

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
В. В. Павліков
(ініціали та прізвище)
_____ 2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Системи дистанційного зондування з аерокосмічних носіїв

Галузі знань: 17 Електроніка та телекомунікації.

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіоелектроніка.

Освітня наукова програма: «Телекомунікації та радіоелектроніка».

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: _____ денна
денна // заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Системи дистанційного зондування з аерокосмічних носіїв
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка»
«18» 06 2020 р., – с.

Розробник: професор каф. 501, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Волосюк В. К.
(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП завідувач каф. 504, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Лукін В.В.
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «18» 06 2020 р. засідання кафедри №

Завідувач кафедри 501, к.т.н.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Жила С.С.
(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 – 7,5	Галузь знань <u>17 Електроніка та телекомунікації</u> (шифр і найменування)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 2		
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		2020/2021
Загальна кількість годин – 225 85/225		Семестр
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,3125 самостійної роботи здобувача – 8,75		3-й
		Лекції
		51 год.
		Практичні, семінарські*
		34 год.
	Освітня програма <u>Телекомунікації та радіотехніка</u> (найменування)	Лабораторні
		-
		Самостійна робота
		140 год.
		Вид контролю
	Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
85/ 140.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування у здобувачів знань про призначення та принципи побудови систем дистанційного зондування поверхні Землі та її атмосфери, а також поверхонь і атмосфери інших планет з аерокосмічних носіїв; про види сигналів, які використовуються у відповідних системах;

– засвоєння методів активного та пасивного дистанційного зондування, а також методів оцінювання електрофізичних та геометричних параметрів поверхонь, за допомогою яких вирішуються задачі дослідження природних ресурсів Землі, екологічний контроль стану поверхонь, льодова розвідка і т.ін.

Завдання: вивчення основних видів активних та пасивних систем дистанційного зондування землі, а також методів оцінювання електрофізичних та геометричних параметрів поверхонь.

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

ЗК1 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями,

ЗК2 – здатність освоїти методики навчання по окремим дисциплінам спеціальності,

ЗК7 – здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання по спеціальності та дотичних до них напрямках з суміжних галузей,

ЗК9 – здатність застосовувати сучасні знання методів телекомунікацій та радіотехніки, комп'ютерних наук, інформаційні технології і спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності,

ФК1 – здатність розвивати фундаментальні моделі та нові методи обробки сигналів у телекомунікаційних та радіотехнічних системах, проектувати та створювати телекомунікаційні та радіотехнічні системи та прилади,

ФК6 – здатність застосовувати і розвивати фундаментальні і міждисциплінарні знання, включаючи математичні і наукові принципи, теорію алгоритмів, оптимізаційні задачі, чисельні методи, засоби та нотації для успішного розв'язання проблем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен

знати:

- призначення систем РТС ДЗ в загальному комплексі радіотехнічних систем аерокосмічного зондування;
- класифікацію та принципи побудови систем дистанційного зондування;
- фізичні основи взаємодії радіохвиль з поверхнею розподілу двох середовищ;
- фізику власного радіотеплового випромінювання вивчаемого середовища;
- електрофізичні моделі поверхонь і атмосфер для розсіяного і власного випромінювання;
- основні фізичні співвідношення і принципи, які дозволяють одержати необхідну інформацію про стан зондуемого середовища;

- методи активного дистанційного зондування, методи обзора поверхонь і атмосфер;
- структурні схеми радіолокаційних станцій бічного огляду, радіолокаційних станцій з синтезованою апертурою;
- методи оцінок параметрів вивчаємих середовищ з позиції теорії оптимального радіоприйому сигналів і теорії статистичних рішень;
- методи пасивного радіолокаційного зондування;
- структурні схеми радіометрів та радіотеплолокаторів;

повинен вміти:

- використатися методикою статистичного синтезу систем дистанційного зондування;
- використатися методикою розробки алгоритмів оптимального оцінювання діелектричних і геометричних параметрів вивчаємих середовищ;
- оцінювати якісні показники засобів дистанційного зондування поверхні Землі;
- визначати приємлемі умови проведення аерокосмічних експериментів.

мати уявлення:

- про сучасні аерокосмічні системи активного та пасивного моніторингу природних середовищ; про значення та діапазон використання різноманітних засобів дистанційного зондування.

