

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(підпис)

(ініціали та прізвище)

2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури



**РОБОЧА ПРОГРАМА ВІБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«НВЧ пристрої радіотехнічних та телекомунікаційних систем»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Телекомунікації та радіотехніка»

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

Харків 2020 рік

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«НВЧ пристрої радіотехнічних та телекомунікаційних систем»
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка»

05 липня 2020 р., – 9 с.

Розробник: проф. каф. 504, д.т.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.В. Тоцький
(ініціали та прізвище)

Гарант ОНП зав. каф., д.т.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

В.В. Лукін
(ініціали та прізвище)

Протокол № 1 від 31 серпня 2020 р. засідання кафедри № 504

Завідувач кафедри зав. каф., д.т.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

В.В. Лукін

(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В.Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



Т.П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5,5	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Телекомунікації та радіотехніка»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання не передбачене		Семестр
Загальна кількість годин 64*/165		4-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 6,3		32 годин
		Практичні*
		32 години
		Лабораторні*
		0 годин
		Самостійна робота
		101 годин
		Вид контролю
		модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/ 101.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування теоретичних, конструкторських та технологічних навиків і знань, необхідних для подальшого розвинення засобів проектування та розробки пристроїв НВЧ у радіотехнічних та телекомунікаційних системах.

Завдання: дати знання про характеристики та параметри пристроїв НВЧ, розвинути навички самостійного розв'язання задач, що пов'язані з розрахунками та синтезом пристроїв НВЧ у радіотехнічних та телекомунікаційних системах різного призначення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності:

- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній науці та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.
- Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.
- Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.
- Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті.
- Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.
- Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в комп'ютерних науках.

Програмні результати навчання:

- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми комп'ютерної науки державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.
- Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
- Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках.
- Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
- Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.
- Розуміти загальні принципи та методи комп'ютерних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері радіотехніки та телекомунікацій та у викладацькій практиці.
- Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації в сфері радіотехніки та телекомунікацій.
- Уміти управляти змістом, розкладом, вартістю, якістю, ризиками, людськими ресурсами та комунікаціями науково-технічних проектів в аерокосмічній галузі з відповідністю вимогам міжнародних стандартів
- Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень

- Знати, розуміти та вміти застосовувати методи та засоби створення інформаційних технологій та програмного забезпечення у сфері радіотехніки та телекомунікацій, в тому числі в аерокосмічній галузі.

Міждисциплінарні зв'язки: фізика.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Рівняння поширення електромагнітних хвиль у довгих лініях. Теорія електромагнетизму. Закони розповсюдження електромагнітних хвиль в напрямних системах.

Тема 1. Властивості діапазону НВЧ.

Вирішення телеграфних рівнянь. Коефіцієнт придушення та фазовий коефіцієнт. Коефіцієнт відбиття. Довга лінія розімкнута на кінці. Лінія навантажена на реактивний опір (L або C). Довга лінія навантажена на активний опір.

Тема 2. Стоячі хвилі.

Опір навантаження. Імпеданс в максимумі та в мінімумі стоячої хвилі. Вимірювання навантажених імпедансів. Поняття хвилеводу. Переваги хвилеводів на НВЧ.

Тема 3. Основні закони електродинаміки.

Класифікація середовищ. Графічне зображення полів. Потенційні та вихрові поля. Основні закони електродинаміки – рівняння Максвела, рівняння неперервності, закон Ома в диференційній формі. Енергія електромагнітного поля. Густина енергії. Вектор Пойнтінга та його фізична інтерпретація. Граничні умови для векторів електромагнітного поля.

Тема 4. Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.

Плоскі хвилі в однорідному, поглинаючому та реальному діелектричному середовищах. Хвильові рівняння та їх розв'язання. Дисперсійне середовище. Фазова та групова швидкості, співвідношення між ними. Електромагнітні хвилі на межі розділення середовищ. Відбиття та заломлення при нормальному падінні.

Тема 5. Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.

Хвилі, що спрямовуються, аналітичне подання, хвильове рівняння. Типи хвиль. Характеристики дисперсних хвиль. Поширення хвиль між двома паралельними пластинами.

Тема 6. Хвилеводи.

