

**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 20 Системи мобільного зв'язку**

(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

Робоча програма з дисципліни **«Системи мобільного зв'язку»** для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка».  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

«    »                     , 20   року –      с.

Розробники: **Сметанін Ігор Миколайович**, 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  (Морщавка 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 – 3	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____. <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	<b>Лекції</b>	
		15 год.	4 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		15 год.	4 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		60 год.	82 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b> год.	
		Вид контролю: залік	

### Примітка.

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

для денної форми навчання – 30/60;

для заочної форми навчання – 8/82.

## 2 Мета навчальної дисципліни

**Мета.** Метою вивчення дисципліни є формування та розвиток у студентів певних загальних і професійних компетентностей з впровадження та застосування теоретичних і практичних основ знань, навиків та вміння, які дозволять їм в подальшій професійній діяльності, або під час продовження освіти здійснювати аналіз, проектування і експлуатацію систем та мереж мобільного зв'язку на базі різноманітних технологій.

**Завдання.** Основними завданнями дисципліни є формування у студентів системного підходу до вивчення:

- загальних принципів побудови систем та мереж зв'язку з рухомими об'єктами на базі сучасних концепцій;
- архітектури та функціонування сучасних систем та мереж мобільного зв'язку, зокрема з транкінговими системами, системами персонального виклику, системами персонального супутникового зв'язку і системами стільникового зв'язку різних поколінь;
- нормативно-правової бази проектування та експлуатації систем і мереж мобільного зв'язку в Україні та вимог міжнародних стандартів галузі.

За період вивчення дисципліни студенти повинні вивчити основні принципи та сучасні методи аналізу і проектування таких систем, а також отримати навички з застосування для цього електронно-обчислювальної техніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

**загальні компетентності:** по вільному володінню державною мовою та спілкуванню іноземною мовою (ЗК-5), здатності працюючи в команді (ЗК-6) використовувати абстрактне мислення, аналіз та синтез (ЗК-1); вмінню виявляти, ставити та вирішувати складні задачі і проблеми (ЗК-8) в певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7), застосовувати знання та розуміння предметної області у практичних ситуаціях, приймати обґрунтовані професійні рішення (ЗК-2, ЗК-4), а також по здатності планувати та управляти часом (ЗК-3) під час пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

**фахові компетентності:** по здатності розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства (ПК-1); використанню базових методів, способів та засобів отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ПК-3); комп'ютерному моделюванню пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ПК-4); використовувати нормативну та правову документацію, що стосується мобільних інформаційно-телекомунікаційних мереж (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.), для вирішення професійних завдань (ПК-5); здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів (ПК-9); сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів мобільного зв'язку (ПК-8); проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів мобільного зв'язку, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів,

прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15); вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2); проводити роботи з керування потоками навантаження мобільних інформаційно-телекомунікаційних мереж (ПК-12).

**Очікувані програмні результати** навчання: відповідно до визначених компетентностей студент повинен **знати** порядок оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних, принципи та процедури, що використовуються в системах мобільного зв'язку (PH-5), аналізу та виконання оцінки ефективності методів проектування мобільних інформаційно-телекомунікаційних мереж і систем (PH-9); яким чином забезпечується надійна та якісна робота рухомих інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (PH-21); розуміти важливість використання засобів автоматизації проектування і технічної експлуатації мобільних систем телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності (PH-15); принципи побудови та функціонування апаратно-програмних комплексів систем керування та технічного обслуговування для розробки, аналізу і експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж мобільного зв'язку (PH-20); розуміти та дотримуватися вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації рухомих інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем (PH-17); а також **уміти** спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) (PH-10); грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки, що до систем рухомого зв'язку (PH-7); застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (PH-11); описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах мобільного зв'язку, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці (PH-8); аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (PH-1); застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв'язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах мобільного зв'язку (PH-2); адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж рухомого зв'язку (PH-6); застосовувати фундаментальні та прикладні науки для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (PH-13).

### **3 Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1 Принципи побудови систем і мереж мобільного зв'язку**

##### **Тема 1 Вступ. Загальні принципи побудови систем мобільного зв'язку**

Загальні елементи систем рухомого зв'язку, їх призначення і характеристика. Варіанти ведення обміну між рухомими станціями.

