ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету інформаційних технологій
_____ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
«_05_» ____09____ 2024 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Антенні пристрої засобів зв'язку**

Освітньо-професійна програма **Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі**

Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач	**Мішан Віктор Володимирович**
Профайл викладача	https://ordic.org/0000-0002-2771-7285
E-mail викладача	v_mishan@ukr.net
Контактний телефон	+38(096)2340151
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=6183
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	**Очні:** (онлайн)**:** за попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Обсяг дисципліни		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
						Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, у т.ч. ІРС			Залік	Іспит
				Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
В	Д	3	5	8.00	240	85	34	34	17	-	155	-	-	+	-

Силабус розроблено на основі робочої програми навчальної дисципліни «Антенні пристрої засобів зв'язку»

Силабус складено Віктор МІШАН

Завідувач кафедри ТМІТ Сергій ПІДЧЕНКО

Хмельницький – 2024

Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Антенні пристрої засобів зв'язку» є однією із фахових дисциплін і займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 172 - «Телекомунікації та радіотехніка» за освітньо-професійною програмою «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі». При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема оглядові лекції, елементи комп'ютерного моделювання тощо.

Пререквізити: вища математика; фізика; теорія ймовірності, математична статистика та випадкові процеси; передавання, приймання та синхронізація в системах телекомунікацій, мережі абонентського доступу; комп'ютерне моделювання кіл та процесів в телекомунікаціях.

Кореквізити: інтелектуальні мультисервісні мережі та засоби телекомунікацій, цифрові системи комутації та розподілу інформації в телекомунікаційних, технології мобільного зв'язку, проектування та розробка мереж і систем "Smart City/Smart Home"; інтелектуальні мультисервісні мережі та засоби телекомунікацій; кваліфікаційний проєкт.

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни. Формування особистості фахівця, здатного діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення.

Завдання дисципліни. Формування практичних навичок з проектування антенних пристроїв, розрахунку елементів та вузлів антенних пристроїв різних частотних діапазонів та експериментального дослідження різних антенних пристроїв, у тому числі з використанням відповідних пакетів прикладних програм.

Очікувані результати навчання

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: ***грамотно застосовувати*** отримані знання на практиці; ***описувати*** принципи побудови антенних пристроїв, конструкції слабкоспрямованих антен, антен середньої спрямованості, високоспрямованих (апертурних) антен; основні параметри антенно-фідерних пристроїв; необхідні заходи для модернізації антенно-фідерних пристроїв; тип й конструкцію антени для конкретної телекомунікаційної, радіоелектронної системи або засобу; ***здійснювати*** аналіз електродинамічних та радіотехнічних параметрів антен, параметрів існуючих та розробку нових антенних пристроїв у відповідності до технічного завдання; використовувати сучасні пакети прикладних програм для аналізу і синтезу антенних пристроїв засобів зв'язку; виконувати вимірювання та аналіз основних параметрів та характеристик антенних пристроїв; ***здійснювати*** **монтаж**, налагодження, дослідну перевірку правильної роботи та експлуатації антенних пристроїв устаткування телекомунікаційних мереж.

Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

Таблиця 3 – Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

№ тижня	Тема лекції	Тема лабораторного / практичного заняття	Самостійна робота студента		
			зміст	год.	література
1	2	3	4	5	6
1	Вступ до предмету. Особливості процесів в діапазонах НВЧ. Історія розвитку та перспективи розвитку антенних пристроїв засобів зв'язку. Діапазони НВЧ та їх властивості.	Лабораторна робота (далі ЛР) 1. Дослідження резонаторів антенних пристроїв та способів збудження ЕМХ в трактових колах засобів зв'язку	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 1	5	[1, 11-16]; [2, 9-23].
2	Характеристики й параметри антенних пристроїв засобів зв'язку. Основні поняття і визначення антен. Основні характеристики і параметри антенних пристроїв. Коефіцієнт	Дослідження резонаторів антенних пристроїв та способів збудження ЕМХ в трактових колах засобів зв'язку	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 1,	5	[1,16-23] ; [2, 1-23] ; [3, 5-12].