Прямокутний хвилевід, поперечно – електричні та поперечно – магнітні хвилі, складові електромагнітного поля, особливості та основні параметри електромагнітної хвилі. Структура полів різних типів хвиль. Круглий хвилевід, розв'язання хвильового рівняння. Особливості та структура полів нижчих типів хвиль. Коаксіальна лінія. Структура поля хвилі ТЕМ. Хвилі вищих типів. Енергетичні задачі у спрямовуючих системах. Потужність, що передається по хвилеводах. Критична довжина хвилі та дисперсія хвиль. Структури полів H_{10} , H_{20} , H_{11} , H_{21} , E_{11} в прямокутнім хвилеводі. Структури полів в круглих хвилеводах. Хвилі типів H_{11} , H_{01} , E_{01} , E_{02} .

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Пристрої НВЧ: об'ємні резонатори та сповільнюючі структури, фазообертачі, феритові вентиля, атенюатори НВЧ, трансформатори повних опірів.

Тема 1. Об'ємні резонатори.

Електромагнітні поля в об'ємних резонаторах. Поперечно – електричні та поперечно – магнітні коливання у прямокутному резонаторі. Добротність. Циліндричний резонатор, типи коливань, резонансні довжини хвиль, особливості нижчих типів коливань. Коаксіальні резонатори, резонансна довжина, добротність. Відкриті резонатори, особливості, добротність.

Тема 2. Сповільнюючі структури.

Електромагнітні хвилі у сповільнюючих структурах. Поняття сповільнюючих структур, повільні хвилі. Характеристики ребристої (гребінчастої) структури. Властивості металевої площини, яка покрита діелектриком. Дисперсія електромагнітних хвиль у сповільнюючих структурах.

Тема 3. Фазообертачі.

Закони зсуву фази електромагнітних хвиль на НВЧ та принципи побудови фазообертачів НВЧ. Фазообертачі на основі зміни геометричної довжини лінії передачі та на основі зміни довжини хвилі в лінії передачі. Конструкції діелектричних хвилеводних фазообертачів.

Фазообертачі НВЧ на основі подвійного Т-подібного трійника (Т-міст). Методи вимірювання зсуву фази на НВЧ.

Тема 4. Феритові вентиля та атенюатори НВЧ.

Конструкція та принцип дії феритового резонансного вентиля. Явище феритового резонансу на НВЧ. Прямі та зворотні втрати у феритових резонансних вентилях. Вентиль на ефекті Фарадея, вентиль на ефекті зсування поля. Класифікація атенюаторів НВЧ. Конструкції та характеристики постійних і змінних хвилеводних, коаксійних та смугових атенюаторів поглинаючого типу. Конструкція та характеристики атенюаторів граничного типу.

Тема 5. Трансформатори повних опорів.

Трансформатори повних опорів: одинока пересувна регулюєма провідність, втулковий трансформатор, чвертьхвильовий трансформатор. Ступінчасті переходи: переходи з характеристиками Чебишева і Баттерворта. Плавні хвилеводні переходи. Переходи між лініями передачі різних типів: хвилеводно-коаксійні переходи, коаксійно-смугові переходи, хвилеводно-смугові переходи, переходи між прямокутним та круглим хвилеводами.

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Рівняння поширення електромагнітних хвиль у довгих лініях. Теорія електромагнетизму. Закони розповсюдження електромагнітних хвиль в напрямних системах.					
Тема 1. Властивості діапазону НВЧ.	12	2	-	--	10
Тема 2. Стоячі хвилі.	16	2	4	-	10
Тема 3. Основні закони електродинаміки.	14	2	2	-	10
Тема 4. Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.	14	2	2	-	10
Тема 5. Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.	11	2	4	-	5
Тема 6. Хвилеводи.	9	2	2	-	5
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1	78	14	14	-	50
Змістовний модуль 2. Пристрої НВЧ: об'ємні резонатори та сповільнюючі структури, фазообертачі, феритові вентиля, атенюатори НВЧ, трансформатори повних опірив.					
Тема 1. Об'ємні резонатори.	18	4	4	-	10
Тема 2. Сповільнюючі структури.	18	4	4	-	10
Тема 3. Фазообертачі.	18	4	4	-	10
Тема 4. Феритові вентиля та атенюатори НВЧ.	16	2	4	-	10
Тема 5. Трансформатори повних опорів.	15	2	2	-	11
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Разом за змістовним модулем 2	87	18	18	-	51
Усього годин	165	32	32	-	101

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені навчальним планом	-
	Разом	-

