

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМ. М. С. ЖУКОВСЬКОГО
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ІМ. О.О. ЗЕЛЕНСЬКОГО (№ 504)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Ірина ВАСИЛЬСВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

31 серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Антенні пристрої і комплекси»
(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: «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: **денна**

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: ТОЦЬКИЙ Олександр, професор, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

КОЖЕМЯКІНА Надія, к.т.н., ст.викладач
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

В'ЮНИЦЬКИЙ Олег, ст.викладач
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського
(назва кафедри)

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Володимир ЛУКІН
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--|--|---|
| Кількість кредитів – 6 | <p>Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації» (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (код і найменування)</p> <p>Освітня програма «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем» (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p> | Обов'язкова |
| Кількість модулів – 2 | | Навчальний рік |
| Кількість змістовних модулів – 2 | | 2023/2024 |
| Індивідуальне завдання – розрахункова робота (назва) | | Семестр |
| Загальна кількість годин – 80 / 180 (кількість годин ауд. занять*/загальна кількість годин) | | 5-й |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи здобувача – 6,25 | | Лекції* |
| | | 48 годин |
| | | Практичні* |
| | | 0 годин |
| | | Лабораторні* |
| | 32 години | |
| | Самостійна робота | |
| | 100 годин | |
| | Вид контролю | |
| | модульний контроль, іспит | |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 80 годин аудиторних занять/ 100 годин самостійної роботи.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: викладання навчальної дисципліни є формування у студентів теоретичних, конструкторських та технологічних навиків і знань, необхідних для подальшого розвинення засобів проектування та виробництва антенних пристроїв засобів зв'язку.

Завдання: розвинути навички самостійного розв'язання задач, що пов'язані з проектуванням та синтезом антенних систем.

Компетентності, які набуваються:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК8. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК9. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

СК2. Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.

СК4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

СК6. Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

СК7. Готовність до контролю дотримання та забезпечення екологічної безпеки.

СК9. Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.

СК10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

СК15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Очікувані результати навчання:

ПРН5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до

міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН7. Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН8. Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН10. Здатність проводити випробування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення у відповідності до технічних регламентів та інших нормативних документів.

ПРН11. Вміння діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

Пререквізити:

Вища математика

Фізика

Основи теорії кіл

Кореквізити:

Схемотехніка

Вимірювальна цифрова техніка в інфокомунікаціях

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Параметри передавальних та приймальних антен. Направлене випромінювання.

Тема 1. Параметри та характеристики антен

Дальня зона антени (зона випромінювання або зона Фраунгофера). Вхідний імпеданс антени. Умова узгодження антени з генератором, коефіцієнт узгодження. Визначення нормованих діаграм спрямованості (ДС) антени за напруженістю поля та за потужністю. Вторинні параметри ДС. Діяльна висота. Коефіцієнт спрямованої дії (КСД). КСД антен з довільною поляризацією. Коефіцієнт підсилення антени. Частотна характеристика антени. Поляризаційна характеристика антени. Фазова характеристика антени. Визначення нормованої діаграми спрямованості приймальної антени. Діяльна висота та діяльна площа приймальної антени. Потужність, яку приймальна антена віддає до навантаження.

Тема 2. Симетричний вібратор (СВ).

Розподіли струму та заряду на СВ. Поле СВ у дальній зоні. Нормована ДС СВ. Діюча висота СВ. Опір випромінювання та КСД СВ. Еквівалентний хвильовий та вхідний опір СВ.

Тема 3. Направлене випромінювання.

Система, яка містить два не спрямованих випромінювача: синфазна система. Система, яка містить два не спрямованих випромінювача: протифазна система. Система антена-активний рефлектор.

Тема 4. Формування спрямованого випромінювання.

Система, яка містить n неспрямованих випромінювачів. Діаграма спрямованості антенної решітки (АР). Синфазна АР. Нормована ДС АР. Лінійно-фазна АР. Метод сканування. Хвилевидно-щілинна АР з частотним скануванням. Система, яка містить n спрямованих випромінювачів. Теорема перемноження ДС. Багаторядні, багатоповерхові та планарні АР.

