

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету електроніки

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

«_____» _____ 2017

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

«ПРИКЛАДНА АКУСТИКА»

для напрямків підготовки (спеціальностей):

6.050803– Акустотехніка

Програму рекомендовано кафедрою
акустики та акустоелектроніки

Протокол № 13 від 21.06. 2017 р.

Завідувач _____ кафедри
В.С. Дідковський

« 21 » _____ червня _____ 2017 р.

Ухвалено методичною комісією

факультету електроніки

Протокол № 06/17 від 30.06. 2017 р.
(протокол №, дата)

Голова методичної комісії

_____ С.А. Найда
(підпис) (ініціали, прізвище)

Київ – 2017

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Курс «Прикладна акустика» є одним перших спеціалізованих курсів і належить до циклу акустичних дисциплін. Включає такі напрямки практичної діяльності, як «Психофізіологічна акустика», «Архітектурна акустика» та «Електроакустична апаратура».

Базою для вивчення курсу «Прикладна акустика» є дисципліни: «Фізика» (розділи «Електрика», «Магнетизм», «Механіка»), «Вища математика» (розділи «Диференційні рівняння», «Спеціальні функції»), «Прикладна механіка» (розділ «Коливальні системи»), «Теоретична акустика» (розділи «Розповсюдження акустичних хвиль», «Випромінення звуку коливальними системами»).

Курс «Прикладна акустика» є підготовкою до вивчення курсів «Електроакустична апаратура» і «Акустичне обладнання залів і студій». Курс «Прикладна акустика» супроводжується практичними і лабораторними заняттями. Виконується курсовий проект на тему: «Розрахунок електродинамічного гучномовця» і розрахунково-графічна робота «Акустичний розрахунок приміщення».

Метою дисципліни «Прикладна акустика» є:

- вивчення питань технічного застосування теорії випромінення і прийому акустичних сигналів, проектування електроакустичної апаратури;
- вивчення питань сприйняття звуку людиною і особливостей мовотворення;
- вивчення акустичних властивостей приміщень.

Основними завданнями курсу є набуття навичок аналізу та проектування електроакустичних приладів; створення приміщень з необхідними акустичними властивостями.

Після вивчення курсу студенти повинні уміти визначати слухові характеристики акустичних сигналів; виконати акустичний проект приміщень різного призначення; розрахувати акустичні характеристики гучномовців і мікрофонів; спроектувати електродинамічний гучномовець в залежності від потрібних технічних характеристик.

Форма навчання	Семестр	Всього кредитів/годин	Розподіл за семестрами по видам занять				Семестр. атест.
			лекцій	практ.	лабор.	СРС	
Денна	7,8	11/396	90	36	36	234	Екзамен диф.заклік

II. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Розділ 1

Випромінення та прийом акустичних хвиль

- 1.1. **Предмет курсу «Прикладна акустика».** Розділи курсу. Історична довідка. Внесок вітчизняних і зарубіжних вчених у розвиток технічної акустики.
- 1.2. **Ефективність випромінювання. Опір випромінювання.** Сферичні випромінювачі. Поршневі випромінювачі. Вплив зовнішнього оформлення випромінювача на ефективність випромінювання (щит, ящик, труба, рупор). Опір випромінювання поршня в нескінченному екрані, без екрану в закритому ящику. Хвильове рівняння в рупорі. Звукове поле в нескінченному рупорі. Акустична трансформація. Взаємовплив випромінювачів. Взаємний опір випромінювання.
- 1.3 **Розподіл акустичної енергії у просторі. Характеристика направленості випромінювачів і приймачів звуку.** Коефіцієнт вісьової концентрації.

Характеристика направленості двох синфазних і контрфазних монополів, лінійної групи перетворювачів, лінійного суцільного вібратора, плоских прямокутних поршнів, круглого поршня в екрані. Характеристика направленості системи однаково направлених перетворювачів.