Класифікація мереж рухомого зв'язку. Системи персонального радіовиклику. Визначення систем персонального радіовиклику (СПРВ). Типи повідомлень, які передаються. Приватні СПРВ. Системи загального користування. Односторонні і двосторонні пейджингові системи зв'язку. Узагальнена структурна схема системи персонального радіовиклику і призначення її елементів. Характеристика, схемні рішення і особливості відомчих, міських, регіональних, національних та супутникових СПРВ. Стандарти кодування в пейджингових мережах.

Класифікація систем супутникового зв'язку. Системи персонального супутникового зв'язку (СПСЗ). Принципи побудови мереж супутникового зв'язку.

##### **Тема 2 Моделі поширення радіосигналів для проектування систем і мереж мобільного зв'язку**

Основні особливості поширення радіохвиль в системах мобільного зв'язку. Модель поширення радіосигналу у вільному просторі. Поширення радіосигналу в реальних умовах. Поширення радіохвиль над земною поверхнею. Проблеми, які виникають при передаванні радіосигналів. Втрати при поширенні радіохвиль над плоскою поверхнею Землі. Вплив рельєфу на поширення радіохвиль уздовж земної поверхні.

Перешкоди в каналах мобільного зв'язку. Походження перешкод. Загасання радіосигналів при поширенні. Вплив багатопроміневості на поширення сигналу. Втрати на шляху поширення радіосигналів затінювання, багатопроменеві завмирання.

Моделювання втрат поширення. Модель Лі. Модель Окамури. Модель Хата. Модель COST231 - Hata. Модель COST231 - Уолфіш-Ікегамі. Моделі Бардіна-Димовіча і Трифонова. Емпірична модель Олсбрука – Парсонса. Замовлені моделі. Приклади оцінювання втрат з використанням різних моделей поширення сигналу. Розрахунок енергетичного потенціалу і трас радіоканалу за допомогою моделі Окамури-Хата. Спрощена двопроменева модель поширення радіосигналу. Модель Ксіа-Бертоні. Оцінка втрат при поширенні сигналу усередині приміщень.

##### **Тема 3 Електромагнітна сумісність в системах мобільного зв'язку**

Завмирання (фединг) сигналів. Основні види завмирань в радіоканалах. Причини виникнення і основний математичний опис повільних і швидких завмирань. Частотно-селективні і тимчасові селективні завмирання.

Методи боротьби з частотно-селективними і селективними в часі завмираннями. Управління потужністю в каналах. Способи регулювання потужності випромінювання рухомої станції (у зворотному каналі): управління

потужністю з відкритою і закритою петлею. Регулювання потужності випромінювання стаціонарної станції (прямий канал). Рознесений прийом. Макрорознесення і мікрорознесення. Селективне комбінування. Методи комбінування при мікрорознесенні. Явне (просторове, частотне, часове) і не явне (поляризаційне, багатопротеневе) рознесення.

Методи дуплексної передачі даних. Класифікація за методами розділення каналів і множинного доступу. Основні методи розподілу дуплексних каналів: частотне і часове розподілення каналів.

Види множинного доступу. Множинний доступ з частотним, часовим розподілом каналів. Множинний доступ з кодовим розділенням каналів. Способи розширення спектру інформаційного сигналу. Кореляційний приймач і зменшення негативного впливу перешкод. Множинний доступ з ортогональним розділенням частотних каналів (OFDMA). Основи OFDM-модуляції. Структура і формування OFDMA - підканалів. Метод змагального доступу ALOHA.

Модель та компоненти загальної моделі цифрової системи зв'язку. Канальний кодер, модулятор, приймач, канальний декодер. Моделі каналів для канального кодування. Декодування з м'яким і жорстким рішенням.

Завадостійке (канальне) кодування. Завадостійке кодування для виявлення помилок, кодування з виправленням помилок (пряме виявлення і виправлення помилок). Надлишкове кодування і його принципи. Класифікація кодів. Блокові коди: коди Хеммінга і циклічні коди. Кодування та декодування за допомогою згорткового кодера. Алгоритм Вітербі, алгоритм Фано. Перемежування. Способи реалізації перемежування: блокове і згорткове перемежування. Каскадне кодування. Турбо-кодування.

