

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**Національний університет «Запорізька політехніка»**

(повне найменування закладу вищої освіти)

**Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»**

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор

Гугнін Е.А.

2020 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ППН 07 Технічна електродинаміка**

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки  
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій  
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни «**Технічна електродинаміка**» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка».  
(назва освітньої програми (спеціалізації))  
«    »                     , 20   року –      с.

Розробники: **Логачова Людмила Михайлівна**, старший викладач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій  
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морцавка С.В.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ 2020 рік

## 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 4	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 4		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 225		3,4-й	3,4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	<b>Лекції</b>	
		60 год.	12 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		30 год.	8 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		135 год.	205 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b> год.	
		Вид контролю: залік, іспит	

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

- для денної форми навчання – 90/135;
- для заочної форми навчання – 20/205.

## 2 Мета навчальної дисципліни

**Мета.** Дисципліна складається з двох частин: електродинаміки і розповсюдження радіохвиль. Мета викладання першої частини дисципліни – електродинаміки – вивчення теорії електромагнітного поля, властивостей та параметрів електромагнітних хвиль, методів електродинаміки для вирішення технічних задач. Мета викладання другої частини дисципліни-ПРХ-вивчення основних типів радіотрас і їх впливу на характеристики поширення електромагнітних хвиль.

**Завдання.** Загальною задачею вивчення дисципліни є формування у студента комплексу знань та навичок з властивостей електромагнітних хвиль та їх технічних застосувань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати **загальні компетентності:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово(ЗК-5);
- здатність працювати у команді (ЗК-6);
- здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7).

**Фахові компетентності:**

- здатність розуміти сутність і значення інформації у розвитку сучасного суспільства (ПК-1);
- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури зі застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій із урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);
- здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) (ПК-5);
- здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів (ПК-9).

**Результати навчання:**

- вміння аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач, та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- вміння грамотно застосовувати термінологію в галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);
- вміння застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (РН-11);

– застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13).

– вміння знаходити, оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел необхідну для розв’язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18).

#### **Зв’язок з іншими дисциплінами:**

Для вивчення даної дисципліни студентам необхідно вивчити наступні дисципліни (за розділами та темами):

– Фізика – поля, хвилі в ізотропних та анізотропних середовищах, електромагнітні властивості речовин;

– Вища математика – системи координат та їх перетворення; комплексні числа; функції та дії з ними; диференційне та інтегральне числення; математичну теорію поля; рівняння математичної фізики;

– Теорія електричних кіл та сигналів – теорія кіл з розподіленими параметрами.

### **3 Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Основи теорії електромагнітного поля**

##### **Тема 1. Електромагнітне поле та параметри середовища.**

Заряд, об’ємна, поверхнева і лінійна щільність заряду; струм, щільність струму. Вектори електромагнітного поля: вектор напруженості електричного поля, вектор електричної індукції, вектор напруженості магнітного поля, вектор магнітної індукції. Величини, що характеризують електричні і магнітні властивості середовища: діелектрична проникність, магнітна проникність, питома провідність. Матеріальні рівняння. Класифікація середовищ. Способи графічного зображень полів.

##### **Тема 2. Загальні рівняння електродинаміки.**

Закон збереження заряду, рівняння неперервності. Закон повного струму в домаквеловському трактуванні, його протиріччя закону збереження заряду. Введення Максвелом поняття струму зсуву. Перше рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Закон електромагнітної індукції. Друге рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Третє і четверте рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Повна система рівнянь Максвела. Сторонні струми і заряди. Рівняння Максвела в комплексній формі, комплексні діелектрична і магнітна проникності.

### **Тема 3. Енергетичні характеристики ЕМП.**

Баланс енергії електромагнітного поля, теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Теорема про єдиність рішення основних рівнянь електродинаміки (без доказу). Зв'язок векторів електромагнітного поля на границі розділу двох середовищ (граничні умови).