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ). Методи вимірювання КСХ.	2
2	Види неоднорідностей у лініях передачі НВЧ та методи їх вимірювання.	2
3	Вимірювання навантажених імпедансів за допомогою вимірювальної лінії.	2
4	Математичні методи вирішення хвильових рівнянь.	4
5	Методика розрахунку характеристик прямокутного хвилеводу на хвилі основного типу H_{10} .	4
6	Скін-ефект на НВЧ. Поверхневий опір.	2
7	Частотна залежність коефіцієнту сповільнення.	2
8	Розрахунки добротності об'ємного резонатора на хвилі типу H_{101} .	4
9	Порівняння показників методів зсуву фази на НВЧ.	2
10	Частотні характеристики феритових вентилів.	4
11	Оцінювання коефіцієнту відбиття у ступінчастому хвиле водному переході.	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені навчальним планом	-
	Разом	-

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Властивості діапазону НВЧ.	10
2	Стоячі хвилі.	10
3	Основні закони електродинаміки.	10
4	Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.	10
5	Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.	5
6	Хвилеводи.	5
7	Об'ємні резонатори.	10
8	Сповільнюючі структури.	10
9	Фазообертачі.	10
10	Феритові вентиля та атенюатори НВЧ.	10
11	Трансформатори повних опорів.	11
	Разом	101

9. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом

10. Методи навчання

Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) переконання у значущості навчання;
- 2) вимоги;
- 4) створення ситуації зацікавленості.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) пояснювально-ілюстративний;
- 2) словесний (розповідь, лекція, бесіда, пояснення);
- 3) наочний (ілюстрація, демонстрація);
- 4) практичний (вправи).

11. Методи контролю

Поточний контроль: робота на лекціях та практичних заняттях, контроль засвоєння навчального матеріалу, запланованого на самостійне опрацювання студентом.

Тестовий контроль – проведення модульних контрольних робіт.

Семестровий контроль – іспит (проводиться у письмовій формі).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	12	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	10	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних завдань. Максимальна кількість балів за одне завдання – 50

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні рівняння, принципи та теореми електродинаміки;
- засоби збудження електромагнітних хвиль у вільному просторі, в середовищах при наявності тіл, а також у хвильоводах, резонаторах та інших спрямовуючих системах;
- властивості електромагнітних хвиль, зокрема швидких та сповільнених хвиль у вільному просторі, при збудженні хвильоводів, сповільнюючих структур та резонаторів.
- основні положення, зв'язані з проникненням радіохвиль у різні середовища;
- фізичні основи процесів, що відбуваються у пристроях НВЧ;
- структури електромагнітного поля у хвильоводах;
- основні типи коливачів у резонаторах НВЧ;
- фізичні принципи дії активних та пасивних пристроїв НВЧ, їх основні характеристики;
- типові функціональні, еквівалентні схеми і конструкції пристроїв НВЧ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- проводити аналіз основних властивостей пасивних пристроїв НВЧ;
- вибирати методи розрахунків таких пристроїв у радіотехнічних та телекомунікаційних системах різного призначення;
- використовувати сучасний математичний апарат розрахунку характеристик пристроїв НВЧ;
- самостійно проводити аналіз рішень, що приймаються.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Здати модульні контрольні. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи та домашні завдання.

На початковому рівні застосовувати отримані знання на практиці.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум необхідних знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Руководство к лаб. работам по курсу «ТЭМП»/ Сост. Алексеев Ю. А., Барсуков С. Н., Заикин И. П. – Харьков, НАКУ, 2000.

14. Рекомендована література

Базова

1. Пейсахович Ю. Г. Классическая электродинамика: учебное пособие, – НГТУ, 2013.
2. Шокало В. М., Правда В. І., Усін В. А., Вунтесмері В. С., Грецьких Д. В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Підручник. Частина 1. – Х.: Колегіум, 2009.
3. Шокало В. М., Правда В. І., Усін В. А., Вунтесмері В. С., Грецьких Д. В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Підручник. Частина 2. – Х.: Колегіум, 2010.

4. Конструирование экранов и СВЧ-устройств/ Под свія. А. М. Чернушенко, Радио и свіязь, 1993.
4. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.

Допоміжна

1. Гольдштейн Л. Д. , Зернов Н. В. Электромагнитные поля и волны. – М. : Сов. радио, 1971.
2. Вольман В. И. , Пименов Ю. В. Техническая электродинамика. – М. : Связь, 1971.
3. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ, в 2-х т., т. 1. -М. :Высшая школа, 1970.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри <http://k504.org>