Тема 5. Характеристики системи випромінювачів.

Комплексний опір системи випромінювачів. Метод наведених електрорушійних сил. Директорна антена. Векторна діаграма складання полів у системі «антена-пасивний рефлектор». Векторна діаграма складання полів у системі «антена-пасивний директор». Вхідний опір директорної антени. Трансформуючі та симетруючі пристрої. ДС, КСД та смуга пропускання директорної антени. Вплив провідної поверхні на випромінювання антени.

Тема 6. Рупорні антени.

Випромінювання відкритого кінця прямокутного хвилевода. Секторіальні, пірамідальні та конічні рупорні антени. Розподілення амплітуд та фаз в розкривах рупорів. Діаграми спрямованості. Оптимальні розміри рупорних антен. Узгодження рупорів з хвилеводом та вільним простором. Корекція фаз у розкривах рупорів.

Тема 7. Лінзові антени.

Рівняння профілей прискорюючих та сповільнюючих лінз. Металопластинчаті лінзи. Лінзи із штучного діелектрика. Вибір габаритів. Зонування. Частотні якості. Амплітудне розподілення у розкривах прискорюючих та сповільнюючих лінз.

Тема 8. Дзеркальні антени.

Принцип дії. Геометричні співвідношення. Методи розрахунку ДС (по густині струмів та апертурним методом). Перехресна поляризація. КСД, КВП, ККД та КП дзеркальної антени. Опромінювачі дзеркал, вимоги до них. Оптимальна форма ДС опромінювача. Методи керування ДС параболічної антени. Реакція дзеркала на опромінювач та засоби боротьби з нею. Допуски на виготовлення дзеркальних антен.

Тема 9. Щілинні антени.

Щілинні хвилеводні антени. Збудження щілини хвилеводом. Розрахунок опору та провідності у хвилеводі на основі балансу енергії. Узгодження щілин з хвилеводом. Багатощілинні антени резонансного та нерезонансного типів. Діаграми спрямованості багатощілинних антен.

Модульний контроль: Параметри передавальних та приймальних антен. Направлене випромінювання. Спрямовані антенні системи. Антенні решітки. Антени НВЧ

Змістовний модуль 2. Загальні відомості про розповсюдження радіохвиль.

Тема 1. Призначення і задачі курсу. Визначення радіохвиль, їхня класифікація по діапазнам частот і сферам застосування. Спрощена будівля атмосфери і її вплив на поширення радіохвиль. Класифікація радіохвиль по способу поширення. Поширення радіохвиль у вільному просторі. Поняття про множник ослаблення.

Тема 2. Поширення плоских хвиль у напівпровідному середовищі. Відображення плоских хвиль на границі розділу двох середовищ (вертикальна поляризація). Відображення плоских хвиль на границі розділу двох середовищ (горизонтальна поляризація). Відображення радіохвиль на границі розділу напівпровідних середовищ. Область простору, що ефективно бере участь у передачі енергії радіохвиль.

Тема 3. Класифікація випадків поширення земних радіохвиль. Поширення радіохвиль над плоскою поверхнею Землі при піднятих передавальній і приймальній антенах. Повна інтерференційна формула.

Тема 4. Спрощена інтерференційна формула. Інтерференційна формула Введенського. Вплив нерівностей поверхні, що відбиває, на коефіцієнт відображення. Критерій Релея.

Тема 5. Урахування кривизни Землі при користуванні інтерференційними формулами. Відносні висоти веж.

Тема 6. Істотна зона відбиваючої поверхні, що грає основну роль у формуванні відбитої хвилі. Відбиття радіохвиль від гладкої опуклої поверхні. Коефіцієнт розходження.