### **Тема 4. Хвильові рівняння.**

Хвильові рівняння для векторів поля (неоднорідні й однорідні рівняння Даламбера). Векторний і скалярний потенціали. Рішення хвильових рівнянь у виді потенціалів, що запізнюються. Вектор Герца. Рівняння Гельмгольца для векторів електромагнітного поля.

### **Тема 5. Сферичні хвилі у однорідних середовищах.**

Елементарний електричний випромінювач. Напруженість поля елементарного електричного випромінювача. Поділення простору навколо випромінювача на зони, основні особливості поля випромінювача в ближній, проміжній і далекій зонах. Діаграма спрямованості випромінювання. Потужність, що випромінюється, опір випромінювання. Елементарний магнітний випромінювач. Розрахунок напруженості поля, створюваного елементарним магнітним випромінювачем. Основні особливості поля, створюваного випромінювачем. Теорема еквівалентності і принцип Гюйгенса-Кірхгофа. Поняття про елемент Гюйгенса. Лема Лоренца і теорема взаємності.

## **Змістовий модуль 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль.**

### **Тема 6. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному ізотропному середовищі.**

Основні поняття: хвильова поверхня (фронт), класифікація електромагнітних хвиль за формою фронту (сферичні, циліндричні та плоскі хвилі). Поляризація електромагнітних хвиль. Плоскі хвилі в однорідному ізотропному середовищі без втрат: рішення хвильового рівняння для векторів поля, структура поля, фазова швидкість, характеристичний опір середовища. Плоскі хвилі в однорідному ізотропному середовищі з втратами: комплексний коефіцієнт поширення, коефіцієнт фази, коефіцієнт загасання, характеристичний опір середовища, структура поля, дисперсія, групова швидкість. Глибина проникнення поля в середовище, поверхневий ефект.

### **Тема 7. Хвильові явища на межі розділу двох середовищ.**

Відбиття та заломлення нормально та паралельно поляризованих хвиль при падінні на границю розділу двох середовищ. Закони Снелліуса і формули Френеля. Кут повного заломлення (кут Брюстера). Особливості заломлення хвиль у провідних середовищах. Повне відбиття від границі розділу двох середовищ, поверхневі хвилі. Плоскопаралельний хвилевід. Його параметри.

### **Тема 8. Електромагнітні хвилі в напрямних системах.**

Напрявні системи. Класифікація напрямлених електромагнітних хвиль (хвилі типу Т, Е и Н, змішані хвилі ЕН і НЕ). Елементи загальної теорії напрямних систем (хвильове рівняння і його рішення, критична довжина хвилі, фазова і групова швидкості). Прямокутний хвилевід; рішення хвильового рівняння для прямокутного хвилеводу; структура електромагнітного поля; критична довжина хвилі, діаграма типів хвиль, умова існування хвилі основного типу; довжина хвилі в хвилеводі; фазова і групова швидкості; струми і заряди в стінках хвилеводу; потужність, яка передається по хвилеводу; розрахунок загасання; вибір розмірів хвилеводу. Круглий хвилевід; рішення хвильового рівняння для круглого хвилеводу; структура електромагнітного поля і струмів у стінках хвилеводу; критична довжина хвилі, діаграма типів хвиль; хвиля основного типу. Поняття про хвилі в коаксіальних і смушкових хвилеводах. Діелектричні хвилеводи і світловоди. Хвилеводи складної форми. Поняття про збудження поля в хвилеводах.

### **Тема 9. Об'ємні резонатори.**

Об'ємні резонатори: прямокутний, циліндричний, коаксіальний. Розрахунок поля в резонаторі. Резонансні частоти. Добротність резонатора. Поняття про способи збудження поля в резонаторах.

### **Змістовий модуль 3. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль.**

#### **Тема 10. Загальні питання поширення радіохвиль.**

Класифікація радіохвиль по діапазонах частот і способу поширення. Поле випромінювача у вільному просторі. Істотна область простору при поширенні та відбитті радіохвиль. Поширення плоских хвиль у напівпровідному середовищі. Коефіцієнт відбиття.