	підсилення антенних пристроїв, коефіцієнтів спрямованої дії, корисної дії. Зони роботи антенних пристроїв. Потужність.				
3	Порядок визначення параметрів діаграми спрямованості антени. Поляризаційні характеристики спрямованості. Порядок визначення повного вхідного опору антени. Класифікація антен за різними ознаками.	ЛР2. Дослідження напівхвилевого симетричного вібратора у якості передаючої антени.	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 2	5	[1], с. 27...34; [2], с. 25...33; [3], 20…23.
4	Електродинамічні основи теорії антен. Аналіз електродинамічних та радіотехнічних параметрів антени. Елементарні джерела електромагнітного поля. Антени в режимі радіоприйому. Використання резонаторів в антенних пристроях, їх характеристики, розрахункові співвідношення: призматичний резонатор, циліндричний резонатор.	ЛР2. Дослідження напівхвилевого симетричного вібратора у якості передаючої антени.	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 2,	5	[1], с. 38...41; [2], с. 36...48; [3], 23…27.
5	Загальна теорія вібраторних антен. Вібраторні та антени. Визначення вібратора. Конструкція електричного вібратора. Розподіл струму та заряду в залежності від довжини вібратора. Діаграма спрямованості симетричного вібратора	ЛР3. Дослідження пірамідального рупора як випромінювача антен.	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 3	5	[1, с. 42-47]; [2, с. 48-59]; [3, 27-29]
6	Конструкції вібраторних антен. Прості вібраторні антени. Зв'язані вібратори. Директорна антена.	ЛР3. Дослідження пірамідального рупора як випромінювача антен.	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 3	5	[1], с. 47-50; [2], с. 67...80
7	Різні конструкції антенних пристроїв. Різновиди рамкових антен. Конструкції слабкоспрямованих антен: турнікетної, панельної, диско конусної.	ЛР4. Дослідження пірамідального рупора як приймальної антен. Літ.: [1], с. 157-161	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 4. Підготовка до контрольної роботи.	5	[1], с. 50...51, 55…56; [2], с. 89...91; [3], 30…31.

8	Види та їх характеристики логоперіодичних антен. Різновиди мікрострічкових антен, їх характеристики.	ЛР4. Дослідження пірамідального рупора як приймальної антен. Літ.: [1], с. 157-161	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 4. Підготовка до контрольної роботи.	5	[1], с. 51...54; [2], с. 58...64; [3], 31…33.
9	Антени біжної хвилі. Будова і принцип дії антен біжної хвилі. Циліндрична спіральна антена. Конічна спіральна антена. Діелектричні стрижневі антени. Імпедансні антени . Антени поверхневих хвиль	ЛР5. Дослідження характеристик випромінювання ромбічної антени.Літ.: [1], с. 111-131	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 5.	5	[4, с. 517-547; 7; 8; 9].
10	Апертурні антени. Типи апертурних антен. Загальні властивості апертурних антен. Випромінювання прямокутних апертур з різними амплітудно-фазовими розподілами. Рупорно-параболічні антени.	ЛР5. Дослідження характеристик випромінювання ромбічної антени.Літ.: [1], с. 111-131	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 5.	5	[1], с. 68...79; [2], с. 89...102; [3], 67…72.
11	Різновиди конструкції антен з виростанням хвилевід них систем. Антени поверхневих хвиль. Щілінні антени.	ЛР6. Дослідження характеристик випромінювання антени типу «хвильовий канал» та її елементів.Літ.: [1], с. 188-231	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 6	5	[1], с. 113…117; [2], с. 143…150.
12	Конструкції дзеркальних антен та лінзових антен.. Конструкції дзеркальних антен, принцип побудови. Параметри, характеристики, види опромінювачів. Принцип побудови лінзових антен, характеристики і параметри.	ЛР6. Дослідження характеристик випромінювання антени типу «хвильовий канал» та її елементів.Літ.: [1], с. 188-231	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 6	5	[1], с.88…96; [2], с. 115…125; [3], 72…84.
13	Дводзеркальні антенні системи. Властивості антени Кассегрена. Властивості антени Грегорі. Діаграма спрямованості дводзеркальної антени. Особливості та переваги структури дводзеркальної антени. Порядок розрахунку антен Касегрена і Грегорі.	ЛР7. Дослідження дзеркальної параболічної антени	Опрацювання лекційного матеріалу підготовка до виконання лабораторної роботи № 7	5	[1], с.96…104; [3], 84…88.
14	Перископічні антени. Загальна будова і принцип дії	ЛР7. Дослідження дзеркальної параболічної антени	Опрацювання лекційного матеріалу,	5	[1, с.96-104]; [2, с. 125-136];