#### **Тема 4 Основи проектування систем і мереж мобільного зв'язку**

Еволюція систем і стандартів стільникового зв'язку. Поверхневі структури стільникових мереж. Форми комірок в стільникових мережах. Класифікація стільникових структур за розмірами комірок. Повторне використання частотних смуг. Побудова стільникових мереж зв'язку різної структури. Частотно-територіальне планування (ЧТП). Ємність стільникової мережі і методи її збільшення. Аналогові системи стільникового зв'язку (1G). Цифрові стандарти систем стільникового мобільного зв'язку другого покоління (2G).

#### **Змістовий модуль 2 Особливості побудови й експлуатації систем мобільного зв'язку**

#### **Тема 5 Сучасні системи і мережі мобільного зв'язку. Система транкінгового зв'язку стандарту TETRA**

Ідея транкінгу. Транкінгові системи зв'язку (ТСЗ). Класифікація мереж транкінгового зв'язку. Особливості транкінгових систем зв'язку. Узагальнена структурна схема ТСЗ. Однозонові і багатозонові транкінгові системи. Призначення частотних каналів при ЧТП ТСЗ.

Послуги, що надаються стандартом TETRA. Узагальнена архітектура системи TETRA. Фізичний рівень системи TETRA.

### **Тема 6 Система стільникового зв'язку стандарту GSM**

Загальна характеристика і частотний план мереж. Архітектура та склад основних елементів мережі. Інтерфейси стандарту GSM. Просторова структура.

Канали зв'язку: частотні, фізичні та логічні. Структура кадрів GSM. Часова структура. Структура пакетів, які реалізують логічні канали.

Обробка мовного сигналу. Етапи перетворення мови. Кодування мови з повною і з половинною швидкістю. Покращене кодування з повною швидкістю.

Аутентифікація і ідентифікація. Ідентифікатори мережі: абонентів та місця розташування. Процедура ідентифікації MS. Процедури при функціонуванні системи. Режими роботи системи. Забезпечення неперервності зв'язку. Оновлення місця розташування. Роумінг. Особливості управління потужністю в стандарті GSM.

Передача даних в системі GSM. Адаптація швидкості передачі. Передача коротких повідомлень SMS. HSCSD - високошвидкісна передача даних з комутацією каналів. Архітектура системи пакетної радіопередачі даних GPRS. Фізичний рівень GPRS. Управління передачею в системі GPRS.

### **Тема 7 Система стільникового зв'язку стандарту CDMA One (IS-95)**

Частотні діапазони. Передача даних по низхідній лінії зв'язку. Передача даних по висхідній лінії зв'язку.

Архітектура мережі cdmaOne. Канали трафіку і управління. Принципи організації абонентського доступу.

Режим ініціалізації мобільної станції. Режим очікування. Режим доступу: оновлення інформації, відповідь, на виклик, етап реєстрації, відповідь на команду базової станції. Процедура доступу мобільної станції. Спрощена процедура встановлення з'єднання. Режим контролю каналу трафіку. Естафетна передача обслуговування.

Аутентифікація і шифрування.

Управління потужністю прямої і зворотної ліній зв'язку.

Вдосконалена версія системи IS-95B для високошвидкісної передачі даних.

### **Тема 8 Системи мобільного зв'язку третього покоління IMT-2000**

Концептуальні основи IMT-2000. Методологічні основи IMT-2000. Архітектура наземної мережі IMT-2000.

Стандартизація сімейства систем 3-го покоління IMT-2000. Архітектура сімейства стандартів. Базові мережі для IMT-2000. UMTS - європейський підхід до IMT-2000.

Частотний простір для IMT-2000. Оцінка спектру для систем IMT-2000/UMTS. Частотний ресурс для наземних та супутникових мереж.

Технології радіодоступу UMTS. Суть методу WCDMA. HSDPA - поліпшена версія WCDMA.



Технологія cdma2000. Принципи формування сигналів. Принципи побудови і архітектура. Послуги і протоколи. Канальна структура cdma2000. Способи рознесення на передачі.