#### **Тема 11. Вплив поверхні Землі на поширення радіохвиль.**

Електричні параметри земної поверхні. Поглинання радіохвиль землею поверхнею, частотні залежності коефіцієнтів поглинання та фази. Класифікація випадків поширення земних хвиль: Антени, підняті над Землею і розташовані поблизу Землі. Інтерференційні формули при не спрямованих і спрямованих антенах. Формула Введенського. Метод урахування сферичності Землі. Вплив нерівностей земної поверхні на поле земних хвиль. Розсіювання від дрібних нерівностей земної поверхні. Критерій Релея. Ефективний коефіцієнт відбиття. Поняття про методи розрахунку розсіяної потужності. Питома ефективна площа зворотного розсіювання. Дифракція радіохвиль на сферичній поверхні Землі. Розрахунок напруженості поля.

#### **Тема 12. Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів.**

Поширення УКХ на наземних радіолініях. Розповсюдження УКХ у межах прямої видимості. Розрахунок напруженості поля. Причини завмирань і їхній

вплив на роботу радіоліній. Нерегулярне розповсюдження УКХ за межі прямої видимості. Тропосферні хвилеводи. Відбиття від спорадичного іоносферного шару. Регулярне поширення УКХ за межі прямої видимості. Тропосферне розсіювання. Середні рівні поля, повільні і швидкі завмирання, перекручування сигналу, неспотворена смуга частот, утрати посилення антен. Вплив тропосфери на поширення вузьких пучків когерентного випромінювання. Розсіювання метрових хвиль на неоднорідностях іоносфери. Радіолінії, що використовують відбиття від іонізованих метеорних слідів. Поширення УКХ на космічних радіолініях. Основні типи космічних радіоліній. Характеристика міжпланетного середовища. Потік енергії в міжпланетному середовищі. Втрати при проходженні УКХ через атмосферу Землі. Поворот площини поляризації. Мерехтіння. Вибір оптимальних робочих частот для радіозв'язку на лінії Земля - космос. Помилки, внесені регулярною і неоднорідною атмосферою при вимірі координат космічного корабля радіотехнічними методами. Ефект Доплера. Проходження радіохвиль через плазміні утворення. Результати радіолокаційних досліджень Місяця, Венери, Марса. Поширення коротких хвиль. Діапазон робочих частот і хвильовий розклад для КХ-ліній. Причини багатопроменевого прийому. Завмирання і боротьба з ними. Селективні завмирання і неспотворена смуга передачі. Вплив іоносферних збурень на роботу КХ-ліній. Зони мовчання. Розрахунок напруженості поля. Поширення середніх, довгих і наддовгих хвиль. Денні і нічні умови поширення середніх хвиль. Зона ближніх і далеких завмирань. Перехресна модуляція в іоносфері. Поширення довгих і наддовгих хвиль у хвилеводі Земля – іоносфера. Стійкість амплітуди і фази поля на довгих хвилях.

#### **Змістовий модуль 4. Поширення радіохвиль в атмосфері.**

##### **Тема 13. Тропосфера і її вплив на поширення радіохвиль.**

Склад і будова тропосфери і стратосфери. Діелектрична проникність і індекс заломлення, середні й аномальні закономірності їх зміни в радіочастотному й оптичному діапазонах. Мікроструктура тропосфери і її флуктуацій. Ослаблення сантиметрових, міліметрових, інфрачервоних, ультрафіолетових і оптичних хвиль у тропосфері. Селективне поглинання, вплив гідрометеорів. Методи експериментального дослідження тропосфери. Рівняння траєкторії хвилі в наближенні геометричної оптики. Рефракція радіохвиль. Радіус кривизни траєкторії хвилі. Можливі види рефракції. Поняття еквівалентного радіуса Землі і його застосування для розрахунку напруженості поля при нормальній рефракції.