Тема 7. Склад і побудова тропосфери. Діелектрична проникність тропосфери. Рефракція радіохвиль у тропосфері. Еквівалентний радіус Землі.

Тема 8. Класифікація трас. Розрахунок множника ослаблення на відкритих трасах.

Тема 9. Дифракційне поширення радіохвиль уздовж гладкої сферичної земної поверхні при однорідній тропосфері.

Тема 10. Розрахунок множника ослаблення на напіввідкритих і закритих трасах.

Тема 11. Особливості розрахунку множника ослаблення для трас із клиноподібною або декількома перешкодами. Урахування впливу рефракції при розрахунках множника ослаблення та енергетики радіоліній.

Модульний контроль: Загальні відомості про розповсюдження радіохвиль. Інтерференційні формули. Розрахунки множника ослаблення та енергетики радіоліній.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назва змістовного модуля і тем | Кількість годин | | | | |
|---|-----------------|--------------|---|------|-------|
| | Усього | У тому числі | | | |
| | | л | п | лаб. | с. р. |
| Модуль 1 | | | | | |
| Змістовний модуль 1. Параметри передавальних та приймальних антен. Направлене випромінювання. Спрямовані антенні системи. Антенні решітки. Антени НВЧ | | | | | |
| Тема 1. Параметри та характеристики антен | 7 | 2 | - | - | 5 |
| Тема 2. Симетричний вібратор | 12 | 3 | - | 4 | 5 |
| Тема 3. Направлене випромінювання | 11 | 2 | - | 4 | 5 |
| Тема 4. Формування спрямованого випромінювання | 12 | 3 | - | 4 | 5 |
| Тема 5. Характеристики системи випромінювачів | 11 | 2 | - | 4 | 5 |
| Тема 6. Рупорні антени | 12 | 3 | - | 4 | 5 |
| Тема 7. Лінзові антени | 11 | 2 | - | 4 | 5 |
| Тема 8. Дзеркальні антени | 12 | 3 | - | 4 | 5 |
| Тема 9. Щілинні антени | 11 | 2 | - | 4 | 5 |
| Модульний контроль | 2 | 2 | - | - | - |
| Разом за змістовним модулем 1 | 101 | 24 | 0 | 32 | 45 |
| Змістовний модуль 2. Загальні відомості про розповсюдження радіохвиль. Інтерференційні формули. Розрахунки множника ослаблення та енергетики радіоліній. | | | | | |
| Тема 1. Визначення радіохвиль, їхня класифікація. Поняття про множник ослаблення | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 2. Поширення плоских хвиль у напівпровідному середовищі. | 6 | 2 | - | - | 4 |
| Тема 3. Поширення радіохвиль над плоскою поверхнею Землі. Повна інтерференційна - формула. | 7 | 3 | - | - | 4 |
| Тема 4. Спрощена інтерференційна формула та формула Введенського. Критерій Релея. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 5. Урахування кривизни Землі при користуванні інтерференційними формулами. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 6. Зона відбиваючої поверхні. Коефіцієнт розходження. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 7. Склад і побудова тропосфери. Еквівалентний радіус Землі. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 8. Класифікація трас. Розрахунок множника ослаблення на відкритих трасах. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 9. Дифракційне поширення радіохвиль | 5 | 2 | - | - | 3 |

| | | | | | |
|---|------------|-----------|----------|-----------|------------|
| уздовж гладкої сферичної земної поверхні при однорідній тропосфері. | | | | | |
| Тема 10. Розрахунок множника ослаблення на напіввідкритих і закритих трасах. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 11. Урахування впливу рефракції та особливості розрахунку множника ослаблення. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Модульний контроль | 1 | 1 | - | - | - |
| Разом за змістовним модулем 2 | 59 | 24 | 0 | 0 | 35 |
| Усього годин | 160 | 48 | 0 | 32 | 80 |
| Модуль 2 | | | | | |
| Індивідуальне завдання | 20 | - | - | - | 20 |
| Усього годин | 180 | 48 | 0 | 32 | 100 |