1.4. *Прийом акустичних хвиль. Типи взаємодії звукового поля з рухомою системою перетворювача.* Акустичні перетворювачі тиску. Перетворювачі градієнту тиску. Комбіновані перетворювачі.

1.5 *Фізичні принципи дії електроакустичних перетворювачів.* Електродинамічні, електромагнітні, п'єзоелектричні, ємнісні перетворювачі. Перетворювачі-двигуни і перетворювачі-генератори. Зворотність електроакустичних перетворювачів. Метод електромеханічних і електроакустичних аналогій.

Розділ 2

Гучномовці

2.1. *Класифікація і технічні характеристики гучномовців. Електромагнітний дифузорний гучномовець.* Будова і принцип дії. Технологія виготовлення. Матеріали. Метод електромеханічних і електроакустичних аналогій. Еквівалентна схема гучномовця. Повна електрична схема. Вносимий опір. Вхідний опір гучномовця. Чутливість гучномовця. Частотна характеристика. Нелінійні спотворення при відтворенні звуку. Параметричні і модуляційні спотворення. Вплив зовнішнього оформлення гучномовця на характеристики системи. Оформлення у вигляді щита, відкритого ящика, закритого ящика, фазоінвертора.

2.2. *Рупорні гучномовці.* Будова і еквівалентна схема рупорного гучномовця нормального типу. Порівняння рупорів різних форм. Акустична трансформація в рупорах нормального типу. Узгодження

характеристик в рупорних гучномовцях. Вимірювання частотної характеристики рупорного гучномовця шляхом змінення коефіцієнту трансформації. Розрахунок експоненціального рупора. Нелінійні і модуляційні спотворення при звуковідтворенні.

2.3. *Акустичні системи. Звукові колонки.* Дво- і трьохканальні системи звуковідтворення. Відкриті і закриті телефони. Стереофонічні і квадрофонічні головні телефони.

Розділ 3

Мікрофони

3.1. *Класифікація і технічні характеристики мікрофонів. Електродинамічні мікрофони.* Електродинамічний котушковий мікрофон тиску. Будова і принцип дії. Еквівалентна схема. Електрична, механічна, електромеханічна і акустична чутливості мікрофону. Узгодження характеристик. Акустична корекція. Частотна характеристика мікрофону. Електродинамічний котушковий мікрофон градієнту тиску. Комбіновані мікрофони. Стрічкові мікрофони.

3.2. *Конденсаторні мікрофони.* Конденсаторні мікрофони тиску. Електрична і електромеханічна чутливості. Конденсаторні мікрофони градієнту тиску. Комбіновані конденсаторні мікрофони. Електричне комбінування. Електретні мікрофони.

3.3. *Гостронаправлені мікрофони. Радіомікрофони.* П'єзоелектричні мікрофони. ПЗМ мікрофони.

Розділ 4

Архітектурна акустика

4.1. *Вступ. Акустичне поле в приміщенні.* Огляд теорій архітектурної акустики. Історія розвитку архітектурної акустики як науки.

4.2. Статистична теорія архітектурної акустики. Оптимальна реверберація. Припущення статистичної теорії. Процеси наростання і спадання звуку в приміщенні. Стандартний час реверберації в приміщенні. Оптимальний час реверберації для мовних і музичних приміщень. Акустичне відношення. Еквівалентний час реверберації. Акустика зв'язаних приміщень.

4.3 Геометрична теорія звукових процесів в приміщенні. Припущення геометричної теорії. Побудова площадок перших і других відбиттів. Структура процесу реверберації в приміщенні. Побудова часової послідовності ранніх відбиттів.

4.4. Звукопоглинання у приміщенні. Звуко- і віброізоляція приміщень. Класифікація звукоізолюючих матеріалів і конструкцій. Основні принципи поглинання енергії. Принцип звукоізоляції приміщення. Звукоізоляція багатошаровими конструкціями. Наближені методи розрахунку величини звукоізоляції.