##### **Тема 14. Іоносфера і її вплив на поширення радіохвиль.**

Будова іоносфери. Процеси іонізації і рекомбінації. Розподіл вільних електронів у реальній іоносфері. Середні закономірності зміни структури іоносфери і її аномальні зміни. Вплив 11-літнього циклу. Спорадичні шари. Неоднорідна тонка структура іоносфери. Діелектрична проникність іонізованого газу без урахування і з урахуванням впливу магнітного поля Землі. Ефект Фарадея, звичайна і незвичайна хвилі. Фазова і групова швидкості поширення



радіохвиль в іонізованому газі. Перекручування сигналів при дисперсії в іоносфері. Поглинання радіохвиль і нелінійні властивості іонізованого газу. Заломлення і віддзеркалення радіохвиль у неоднорідній іоносфері, подвійна променезаломлюваність. Застосовність наближення геометричної оптики. Критичні і максимально застосовні частоти. Часткове проходження радіохвиль через регулярні і спорадичні шари. Методи експериментального дослідження іоносфери: вертикальне зондування, метод некогерентного розсіювання, метод дисперсійного інтерферометра.

### **Тема 15. Завади. Електромагнітна сумісність при поширенні радіохвиль.**

Потужність завад на вході приймального пристрою і шумова температура. Зв'язок між шумовою температурою і яскравісною температурою джерел завад. Завади радіостанцій. Промислові завади. Завади природного походження: атмосферні розряди, теплові шуми атмосфери, шуми космічного походження. Постановка задачі про електромагнітну сумісність у тракті поширення.

## **4 Структура навчальної дисципліни**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усьо го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Основи теорії електромагнітного поля</b>												
Тема 1. Електромагнітне поле та параметри середовища	10	3				7	12	1				11
Тема 2. Загальні рівняння електродинаміки	10	3				7	13	2				11
Тема 3. Енергетичні характеристики ЕМП	10	3				7	10					10
Тема 4. Хвильові рівняння	10	3				7	10					10
Тема 5. Сферичні хвилі у однорідних середовищах	9	3				6	10					10

Разом за змістовим модулем 1	49	15				34	55	3				52
<b>Модуль 2</b>												
<b>Змістовий модуль 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль</b>												
Тема 6. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному ізотропному середовищі	11	4				7	15	2				13
Тема 7. Хвильові явища на межі розділу двох середовищ	11	4				7	15	2				13
Тема 8. Електромагнітні хвилі в напрямних системах	19	4		8		8	13					13
Тема 9. Об'ємні резонатори	16	3		7		12	13					13
Разом за змістовим модулем 2	64	15		15		34	56	4				52
<b>Модуль 3</b>												
<b>Змістовий модуль 3. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль</b>												
Тема 10. Загальні питання поширення радіохвиль	24	5		8		11	23	2		4		17
Тема 11. Вплив поверхні Землі на поширення радіохвиль	24	6		7		11	24	3		4		17
Тема 12. Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів	16	4				12	18					18

Разом за змістовим модулем 3	64	15		15		34	65	5		8		52
<b>Модуль 4</b>												
<b>Змістовий модуль 4. Поширення радіохвиль в атмосфері</b>												
Тема 13. Тропосфера і її вплив на поширення радіохвиль	16	5				11	17					17
Тема 14. Іоносфера і її вплив на поширення радіохвиль	16	5				11	17					17
Тема 15. Завади. ЕМС при поширенні радіохвиль	16	5				11	15					15
Разом за змістовим модулем 4	48	15				33	49					49
<b>Усього годин</b>	<b>225</b>	<b>60</b>		<b>30</b>		<b>135</b>	<b>225</b>	<b>12</b>		<b>8</b>		<b>205</b>

### 5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Зони Френеля	4
2	Дослідження інтерференційної структури поля випромінювача, який знаходиться над землею	4
3	Дослідження поля антени, які знаходяться на землі	4
4	Поле випромінювача за непрозорим екраном	4
5	Дослідження поляризації електромагнітного поля	4
6	Вивчення резонансних властивостей об'ємних резонаторів	4
7	Дослідження структури поля у прямокутному хвилеводі	3
8	Дослідження хвилеводів з щілинними отворами	3
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