	перископічних антен. Коефіцієнт підсилення й коефіцієнт корисної дії ПА. Діаграми спрямованості перископічної антени. Коефіцієнт захисної дії ПАС. Перехідне затухання ПАС. Порядок розрахунку ПАС на ретрансляційному пункті.		підготовка до захисту лабораторної роботи № 7		[3, 84-88]. Літ.: [1, с. 71-90]
15	Високоспрямованні антенні пристрої засобів зв'язку. Антенні решітки. Види антенних решіток, принцип їх створення, характеристики і параметри: діаграма спрямованості, коефіцієнт спрямованої дії. Типи щілинних антен. Особливості їхньої конструкції. Хвилевідно-щілинні антени. Конструкції сучасних щілинних антен засобів зв'язку	ЛР.8. Дослідження нерухомих з'єднань АФТ та різних видів прямокутних хвилеводів	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи № 8	4	Літ.: [2, с.184-224].
16	Трактові пристрої НВЧ. Конструкція, принцип роботи нерухомих з'єднань. Пристрої оброблення сигналів у трактах НВЧ: атенюатори, вентиль, навантаження, антенний перемикач, фазосувачі, циркулятори. Конструкції, принцип дії, деякі характеристики.	ЛР8. Дослідження нерухомих з'єднань АФТ та різних видів прямокутних хвилеводів.	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР8	4	[1, с.136-171].
17	Класифікація випадків поширення земних радіохвиль. Поширення радіохвиль над плоскою поверхнею Землі при піднятих передавальній і приймальній антенах. Повна інтерференційна формула. Вплив провідної поверхні на ДС симетричних горизонтального та вертикального СВ. Вплив висоти підвісу вібраторів на опір випромінювання, вхідний опір та КСД з рахунком провідної поверхні.	Підготовка до підсумкового контролю	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до підсумкового контролю	4	[1, с.266-268]; [2, с. 398-401]; [3, 220-225].

Примітка:* Лабораторні заняття проводяться раз у два тижні по чисельнику відповідно до розкладу занять.

Політика дисципліни.

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції, лабораторні заняття згідно із розкладом, не запізнюватися на заняття.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Лабораторні роботи виконуються індивідуально, згідно з варіантами, що представлені у методичних вказівках до лабораторних робіт. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно із його варіантом.

Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf).

Здобувачі вищої освіти при вивченні дисципліни можуть користуватись як наявним в аудиторіях кафедри комп'ютерним обладнанням лабораторними стендами, так і власними пристроями (ноутбуками, планшетами, смартфонами). Власними пристроями можна користуватися як для роботи в системі Moodle, так і для доступу до зовнішніх інформаційних ресурсів, які необхідні для виконання лабораторних інших видів робіт.

Критерії оцінювання результатів навчання.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Поточний контроль здійснюється під час лекційних, лабораторних та практичних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком навчального процесу.

При цьому використовуються методи поточного контролю: усне опитування перед допуском до лабораторного заняття; захист лабораторних робіт; усне опитування на практичних заняттях.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу і графічної частини; вільне володіння студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється письмовим контролем. Виконання самостійної роботи завершується тестовим контролем в модульному середовищі у терміни, встановлені графіком.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контрольного заходу. Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу і не здав підсумковий контрольний захід (іспит), вважається невстигаючим. Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням.

Захист курсової роботи здійснюється публічно перед комісією, призначеною зав. кафедри, у строки, встановлені графіком.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="8">Аудиторна робота</td><td>Самостійна, індивідуальна робота</td><td>Семестровий контроль, іспит</td></tr>
<tr><td colspan="8" rowspan="2">Лабораторні роботи
№ 1-№8</td><td rowspan="2">Практичні заняття</td><td rowspan="2">Контрольна робота</td><td>Підсумковий контрольний захід</td></tr>
<tr><td rowspan="2">0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr>
<tr><td>Ваговий коефіцієнт</td><td colspan="8">0,35</td><td>0,4</td><td>0,25</td></tr>
</table>

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Вітчизняна оцінка, критерії	
A	4,75–5,00	5	***Відмінно*** – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків
B	4,25–4,74	4	***Добре*** – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
C	3,75–4,24	4	***Добре*** – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
D	3,25–3,74	3	***Задовільно*** – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
E	3,00–3,24	3	***Задовільно*** – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00–2,99	2	***Незадовільно*** – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00–1,99	2	***Незадовільно*** – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

Питання для підсумкового контролю з дисципліни

1. Призначення та загальна характеристика антенних систем .
2. Класифікація антенних систем.
3. Загальна структурна схема антенної системи.
4. Основні параметри антенних систем.
5. Діаграма спрямованості.
6. Амплітудна діаграма спрямованості.
7. Фазова діаграма спрямованості.
8. Коефіцієнт підсилення. Коефіцієнт корисної дії.
9. Коефіцієнт спрямованої дії.
10. Вхідний опір антенної системи .
11. Потужність випромінювання. Опір випромінювання.
12. Метод визначення електромагнітного поля антенних систем.
13. Діюча висота.
14. Діапазонні властивості. Коефіцієнт перекритя.
15. Властивості антени Кассегрена
16. Властивості антени Грегорі
17. Діаграма спрямованості дводзеркальної антени
18. Особлтивості та переваги структури дводзеркальної антени
19. Порядок розрахунку антен Касегрена і Грегорі
20. Загальна будова і принцип дії перископічних антен
21. Коефіцієнт підсилення й коефіцієнт корисної дії ПА
22. Діаграми спрямованості перископічної антени
23. Коефіцієнт захисної дії ПАС
24. Перехідне затухання ПАС
25. Порядок розрахунку ПАС на ретрансляційному пункті
26. Антенні системи з механічним скануванням променя
26. Функціональні особливості фазованих антенних решіток
28. Класифікація фазованих антенних решіток
29. Фазообертачі, що застосовуються в ФАР
30. Частотний спосіб електричного сканування
31. Взаємний вплив елементів фазованих антенних решіток
32. Характеристики фазованих антенних решіток
33. Оцінка небезпеки електромагнітного опромінювання
34. Способи і засоби захисту від електромагнітних полів
35. Сучасні генератори НВЧ.
36. Сучасні прилади вимірювання КСХ.
37. Використання вібраторних антен в телекомунікаційних системах.