5. Теми семінарських занять

| № п/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | Не передбачено навчальним планом | - |
| 2 | | - |
| | Разом | - |

6. Теми практичних занять

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

7. Теми лабораторних занять

| № п/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Дослідження директорної антени | 4 |
| 2 | Дослідження хвильоводних та рупорних випромінювачів | 4 |
| 3 | Дослідження діелектричної стрижневої антени | 4 |
| 4 | Дослідження хвильоводно-щілинної антени | 4 |
| 5 | Дослідження дзеркальної антени | 6 |
| 6 | Симетричний вібратор | 4 |
| 7 | Дослідження спрямованого випромінювання | 6 |
| | Разом | 32 |

8. Самостійна робота

| № п/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Параметри антен у режимах передачі та прийому (Тема 1). | 5 |

| | | |
|----|---|------------|
| 2 | Принципи випромінювання у симетричному вібраторі. (Тема 2). | 5 |
| 3 | Принципи забезпечення спрямованого випромінювання. Методи формування направленої випромінювання. (Тема 3 та 4). | 10 |
| 4 | Оцінка спрямованих якостей системи випромінювачів (Тема 5). | 5 |
| 5 | Характеристики рупорних антен (Тема 6). | 5 |
| 6 | Принцип дії та характеристики лінзових антен (Тема 7). | 5 |
| 7 | Принцип дії та характеристики дзеркальних антен (Тема 8). | 5 |
| 8 | Принцип дії та характеристики щілинних антен (Тема 9). | 5 |
| 9 | Розрахунок витрат при розповсюдженні радіохвиль у вільному просторі. | 3 |
| 10 | Основні й загальні витрати при розповсюдженні. | 4 |
| 11 | Поняття про множник ослаблення. | 7 |
| 12 | Поширення радіохвиль у напівпровідних середовищах. | 3 |
| 13 | Інтерференційні формули: повна, спрощена, Введенського. | 3 |
| 14 | Відстань прямої видимості. Зони напівтіні й тіні. | 3 |
| 15 | Кут ковзання. | 3 |
| 16 | Траси відкритого, напіввідкритого та закритого типу. | 3 |
| 17 | Енергетика радіоліній. | 3 |
| 18 | Урахування рефракції при розрахунках енергетики радіоліній. | 3 |
| 19 | Виконання розрахункової роботи | 20 |
| | Разом | 100 |

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, індивідуальних консультацій (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

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

11. Методи контролю

Оцінка якості освоєння програми дисципліни «Розповсюдження радіохвиль та антени» включає поточний контроль успішності, проміжну атестацію (колоквиуми), підсумкову атестацію.

Протягом семестру проводяться письмові контрольні роботи і поточні контрольні перевірочні завдання до лабораторних робіт та практичних занять. Оцінювання виконують в балах відповідно з рейтинговою системою.

Фінальний контроль здійснюється у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувача

| Складові навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Змістовний модуль 1 | | | |
| Робота на лекціях | 0...1 | 12 | 0...12 |
| Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт | 0...4 | 5 | 0...20 |
| Модульний контроль | 0...23 | 1 | 0...23 |
| Змістовний модуль 2 | | | |
| Робота на лекціях | 0...1 | 12 | 0...12 |
| Модульний контроль | 0...23 | 1 | 0...23 |
| Виконання РР | 0...10 | 1 | 0...10 |
| Усього за семестр | | | 0...100 |