Програмні результати навчання:

ПРН1 – уміти проводити пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, on-line ресурси,

ПРН2 – уміти застосовувати методики навчання по окремим дисциплінам спеціальності,

ПРН3 – уміти використовувати набуті знання, за допомогою аналітичного апарату і логічного мислення, уміти застосовувати їх у наукових дослідженнях,

ПРН4 – знати та уміти застосовувати міри ризику, оцінювати та використовувати їх у наукових дослідженнях,

ПРН9 – називати і давати визначення основним англомовним поняттям у наукових дослідженнях,

ПРН10 – уміти розвивати творчі здібності, шукати і застосовувати нестандартні підходи до прийняття рішень у наукових дослідженнях,

ПРН11 – уміти демонструвати розуміння сучасних методів ведення науково-дослідних робіт, математичних методів, інформаційних технологій, методів експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці,

ПРН12 – уміти орієнтуватися в патентній інформації і документації, досліджувати і кваліфіковано формулювати ознаки новизни в системах передачі й обробки інформації, які розробляються, оформляти заявки на винаходи, вміти аналізувати технічні рішення з метою визначення їх обороноздатності і патентної чистоти,

ПРН13 – уміти представляти та обговорювати наукові результати іноземною мовою (англійською або іншою, відповідно до специфіки спеціальності) в усній та письмовій формах, приймати участь у наукових дискусіях і конференціях,

ПРН14 – уміти надавати математичного змісту певній практичній задачі та застосовувати основні методи вищої математики до розв'язування задач,

ПРН15 – уміти доводити розв’язок задачі до прийнятного вигляду – числа, графіка, діаграма та користуватись математичною літературою.

Міждисциплінарні зв’язки: результати навчання можуть бути використані для засвоєння матеріалу дисциплін Сучасні методи проектування радіосистем, Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Фізичні основи дистанційного зондування.
Електродинамічні моделі полів розсіювання.

ТЕМА 1. Загальні визначення та класифікація систем дистанційного зондування.

Предмет і задачі курсу. Значення використання засобів дистанційного зондування для вирішення комплексу народногосподарських задач. Класи систем дистанційного зондування. Задачі дистанційного зондування.

ТЕМА 2. Модель РТС дистанційного зондування.

Загальна модель РТС. Модель РТС ДЗ. Поняття про параметри, характеристики та якісні показники РТС ДЗ. Класифікація РТС здобування інформації. Особливості РТС зондування.

ТЕМА 3. Основні закономірності розсіювання радіохвиль земною поверхнею.

Взаємодія радіохвиль з земною поверхнею. Схеми фізичних експериментів. Основні співвідношення.

ТЕМА 4. Загальні відомості про електродинамічні моделі поверхонь.

Модель плоскої поверхні. Модель дрібномасштабної поверхні. Модель крупномасштабної поверхні. Комбіновані моделі. Регресійні моделі.

ТЕМА 5. Основні фізичні співвідношення, принципи та поняття, які дозволяють описувати розсіяння поля.

Поняття поляризації. Принцип Гюйгенса. Скалярна та векторні формули Кірхгофа. Граничні умови. Зв’язок характеристик розсіяних полів з електрофізичними, геометричними і статистичними характеристиками поверхні.

ТЕМА 6. Енергетичні характеристики розсіяного випромінювання.

Ефективна поверхня розсіювання. Питома ефективна поверхня розсіювання. Потужність прийнятого сигналу. Напруженість поля у точці прийому та напруженість падаючого поля.

ТЕМА 7. Електродинамічна модель плоскої поверхні.

Основні закономірності відбиття радіохвиль плоскою поверхнею. Основні характеристики такої поверхні, які характеризують розсіяне та власне радіотеплове випромінювання. Коефіцієнти Френеля. Зони Френеля.

ТЕМА 8. Електродинамічна модель дрібномасштабної поверхні.

Умови наближення малих збурень. Визначення приймаемого поля. Коефіцієнти, які характеризують розсіяне поле.

ТЕМА 9. Електродинамічна модель крупномасштабної поверхні.

Наближення Кірхгофа. Основні закономірності відбиття радіохвиль крупномасштабною поверхнею. Визначення поля в точці прийому. Ефективна поверхня розсіювання. Питома ЕПР.

Змістовий модуль 2. Моделі сигналів у задачах активного дистанційного зондування. Теоретичні основи пасивного дистанційного зондування

ТЕМА 10. Радіолокаційні станції бокового огляду.