38. Використання апертурних антен в радіорелейних системах зв’язку.
39. Особливості використання розгалужувачів НВЧ трактів.
40. Використання рівнянь Максвела для розрахунку електромагнітного поля елементарного вібратора.
41. Використання рівнянь Максвела для розрахунку електромагнітного поля елементарного випромінювача щілинного типу.
42. Конструкції стрічкових антен мобільних телефонів.
43. Конструкції стрічкових антен зі змінною діаграмою спрямованості.
44. Конструкції вібраторних антенних решіток.
45. Конструкції стрічкових антенних решіток.
46. Історія розвитку антенних систем.
47. Історія розвитку антенних систем УКХ діапазону.
48. Конструкції антен цифрового телебачення.
49. Принцип дії та конструкції слабкоспрямованих антенн.
50. Принцип дії та конструкції антен середньої спрямованості.
51. Принцип дії та конструкції високоспрямованих (апертурних) антенн.
52. Основні електродинамічні параметри антенних пристроїв.
53. Основні радіотехнічні параметри антенних пристроїв.
54. Основні конструкції антени телекомунікаційної системи зв’язку.
55. Антенні засоби радіоелектронної системи.
56. Основні напрямки модернізації антенно-фідерних пристроїв.
57. Сучасні засоби вимірювання основних параметрів антенно-фідерних пристроїв.

Рекомендована література

1. Ільїнов М.Д. Лінії радіозв’язку та антенні пристрої. Навчальний посібник / [М.Д. Ільїнов, Т.Г. Гурський, І.В. Борисов, К.М. Гриценок]. – К.: ВІТІ, 2018. – 250 с.

2. Белоусов В.В. Антенно-фідерні пристрої засобів зв’язку : навчальний посібник до практичних занять з навчальної дисципліни «Пристрої надвисоких частот та антени» В.В. Белоусов, Л.Г. Корнієнко, М.В. Бархударян – Х.: ХНУПС, 2019- 120с.

3. Ільїнов М.Д. Лінії радіозв’язку та антенні пристрої: навчальний посібник / М. Д. Ільїнов, Т. Г. Гурський, І. В. Борисов, К. М. Гриценок. — Київ: Вид. дім «СКІФ», 2023. — 250 с

3. Пушкарьов Ю. І. Засоби та організація зв’язку в артилерійських підрозділах : навч. посіб. / Ю. І. Пушкарьов, Л. С. Демидко, М. М. Ляпа. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 259 с..

4. 1. Ільницький Л.Я., Сібрук Л.В., Щербина О.А. Антенні пристрої: Навч. посібник. – К: НАУ, 2018. – 200 с.

3. Єлізаренко А.О. Моделі поширення радіохвиль у каналах рухомого радіозв’язку. – Х .: УкрДУЗТ , 2017. – 55 с.

7. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧтракту: Навч. посібник для студентів ВНЗ. − Харків: ХНУРЕ. − 2017. – 152 с.

8. Браїловський В.В., Гресь О.В., Косован Г.В. Радіомоніторинг та радіопротидія на об’єктах інформаційної діяльності. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2016. 125 с.

9. Сайко В.Г., Амірханов Е.Д. Основи мереж цифрового радіозв’язку і радіодоступу нового покоління. К.: ДУТ, 2015. 77 с.

10. Флорін О.П. Приймально-передавальні пристрої : навч. Посіб. О.П. Флорін, О.І. Флік, І.М. Майборода. – Х. Національна акад.. НГУ, 2020. -326 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: https://msn.khnu.km.ua.
2. Електронна бібліотека університету.
   Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/p1age_lib.php.

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale=uk

4. 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. авіац. ін-т», 2019. – 82 с.

5. Розповсюдження радіохвиль [Електронний ресурс] : консп. лекцій В. О. Шевелєв, Н. В. Кожемякіна. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 116 с.

6. Міжнародний союз електрозв'язку [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.itu.int

7.Законодавство України [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index

8.Український державний центр радіочастот [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.ucrf.gov.ua/ua