Мережі радіодоступу UMTS. Структура UTRAN. Базова мережа UMTS. Архітектура базової мережі UMTS. Завдання і функції управління у базовій мережі. Підсистема мультимедіа IP (IMS). Послуги в середовищі UMTS. Якість обслуговування (QoS). Протоколи UMTS. Приклади процедур.



### 5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження систем супутникового зв'язку	1
2	Формування бюджету радіоканалу для систем супутникового зв'язку	2
3	Формування бюджету радіоканалу для систем стільникового зв'язку	2
4	Дослідження втрат в радіоканалі за допомогою програми Project1	2
5	Дослідження втрат в радіоканалі на підставі моделей “від зони до зони” і “від точки до точки” з використанням програми Project1	2
6	Дослідження втрат в радіоканалі на закритих трасах	2
7	Моделювання втрат в радіоканалі на коротких трасах з використанням моделі Ксіа-Бертоні	2
8	Моделювання втрат в радіоканалі на коротких трасах з використанням моделі Уолфіша-Ікегамі	2
	Разом	15

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	40
2	Підготовка до поточного контролю та заліку	20
	Разом	60

### 7. Індивідуальні завдання

Реферат за темою однієї з лабораторних робіт.

### 8. Методи навчання

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

### 9. Очікувані результати навчання з дисципліни

В процесі опанування дисципліни, здобувач вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем має бути ознайомленим з принципами побудови і функціонування транкінгових систем зв'язку, систем персонального виклику і персонального супутникового та стільникового зв'язку, вміти будувати стандартизовані або використовувати стандартні профілі та траси, володіти

методикою розрахунку бюджетів каналу радіозв'язку для систем персонального супутникового і стільникового зв'язку, оцінювати вплив моделі каналу зв'язку на ймовірність бітової помилки; вживати методи частотно-територіального планування систем рухомого зв'язку для підвищення якості обслуговування абонентів. Це дозволить йому в майбутній професійній діяльності або навчанні вирішувати ряд важливих завдань по проектуванню, інсталяції та експлуатації систем мобільного зв'язку.

## 10. Засоби оцінювання

Оцінювання ступені засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу за результатами навчання здійснюється під час семестрового контролю, шляхом проведення семестрового заліку, який виконується в формі електронного тестування в Системі дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» (moodle.zp.edu.ua). Крім того, проводиться поточний контроль у формі усного опитування на лабораторних заняттях та лекціях, а рубіжний (модульний) контроль проводиться у формі електронного тестування.

Це дозволяє об'єктивно встановити рівень знань та умінь, що набули студенти під час вивчення цієї дисципліни, оцінити якість підготовки спеціалістів за фахом.

## 11. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота								Сума
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	100
10	10	15	15	10	15	15	10	

T1, T2 ... T8 – теми змістових модулів.

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

## 12. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни "Системи мобільного зв'язку" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», які навчаються за освітніми програмами «Інформаційні мережі зв'язку» та «Радіотехніка» / Укл. В.С. Кабак. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2020. – 72 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Системи мобільного зв'язку» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», які навчаються за освітніми програмами «Інформаційні мережі зв'язку» та «Радіотехніка» / Укл. В.С. Кабак, І.М. Сметанін. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2020. – 83 с.

3. Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Системи мобільного зв'язку" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», які навчаються за освітніми програмами «Інформаційні мережі зв'язку» та «Радіотехніка» заочної форми навчання. / Укл. І.М. Сметанін. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2020. – 39 с.

4. Електронний конспект лекцій. Розр. І.М. Сметанін.

5. Електронні презентації лекцій в Adobe Flash Player. / Розр. І.М. Сметанін.

6. Програма «Project1» для проведення лабораторних робіт. / Розр. В.А. Довгошей, В.С. Кабак.

7. Курс "Системи мобільного зв'язку" в Системі дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» на платформі Moodle. Розр. І.М. Сметанін.

## 13. Рекомендована література

### Базова

1. Весоловский, К. Системы подвижной радиосвязи [Текст] / Кшиштоф Весоловский пер. с польск. И. Д. Рудинского; под ред. А. И. Ледовского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 536 с.

2. Феер, К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра [Текст] / К. Феер; пер. с англ. под ред. В. И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.

