

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки  
Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Код РПНД: Т72354

**ЗАТВЕРДЖЕНО**



Проректор з науково-педагогічної  
роботи

 Сlobодян С.О.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Program of the Discipline**

**Системи мобільного зв'язку**

**MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS**

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни обов'язкова  
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська  
українська/англійська

**Миколаїв – 2025**

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»

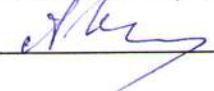
освітня програма «Телекомунікації» \_\_\_\_\_

" 18 " квітня 2025 року. – 19 с.

Розробники: Олексій ДЬЯКОНОВ, к.т.н., доцент кафедри ПЕЕТ.  
Богдан ЄРМОЛЕНКО, асистент кафедри ПЕЕТ.

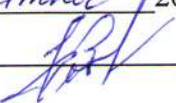
Проект робочої програми навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ»

к.т.н., доц. Олександр ЖУК 

Проект робочої програми навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» розглянуто на засіданні кафедри програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Протокол № 12 від «16» квітня 2025 р.

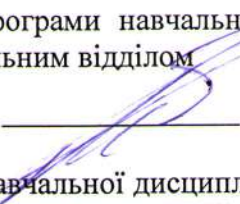
Завідувач кафедри ПЕЕТ  д.т.н., проф. Володимир РЯБЕНЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки

Протокол № 5 від «15» травня 2025 р.

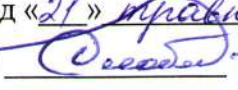
Голова  к.т.н., доц. Дмитро ЖУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу  Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від «21» травня 2025 р.

Голова НМР НУК  Сергій СЛОБОДЯН

## ЗМІСТ

|                                                                                                                  | Стор. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Вступ.....                                                                                                       | 4     |
| 1. Опис навчальної дисципліни.....                                                                               | 5     |
| 2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....                                                                      | 6     |
| 3. Передумови для вивчення дисципліни .....                                                                      | 6     |
| 4. Очікувані результати навчання.....                                                                            | 6     |
| 5. Програма навчальної дисципліни.....                                                                           | 7     |
| 6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх<br>демонстрування .....                | 13    |
| 7. Форми поточного та підсумкового контролю .....                                                                | 13    |
| 8. Критерії оцінювання результатів навчання.....                                                                 | 16    |
| 9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких<br>передбачає навчальна дисципліна ..... | 17    |
| 10. Рекомендовані джерела інформації.....                                                                        | 18    |

## ВСТУП

### Анотація

Програма дисципліни має на меті засвоєння фундаментальних принципів обробки і перетворення сигналів, забезпечення їх перешкодостійкості, захищеності, оцінки їх інформативності та обґрунтування умов їх перетворення і якісної передачі по каналах зв'язку. Вивчення технологій рухомого мобільного зв'язку є необхідною умовою формування професійної компетентності, сприяє ефективнішому розвитку особистого інтелектуального потенціалу, а також є важливою передумовою отримання студентами навичок, які дозволяють їм здійснювати аналіз, проектування і експлуатацію систем і мереж мобільного зв'язку на базі різноманітних технологій.

У курсі «Системи мобільного зв'язку» розглядаються класифікації та етапи розвитку наземних систем мобільного зв'язку, особливості функціонування, принципи організації та основні технічні рішення на прикладі стандартів, що використовуються у новітніх мобільних системах. Курс є обов'язковою для вивчення дисципліною фахової підготовки студентів.

**Ключові слова:** мобільний зв'язок, технології множинного доступу, модуляція.

### Abstract

The program of the discipline aims to master the fundamental principles of processing and conversion of signals, ensuring their noise immunity, security, assessment of their informativeness and justification of the conditions of their conversion and quality transmission through communication channels. The study of mobile mobile technologies is a necessary condition for the formation of professional competence, promotes more effective development of personal intellectual potential, and is an important prerequisite for students to acquire skills that allow them to analyze, design and operate mobile systems and networks based on various technologies.

The course "Mobile Communication Systems" examines the classifications and stages of development of terrestrial mobile communication systems, features of operation, principles of organization and basic technical solutions on the example of standards used in the latest mobile systems. The course is a compulsory discipline for students.

**Keywords:** mobile communication, multiple access technologies, modulation.

### 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                                                                            | Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень                                                                      | Характеристика навчальної дисципліни   |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | денна форма навчання                   | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів – 6                                                                                                                                             | Галузь знань<br>G «Інженерія, виробництво та будівництво»                                                                            | Обов'язкова                            | Обов'язкова           |
| Модулів – 2                                                                                                                                                        |                                                                                                                                      | Рік підготовки:                        |                       |
| Змістових модулів – 4                                                                                                                                              |                                                                                                                                      | 4-й                                    | 4-й                   |
| Електронний адрес РПНД на сайті Університету                                                                                                                       | Спеціальність – G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»<br><br>Освітня програма – Телекомунікації | Семестр                                |                       |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання: –                                                                                                                         |                                                                                                                                      | 7,8-й                                  | 7,8-й                 |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | Лекцій                                 |                       |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | 45 год.                                | 18 год.               |
| Загальна кількість годин: 180                                                                                                                                      |                                                                                                                                      | Практичні                              |                       |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | –                                      | –                     |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | Лабораторні                            |                       |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 3 (7-й семестр), 2 (8-й семестр);<br><br>самостійної роботи студента – 4 (7-й семестр), 3 (8-й семестр). | Освітній рівень:<br><b>перший (бакалаврський)</b>                                                                                    | Самостійна робота                      |                       |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | 105 год.                               | 150 год.              |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | Індивідуальні завдання: не передбачено |                       |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | Вид контролю: залік, екзамен           |                       |
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      | Форма контролю: комбінована            |                       |