Принцип дії РЛС бічного огляду. Побудова зображень в РЛС бічного огляду. Структурна схема РЛС БО та її принцип дії. Розрізняюча здатність. Некогерентна обробка сигналів.

ТЕМА 11. Радіолокаційна станція з синтезуванням апертури.

Принцип синтезування апертури. Структурна схема РСА та її принцип дії. Ефект Доплера. Синтез апертури як оптимальна обробка сигналів. Когерентна обробка сигналів. Основні свойства синтезованої апертури.

ТЕМА 12. Моделі сигналів при активному дистанційному зондуванні.

Моделі зондуючих сигналів. Моделі сигналів, відбитих від поверхні.

ТЕМА 13. Метод комплексних огинаючих.

Суть метода комплексних огинаючих. Функція невизначеності. Вихідний ефект РСА.

ТЕМА 14. Структура процесора РСА.

Спрощена структура процесора РСА. Структурна схема одного інтегратора на основі нерекурсивного фільтра.

ТЕМА 15. Енергетичні характеристики радіотеплового випромінювання поверхонь.

Щільність та спектральна щільність випромінювання. Сила та спектральна сила випромінювання. Яскравість та спектральна яскравість випромінювання. Щільність та спектральна щільність потужності випромінювання. Коефіцієнт інтегрального відображення. Формула Релея-Джинса.

ТЕМА 16. Моделі сигналів при пасивному дистанційному зондуванні.

Моделі сигналів власного радіотеплового випромінювання поверхонь. Статистичні характеристики теплового випромінювання.

ТЕМА 17. Приймачі власного радіотеплового випромінювання.

Структурна схема та принцип дії радіометра. Типи радіометрів.

ТЕМА 18. Пасивне зондування атмосфери.

Пасивне зондування атмосфери Землі і інших планет Сонячної системи. Основні етапи розвитку. Загальні відомості.

ТЕМА 19. Висновки.

Перспективи розвитку та використання засобів активного та пасивного зондування при вирішенні різноманітних задач народного господарства, вивчення природних ресурсів, екологічного контролю та охорони навколишнього середовища.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Фізичні основи дистанційного зондування. Електродинамічні моделі полів розсіювання.						
ТЕМА 1. Загальні визначення та класифікація систем дистанційного зондування	14	4	–	–	–	10
ТЕМА 2. Модель РТС дистанційного зондування	14	4	–	–	–	10
ТЕМА 3. Основні закономірності розсіювання радіохвиль земною поверхнею	18	4	4	–	–	10
ТЕМА 4. Загальні відомості про електродинамічні моделі поверхонь	18	4	4	–	–	10
ТЕМА 5. Основні фізичні співвідношення, принципи та поняття, які дозволяють описувати розсіяння поля	18	4	4	–	–	10
ТЕМА 6. Енергетичні характеристики розсіяного випромінювання	18	4	4	–	–	10
ТЕМА 7. Електродинамічна модель плоскої поверхні	14	4	–	–	–	10
ТЕМА 8. Електродинамічна модель дрібномасштабної поверхні	9	2	2	–	–	5
ТЕМА 9. Електродинамічна модель крупномасштабної поверхні	9	2	2	–	–	5
Разом за змістовим модулем 1	132	32	20	–	–	80
Змістовий модуль 2. . Моделі сигналів у задачах активного дистанційного зондування. Теоретичні основи пасивного дистанційного зондування.						
ТЕМА 10. Радіолокаційні станції бокового огляду	8	2	1	–	–	5
ТЕМА 11. Радіолокаційна станція з синтезуванням апертури	8	2	1	–	–	5
ТЕМА 12. Моделі сигналів при активному дистанційному зондуванні.	8	2	2	–	–	4
ТЕМА 13. Метод комплексних огинаючих.	5	1	1	–	–	3
ТЕМА 14. Структура процесора РСА.	5	1	1	–	–	3
ТЕМА 15. Енергетичні характеристики радіотеплового випромінювання поверхонь.	8	2	1	–	–	5
ТЕМА 16. Моделі сигналів при пасивному дистанційному зондуванні.	9	2	2	–	–	5
ТЕМА 17. Приймачі власного радіотеплового випромінювання.	16	3	3	–	–	10
ТЕМА 18. Пасивне зондування атмосфери.	14	2	2	–	–	10
ТЕМА 19. Висновки.	12	2	–	–	–	10
Разом за змістовим модулем 2	93	19	14	–	–	60
Всього	225	51	34	–	–	140