3. Волков, Л. Н. Системы цифровой радиосвязи [Текст]: учебное пособие / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.

4. Климаш, М. М. Технології мереж мобільного зв'язку [Текст] / М. М. Климаш, В. О. Пелішок, П. М. Михайленич. – К: «Освіта України», 2010. – 624 с.

5. Галкин, В. А. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст]: учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 432 с.

6. Кабак, В. С. Функціональні пристрої телефонів мобільного зв'язку [Текст]: навч. посібник / В. С. Кабак, Р. В. Уваров. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 254 с.

7. Маковеева, М. М. Системы связи с подвижными объектами [Текст]: Учебное пособие для вузов / М. М. Маковеева, Ю. С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.

8. Кааранен, Х., Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы [Текст] / Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен и др.; пер. с англ. Н. Л. Бирюкова. – М.: Техносфера, 2007. – 464 с.

#### Допоміжна

9. Андрианов, В. И. Средства мобильной связи [Текст]/ В. И. Андрианов, А. В. Соколов. – СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 1998. – 256 с.

10. Бабков, В. Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование [Текст]: учебное пособие для вузов / В. Ю. Бабков, М. А. Вознюк, П. А. Михайлов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 224 с.

11. Бабков, В. Ю. Системы мобильной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В. Ю. Бабков, А. Н. Никитин, К. Н. Осенний, М. А. Сиверс. – СПб.: ТРИАДА, 2003 – 239 с.

12. Берлин, А. Н. Цифровые сотовые системы связи [Текст] / А. Н. Берлин. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с.

13. Бойко, М. П. Системи стільникового зв'язку [Текст]: Конспект лекцій / М. П. Бойко. – Одеса: ОНАЗ, 2004 – 76 с.

14. Бондарев, А. П. Пристрої цифрових систем коміркового зв'язку [Текст]: Навчальний посібник. / А. П. Бондарев, Б. А. Мандзій. – Львів: ЗУКЦ, 2003. – 80 с.

15. Гепко, И. А. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития [Текст] / И. А. Гепко, В. Ф. Олейник, Ю. Д. Чайка, А. В. Бондаренко. – К.: «ЕКМО», 2009. – 672 с.

16. Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной связи [Текст] / Ю. А. Громаков. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 240 с.

17. Ипатов, В. П. Системы мобильной связи [Текст]: учебное пособие для вузов / В. П. Ипатов, В. К. Орлов, И. М. Самойлов, В. Н. Смирнов; под ред. В. П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272 с.

18. Карташевский, В. Г. Сети подвижной связи [Текст]/ В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирсова. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 298 с.

19. Мухин, А. М. Системы связи подвижной службы [Текст]: учебное пособие / А. М. Мухин, Л. С. Чайников. – К.: Світ знань, 2001. – 216 с.

20. Невдяев, Л. М. Персональная спутниковая связь [Текст] / Л. М. Невдяев, А. А. Смирнов. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 215 с.

21. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения [Текст] / Л. М. Невдяев; под ред. Ю. М. Горностаева. Серия изданий «Связь и бизнес», – М.: МЦНТИ, ООО «Мобильные коммуникации», 2000 – 208 с.

22. Немировский, М. С. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма [Текст]: учебное пособие / под ред. М. С. Немировского, О. А. Шорина. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 400 с.

23. Попов, В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM [Текст] / В. И. Попов. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 296 с.

24. Ратынский, М. В. Основы сотовой связи [Текст] / М. В. Ратынский; под ред. Д. Б. Зимина. – 2-е изд. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.

25. Сукачев, Э. А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами [Текст] / Э. А. Сукачев. – Одесса: УГАС, 1996. – 92 с.

26. Тамаркин, В. М. Транкинговые системы радиосвязи [Текст] / В. М. Тамаркин, В. Б. Громов, С. И. Сергеев, В. И. Мордачев и др. – М.: МЦНТИ, 1997. – 108 с.

#### **14. Інформаційні ресурси**

1. [www.zntu.edu.ua](http://www.zntu.edu.ua)
2. [www.rtt.zntu.edu.ua](http://www.rtt.zntu.edu.ua)
3. [www.moodle.zp.edu.ua](http://www.moodle.zp.edu.ua)