Розділ 5

Психофізіологічна акустика

5.1. Будова і робота слухового апарату людини. Механізм звукосприйняття. Теорії слуху.

5.2. Суб'єктивні характеристики гучності сигналу. Об'єктивні і суб'єктивні характеристики слуху. Поріг чутності. Область чутності. Гучність. Критичні смуги частот. Гучність складних сигналів. Ефект маскування. Адаптація гучності. Нелінійність слуху.

5.3. Сприйняття висоти тону. Натуральний звукоряд. Теоретичний звукоряд. Висотна шкала. Гармонічна і мелодична висота тону. Тембр звуку. Логарифмічна шкала частот. Розрізнявальна здатність слуху. Часові характеристики слуху.

5.4. **Локалізація звуків.** Бінауральний ефект. Механізми локалізації. Інтегральна локалізація звуків. Методи стереофонічної звукопередачі. Дихотичне сприйняття звуків.

5.5. **Фізика мови.** Будова мовного апарату людини. Акустичні моделі мовного тракту. Джерела голосних і приголосних звуків. Формантні особливості. Диференціальні і інтегральні характеристики мови. Розрахунок розбірливості мови.

ІІІ. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Ціллю практичних занять є набуття навичок розрахунків суб'єктивних характеристик сприйняття звукових сигналів за їх фізичними характеристиками, акустичного проектування приміщень, розрахунків акустичних характеристик випромінювачів і приймачів звуку, а також механічних параметрів гучномовців і мікрофонів.

Перелік тем практичних занять:

1. Обчислення рівнів акустичних сигналів.
2. Обчислення опору випромінювання та випромінювальної потужності поршневих випромінювачів в залежності від частоти і зовнішнього оформлення.
3. Побудова характеристик направленості двох синфазних і контрфазних точкових випромінювачів, лінійної групи випромінювачів, круглого поршня в екрані.
4. Обчислення коефіцієнту вісьової концентрації випромінювачів та приймачів звуку.
5. Побудова електромеханічних схем.
6. Розрахунок параметрів електродинамічного гучномовця.

7. Розрахунок зовнішнього оформлення гучномовці.
8. Розрахунок параметрів експоненціального рупорного гучномовця.
9. Розрахунок рупорного гучномовця нормального типу.
10. Розрахунок параметрів електродинамічного мікрофону тиску.
11. Розрахунок стандартного часу реверберації в приміщенні. Вибір звукопоглинальних матеріалів.
12. Розрахунок ефективного часу реверберації. Акустичне відношення.
13. Побудова площадок послідовних відбиттів. Розрахунок часового спектру відбиттів.
14. Розрахунок звукоізоляції приміщення.
15. Визначення рівня гучності і гучності акустичного тонального сигналу. Гучність складних звуків.
16. Визначення рівня гучності звуків з урахуванням маскуючого тону.
17. Визначення мелодичної і гармонічної висоти тону.
18. Проведення артикуляційних вимірювань. Тестування приміщення шляхом оцінки складової артикуляції.

IV. ПРИБЛИЗНИЙ ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Ціллю виконання лабораторних робіт є:

- дослідження слухових характеристик;
- вимірювання акустичних параметрів приміщення;
- вивчення питань технічного застосування теорії випромінення і прийому акустичних сигналів, принципів дії електроакустичної апаратури;
- здобуття навиків роботі з вимірювальною електроакустичною апаратурою.