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1-2	Розрахунок максимальної потужності прийнятого сигналу, максимальної дальності радіозв'язку, максимальної дальності дії радіолокатора у вільному просторі.	4
3-4	Вирішення задач по визначенню ЕПР різних об'єктів.	4
5-6	Дослідження поведінки коефіцієнтів Френеля. Розглядаються питання побудови в середовищі MathCad графіків залежностей коефіцієнтів Френеля від кутів зондування при різних значеннях реальної і мнимі частин комплексної діелектричної проникності для різних видів поверхонь.	4
7-9	Дослідження поведінки коефіцієнтів відображення від дрібномасштабної поверхні. Розглядаються питання побудови в середовищі MathCad графіків залежностей коефіцієнтів відображення від дрібномасштабної поверхні від кутів зондування при різних значеннях реальної і мнимі частин комплексної діелектричної проникності для різних видів поверхонь.	6
10-11	Рішення задач по визначенню спектральних щільностей випромінювання, яркісних температур	8
12-15	Дослідження характеристик власного радіотеплового випромінювання поверхонь. Розглядаються питання побудови в середовищі MathCad графіків залежностей радіояскравісної температури і діелектричної проникності від кутів зондування в залежності від різних значень товщини слою.	8
	Разом	34

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделі слоїстих земних покривів з плоскими границями.	15
2	Моделі слоїстих середовищ з шерохуватими границями.	15
3	Феноменологічні моделі.	15
4	Інші моделі.	15
5	Самостійне рішення задач за матеріалами практичних занять «Енергетичні характеристики розсіяного випромінювання»	20
6	Самостійне рішення задач за матеріалами практичних занять за темою «Дослідження характеристик власного радіотеплового випромінювання поверхонь»	20
	Разом	140

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	—

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	16	0...16
Виконання практичних робіт	0...1	10	0...10
Модульний контроль	0...44	1	0...44
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...1	6	0...6
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Усього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з 2 теоретичних запитань. Максимальна кількість балів за одне запитання – 50 балів. Усього можливо отримати 100 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- призначення систем РТС ДЗ в загальному комплексі радіотехнічних систем аерокосмічного зондування;
- класифікацію та принципи побудови систем дистанційного зондування;
- фізичні основи взаємодії радіохвиль з поверхнею розподілу двох середовищ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- використовувати методику статистичного синтезу систем дистанційного зондування;

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. Вміти самостійно давати характеристику існуючим радіолокаційним та радіометричним системам, встановлювати і моделювати роботу алгоритмів визначення просторового розподілу ефективної поверхні розсіювання у радарх з синтезуванням апертури та радіояскравості у радіометричних системах.

Добре (75 - 89). Твердо знать мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати складні способи діагностики точності роботи алгоритмів просторово-часової обробки сигналів в радіоелектронних та оптичних системах дистанційного зондування з аерокосмічних носіїв, вміти складати технічне обґрунтування вибору зондуючих сигналів та просторового положення антенних систем.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при проектуванні супутникових та літакових радіолокаційних та радіометричних систем. Вміти будувати складні проекти розвитку РСА з антенними решітками. Безпомилково виконувати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

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

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни:

[illegible]

14. Рекомендована література

Базова

1. Черногор Л.Ф. Дистанционное зондирование атмосферы и космоса. Уч. пособие. Харьков: ХНУ, 2009, 498 с.
2. Рис У. Основы дистанционного зондирования. Москва: Техносфера, 2006, 336 с.
3. Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение. Москва: Радиотехника, 2005, 368 с.
4. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю.А. Мельника. М.: Сов. радио, 1980.
5. Кутуза Б.Г., Яковлев О.И., Данилычев И.В. Спутниковый мониторинг Земли: Микроволновая радиометрия атмосферы и поверхности. – М.: Ленанд, 2016. – 336 с.
6. Руженцев Н.В. Вертикальное атмосферное ослабление радиоволн миллиметрового диапазона. Lap Lambert Academic Publishing, 2015. – 120 с.

Допоміжна

1. Богородицкий В.В., Козлов А.И., Тучков Л.Т. Радиотепловое излучение земных покровов. Л.: Гидрометеиздат, 1977, 224 с.
2. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. М.: Сов. радио, 1962, 480 с.
3. Волосюк В.К. Комплексирование активных и пассивных радиолокационных систем дистанционного зондирования. Харьков, ХАИ, 2001, 43 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки університету <https://library.khai.edu/>