Як впливає на якість зображення наявність побічних мод коливань елементів решітки УЗ сканера?
16. В чому полягає теорія 6-ти полюсників для п'єзоперетворювачів? Знайдіть за допомогою теорії 6-ти полюсників вираз для вхідного електричного імпедансу п'єзоперетворювача з повітряним тильним навантаженням.
17. Як залежить від довжини хвилі поперечна розподільна здатність циліндричної фокусуєчої системи?
18. Які методи розширення смуги пропускання перетворювача застосовуються?
19. Наведіть алгоритм розрахунку широкосмугового перетворювача використовуючи теорію поліноміальних фільтрів Чебишева.
20. Як розраховуються власні теплові шуми п'єзоперетворювачів?
21. Як визначається повздовжня розподільна здатність  $A$  – локатора?
22. Які схеми вмикання перетворювачів застосовуються в УЗ сканерах?
23. Отримати вираз для вхідного імпедансу перетворювача, що працює в повітрі  $Z_1 = Z_2 = 0$  і проаналізувати його.
24. Отримати формулу для розрахунку коефіцієнту електромеханічного зв'язку  $k_t$  по значенням  $f_1$  і  $f_0$ .
25. Для чого в терапевтичних перетворювачах використовується широкосмуговий режим роботи? Які методи розширення смуги частот можна застосувати в терапевтичному випромінювачі?
26. Наведіть приклад розрахунку широкосмугового перетворювача використовуючи теорію поліноміальних фільтрів Чебишева.
27. Для чого застосовується акустична лінза в перетворювачі УЗ сканера?
28. Які типи акустичних лінз застосовуються в сучасних електроакустичних перетворювачах?

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено завідувачем кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, доктором технічних наук, професором, Найдою Сергієм Анатолійовичем.**

**Ухвалено кафедрою акустичних та мультимедійних електронних систем (протокол № 6 від 30.06.2020р.)**

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