## 6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт (виконати розрахункове завдання до лабораторної роботи, ознайомитися з описом лабораторного стенду і приладів)	34
2	Підготовка звітів по лабораторним роботам.	34
3	Робота з текстами: підручниками, довідниками, додатковою літературою, опрацювання конспекту лекцій.	34
4	Підготовка до заліку	33
	<b>Разом</b>	<b>135</b>

## 8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях по курсовому проектуванню.

## 9 Очікувані результати навчання з дисципліни

В результаті вивчення даної дисципліни очікуються наступні результати навчання:

- вміння аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач, та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- вміння грамотно застосовувати термінологію в галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);
- вміння застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (РН-11);
- застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13).
- вміння знаходити, оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18).

## 10 Засоби оцінювання

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захистів звітів по лабораторним роботам та індивідуальним домашнім завданням, тестуванні при здачі іспиту).

## 11 Критерії оцінювання

*Приклад для заліку*

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100
10	10	10	10	10	10	10	10	20	

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

*Приклад для екзамену*

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 3			Змістовий модуль 4				
T10	T11	T12	T13	T14	T15	40	100
10	10	10	10	10	10		

T10, T11 ... T15 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 12 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технічна електродинаміка» [Текст] / Л.М. Логачова, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 71 с.

2. Логачова, Л.М. Конспект лекцій з дисциплін «Електродинаміка та поширення радіохвиль та «Технічна електродинаміка». Частина 1: «Теорія

електромагнітного поля» [Текст] / Л.М. Логачова – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 96 с.

3. Логачова Л.М. Конспект лекцій з дисциплін «Електродинаміка та поширення радіохвиль та «Технічна електродинаміка». Частина. «Плоскі хвилі та випромінювання електромагнітних хвиль» [Текст] / Л.М. Логачова. – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 86 с.

4. Логачова Л.М. Конспект лекцій з дисциплін «Електродинаміка та поширення радіохвиль та «Технічна електродинаміка». Частина 3: «Напрямні хвилеводні системи» [Текст] / Л.М. Логачова – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 55 с.

5. Логачова Л.М. Конспект лекцій з дисциплін «Електродинаміка та поширення радіохвиль та «Технічна електродинаміка». Частина 4: «Об'ємні резонатори» [Текст] / В.П. Дмитренко, Л.М. Логачова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 37 с.

6. Логачова Л.М. Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Технічна електродинаміка» для заочної форми навчання [Текст] / Л.М. Логачова, В.П. Дмитренко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 92 с.

7. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи «Технічна електродинаміка» для студентів денної форми навчання. Частина 1. «Теорія електромагнітного поля» [Текст] / Л.М. Логачова, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 59 с.

8. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи «Технічна електродинаміка» для студентів денної форми навчання. Частина 2. «Поширення радіохвиль» [Текст] / Л.М. Логачова, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 45 с.

### **13. Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Шокало В.М. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 1. Основи теорії електромагнітного поля : підручник для студентів ВНЗ / В.М. Шокало, В.І. Правда та ін. – Харків: Колегіум. – 286 с.

2. Шокало В.М. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль: підручник для студентів ВНЗ / В.М. Шокало, В.І. Правда та ін. – Харків: ХНУРЕ; Колегіум. – 435 с.

3. Логачова Л. М. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв'язок навчальний посібник / Л. М. Логачова, Т. І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 236 с.

4. Семёнов А.И. Распространение радиоволн по естественным трассам: Учебник для вузов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2005. – 80 с.

#### **Допоміжна**

1. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебное пособие / М.П. Долуханов. – М.: Связь, 1970. – 425 с.

2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебник / Б.М. Петров. – М.: Горячая линия-телеком, 2004. – 558 с.

3. Вольман, В.И. Техническая электродинамика [Текст] / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. – М.: Связь, 1972. – 485 с.