Білет для іспиту складається з 3 запитань (2 теоретичних та 1 практичного). Максимальна кількість балів, яку можна отримати за вірну відповідь на одне теоретичне запитання складає 35 балів, за практичне – 30 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи, та виконати практичні та розрахункові завдання на задовільну оцінку. Вміти працювати з різними типами антен, орієнтуватися в їх параметрах та самостійно проводити вимірювання, вміти проводити розрахунки основних параметрів радіоліній (множник ослаблення, втрати, потужність), оцінювати отримані результати та робити висновки щодо їх нормальності.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні та практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти працювати з різними типами антен, орієнтуватися в їх параметрах та самостійно проводити вимірювання, на основі яких аналізувати рівень та якість випромінювання, давати рекомендації щодо покращення направлених властивостей антен та формування спрямованого випромінювання. Вміти проводити розрахунки основних параметрів радіоліній (множник ослаблення, втрати, потужність), оцінювати отримані результати та робити висновки щодо їх нормальності, та застосовувати їх при побудові радіоліній на мапі за допомогою спеціального

програмного забезпечення. Вміти розв'язувати інтерференційні формули та застосовувати їх для визначення типу та характеристик радіотрас, вміти будувати радіолінії з заданими параметрами.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні, практичні, розрахункові роботи 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

1. Заїкін І.П., Зеленський О.О., Тоцький О.В., Абрамов С.К. Антенні пристрої засобів зв'язку. – Харків: Нац. Аерокосм. ун-т «ХАІ», 2009. – 523с.
2. Заикин И.П., Тоцкий А.В., Абрамов С.К., Лукин В.В. Основы теории антенн. - Харьков: ХАИ, 2005. – 101 с.
3. Заикин И.П., Тоцкий А.В., Абрамов С.К., Лукин В.В. Проектирование антенных устройств СВЧ. - Харьков: ХАИ, 2005. – 107 с.
4. Тоцкий А.В., Науменко В.В., Антенны и устройства СВЧ, Часть 2, Национальный аэрокосмический ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2017. – 72 с.
5. Антени та пристрої НВЧ [Електронний ресурс] : навч. посіб. до лаб. практикуму. У 2 ч. Ч.1 / О. В. Тоцький, В. В. Науменко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авиац. ін-т», 2019. – 82 с.
6. Розповсюдження радіохвиль [Електронний ресурс] : консп. лекцій В. О. Шевелєв, Н. В. Кожемякіна. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авиац. ін-т», 2023. – 116 с.
7. Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського (№ 504) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://k504.khai.edu>
8. Електронний ресурс Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» <https://library.khai.edu>

14. Рекомендована література

Базова

1. Ільницький Л.Я., Сібрук Л.В., Щербина О.А. Антенні пристрої: Навч. посібник. – К: НАУ, 2018. – 200 с.
2. Прудіус І.Н. Основи антенної техніки: Навч. посібник. – Львів, 2000. – 224 с.
3. Єлізаренко А.О. Моделі поширення радіохвиль у каналах рухомого радіозв'язку. – Х.: УкрДУЗТ, 2017. – 55 с.

Допоміжна

1. Заикин И.П., Тоцкий А.В. Антенны и устройств СВЧ. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Часть 1. - Харьков: ХАИ, 1999. – 92 с.
2. Заикин И.П., Тоцкий А.В. Антенны и устройств СВЧ. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Часть 2. - Харьков: ХАИ, 2000. – 106 с.
3. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧтракту: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – Харків: ХНУРЕ. – 2017. – 152 с.
4. Іванов В.О., Сібрук Л.В., Габрусенко Є.І. Електродинаміка та пристрої надвисоких частот. – Київ, НАУ, 2009. – 312 с.
5. Цалієв Т.А., Антени та пристрої НВЧ. Частина 1. Термінологія та методи теорії антен. Конспект лекцій. – Одеса: ОНАЗ, 2005. – 56 с.
6. Гайдук О.В., Слободянюк П.В., Булгач В.Л., Сайко В.Г., Пахтусов В.В., Потапов В.В. Радіотелекомунікаційні технології: радіопередавальні та радіоприймальні пристрої.– Ніжин: «Аспект-Поліграф», 2007. – 319с.

15. Інформаційні ресурси

1. Міжнародний союз електрозв'язку [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.itu.int
2. Законодавство України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index>
3. Український державний центр радіочастот [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.ucrf.gov.ua/ua>