Перелік лабораторних робіт:

1. Дослідження биттів.
2. Дослідження слухових характеристик за допомогою аудіометру.
3. Дослідження коливальної системи з двома степенями свободи.
4. Дослідження вимушених коливань струни.
5. Моделювання вільних коливань струни на ПЕОМ.
6. Вимірювання швидкості звуку.
7. Вимірювання стандартного часу реверберації.
8. Вимірювання коефіцієнтів звукопоглинання матеріалів методом стоячих хвиль у трубі.
9. Дослідження звукового поля в приміщенні.
10. Дослідження коливальної системи з одним степенем свободи.
11. Вимірювання вхідного опору та визначення параметрів гучномовців.
12. Вимірювання характеристик направленості гучномовця.
13. Обчислення характеристик направленості лінійної групи перетворювачів та лінійного суцільного випромінювача на ПЕОМ.
14. Зовнішнє оформлення гучномовців.
15. Дослідження двосмугового гучномовного агрегату.
16. Вимірювання характеристик телефонів.
17. Вимірювання характеристики направленості мікрофонів.
18. Абсолютне градування мікрофонів методом взаємності.

V. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання включають розрахунково-графічну роботу «Акустичний проект приміщення» і курсовий проект на тему «Розрахунок електродинамічного гучномовця».

Ціллю **курсового проекту «Розрахунок електродинамічного гучномовця»** є застосування навичок розрахунку і проектування елементів і вузлів електроакустичної апаратури, які містять рухомі механічні елементи і магнітні кола.

В завданні задаються наступні параметри: електрична потужність гучномовця, стандартний звуковий тиск, вхідний опір гучномовця, діапазон випромінюваних частот, коефіцієнт нелінійних спотворень, тип магнітної системи і вигляд зовнішнього оформлення.

Курсовий проект складається з пояснювальної записки об'ємом приблизно 30 друкованих сторінок і робочих креслень.

Пояснювальна записка крім розрахункової частини містить також розробку технічного завдання, патентний пошук, описання технологічних питань виготовлення і збирання голівки гучномовця.

В графічній частині на листах формату А4 подаються робочі креслення деталей гучномовця, зображується загальний вигляд голівки гучномовця і ескіз конструкції зовнішнього оформлення з детальною проробкою обраного варіанту кріплення голівки. На форматі А1 подається збірне креслення голівки гучномовця.

Креслення і пояснювальна записка виконується у відповідності з вимогами стандартів ЄСКД.

Проект передбачає широке використання ПОЕМ. З урахуванням цього загальна витрата робочого часу повинна становити приблизно 54 години самостійної роботи студентів.

Ціллю **розрахунково-графічної роботи «Акустичний проект приміщення»** є набуття практичного досвіду акустичного проектування, зокрема, вибору форми і розмірів приміщення, добору і розташування звукопоглинальних матеріалів, розрахунок звукоізоляції.

Тематика завдань на розрахунково-графічну роботу включає мовні і музичні приміщення, такі як аудиторії, конференц-зали, актові зали, зали драматичних і оперних театрів, філармонічні зали, студійні приміщення для запису голосу і музики різних жанрів з різною кількістю виконавців. Приміщення крім призначення відрізняються за об'ємом і кількістю слухачів.

Розрахунково-графічна робота включає:

- вибір розмірів, форми, загального планування приміщення у відповідності з варіантами завдання;
- вибір оптимального часу реверберації і його частотної залежності;
- добір і розміщення звукопоглинаючих матеріалів, що забезпечують оптимальні характеристики в приміщенні;
- побудову площадок перших і других відбиттів і розрахунок часового спектру відбиттів;
- розрахунок звукоізоляції і віброізоляції системи приміщення.

VI. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Метою проведення контрольних робіт є перевірка набутих студентами знань з питань сприйняття звуку людиною, оцінки звукового поля в приміщенні, особливостей розподілу акустичної енергії у просторі в залежності від типу випромінювачів і їх розташування, а також розрахунку механічних і електричних параметрів гучномовців і мікрофонів.

Модульна контрольна робота №1

Контрольна робота містить задачі на побудову характеристик направленості. Теоретичні відомості викладені у розділі 1 «Випромінювання та

прийом акустичних хвиль» в темі 1.3 «Розподіл акустичної енергії у просторі.
Характеристика направленості».

Модульна контрольна робота №2

Матеріал для контрольної роботи викладений у розділі 2 «Гучномовці» і у
розділі 3 «Мікрофони» у темах:

Тема 2.1. Класифікація і технічні характеристики гучномовців.

Електродинамічний гучномовець.

Тема 2.2. Рупорні гучномовці.

Тема 3.1. Класифікація і технічні характеристики мікрофонів.

Електродинамічні мікрофони.

Модульна контрольна робота №3

Матеріал для контрольної роботи викладений у розділі 4 «Архітектурна
акустика» в темах:

Тема 4.2. Статистична теорія архітектурної акустики. Оптимальна
реверберація.

Тема 4.3. Геометрична теорія звукових процесів в приміщенні.

Тема 4.4. Звукопоглинання у приміщенні. Звуко- і віброізоляція
приміщень.

VII. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Навчальна програма дисципліни: «Прикладна акустика» складається на
основі робочих навчальних планів кафедри А та АЕ.

Рекомендується виконання практичних і лабораторних робіт у повному обсязі, а також виконання курсового проекту, розрахунково-графічної роботи і контрольних робіт.

Частково лекційний матеріал розділів «Психофізіологічна акустика», «Архітектурна акустика», «Гучномовці» та «Мікрофони» може бути запропонований для самостійної роботи.

VIII. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література

- 1.Дідковський В.С., Луньова С.А., Богданов О.В. Архітектурна акустика. - К.:НТУУ “КПІ”, 2012.- 384 с.
- 2.Дідковський В.С., Луньова С.А. Основи архітектурної та фізіологічної акустики. – К.: Постприм, 2001. – 422 с.
- 3.Электроакустика и звуковое вещание / Под ред. Ковалгина Ю.А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 272 с.
- 4.Вахитов Я.Ш. Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура. – М.: Искусство, 1982. – 415 с.
- 5.Гельфанд С. Слух: введение в психологическую и физиологическую акустику. – М.: Медицина, 1984. – 240 с.
- 6.Алдошина И.А. Электродинамические громкоговорители. – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.
- 7.Коврыгин С.Д., Крышов С.И., Архитектурно-строительная акустика. – М.: Высшая школа, 1986. – 256 с.
- 8.Методичні вказівки до курсового проекту “Проект електродинамічного гучномовця” з курсу «Прикладна акустика» (Уклад.: С.А.Луньова, В.П.Заєць, М.В.Контар) – Київ: НТУУ “КПІ”, електронне видання, 2012. – 88 с.

- 9.Акустичний проект приміщення. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу “Прикладна акустика” (Уклад.: С.А.Луньова, О.В.Богданов, В.П.Заєць). – Київ: НТУУ “КПІ”, електронне видання, 2012. – 66 с.
- 10.Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Прикладна акустика» (Уклад.: С.А. Луньова, О.В.Богданов, В.П.Заєць, М.В.Контар). - Київ: НТУУ “КПІ”, електронне видання, 2012.- 60 с.

Додаткова література

11. Алдошина И.А., Приттс Р. Музыкальная акустика. – С.-П.: Композитор, 2006. – 720 с.
12. Маньковский В.С. Основы звукооператорской работы. – М.: Искусство, 1985. – 240 с.
13. Качерович А.Н. Акустическое оборудование киностудий и театров. – М.: Искусство, 1980. – 238 с.
14. Акустика: Справочник (А.П. Ефимов, А.В. Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров). Под ред. М.А. Сапожкова. – М.: Радио и связь, 1986. – 236 с.
15. Фурдуев В.В. Электроакустика. – М.: ОГИЗ: Техника, техническая литература, 1948. – 515 с.

Навчальна програма складена на основі освітньо – професійної програми СВО

6.050803 - Акустотехніка

(шифр та назва напрямку спеціальності)

Розробник програми

к.ф.-м.н., доцент Луньова С.А.

(вчений ступінь, звання, прізвище та ініціали автора програми)

Луньова С.А,

(підпис)

(прізвище та ініціали)