## 2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ» є формування у студентів знань, навиків та умінь, які дозволяють їм здійснювати аналіз, проектування і експлуатацію систем і мереж мобільного зв'язку на базі різноманітних технологій, та формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- ЗК1 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК6 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знанням;
- СК1 – Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства;
- СК4 – Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем та процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм;
- СК6 – Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліни: «Схемотехніка телекомунікаційного обладнання», «Теорія електричного зв'язку», «Телекомунікаційні системи передачі».

## 4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- ПРН7 – Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки;
- ПРН8 – Описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці;
- ПРН14 – Застосовувати розуміння основних властивостей компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв;
- ПРН21 – Забезпечувати надійну та якісну роботу інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем;

- ПРН22 – Контролювати технічний стан інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем у процесі їх технічної експлуатації з метою виявлення погіршення якості функціонування чи відмов, та його систематична фіксація шляхом документування.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1.**

**Змістовий модуль 1.** Архітектура та протокольні основи систем мобільного зв'язку.

**Тема 1.** Архітектура та еволюція систем мобільного зв'язку.

**Лекція 1.** Еволюція систем мобільного зв'язку (1G–4G). Послуги та вимоги до мобільних мереж. [1 с. 9-12], [2 с. 31-32].

**Лекція 2.** Загальна архітектура LTE. Підсистеми UE, eUTRAN та EPC. [2 с. 5-12].

**Лекція 3.** Функції елементів ядра мережі EPC: MME, HSS, SGW, PGW. [2 с. 13-18].

**Лекція 4.** Інтерфейси LTE: Uu, S1, S5/S8, S6a, X2. Логічні та фізичні інтерфейси. [2 с. 16-21].

**Тема 2.** Протокольні стеки, передача даних та безпека.

**Лекція 5.** Протокольні рівні LTE: NAS та Access Stratum. Загальний огляд стеків протоколів. [1 с. 14-18], [2 с. 21-26].

**Лекція 6.** Передача даних у ядрі мережі: тунелювання, GTP, TEID, bearer. [2 с. 33-38].

**Лекція 7.** Процедури доступу та мобільності UE: Attach, Tracking Area Update, handover. [2 с. 39-45].

**Лекція 8.** Безпека в системах LTE: аутентифікація, шифрування, цілісність, ієрархія ключів. [1 с. 147-149], [2 с. 46-52].

**Змістовий модуль 2.** Радіоінтерфейс, управління ресурсами та якість обслуговування.

**Тема 3.** Радіоінтерфейс LTE та фізичний рівень.

**Лекція 9.** Основи радіопередачі та цифрової модуляції в LTE (BPSK, QPSK, MCS). [1 с. 18-20], [2 с. 55-59].

**Лекція 10.** Частотно-часова структура LTE: RE, RB, субкадри, смуги частот. [1 с. 18-20], [2 с. 60-64].

**Лекція 11.** Розподіл ресурсів у Downlink та Uplink. Планування та адресація (RNTI). [2 с. 66-68].

**Лекція 12.** Надійність передачі даних: HARQ, ARQ, повторні передачі та затримки. [2 с. 69-72].

**Тема 4.** Управління ресурсами, QoS та мобільність.

**Лекція 13.** Протоколи MAC і RLC. Режими TM, UM, AM та їх вплив на QoS. [2 с. 73-76].

**Лекція 14.** Протокол PDCP. Компресія заголовків, безпека, підтримка handover. [2 с. 77-80].

**Лекція 15.** Якість обслуговування (QoS), мобільність та еволюція LTE у напрямку 5G. [4] – [7].

**Модуль 2.**

**Змістовий модуль 3.** Архітектура та сервіси 5G.

**Тема 5.** Вступ до 5G: сервіси та KPI.

**Лекція 16.** Сервіси 5G та показники ефективності (KPI). eMBB, URLLC, mMTC. KPI: швидкість, затримка, надійність, щільність підключень. [3 с. 5-19].

**Тема 6.** Архітектура мережі 5G та ядро 5GC.

**Лекція 17.** Архітектура мережі 5G та ядро 5GC. SA та NSA архітектури. Функції AMF, SMF, UPF, UDM, AUSF. [3 с. 21-24].

**Змістовний модуль 4.** Радіоінтерфейс та технологічні механізми 5G.

**Тема 7.** Радіоінтерфейс 5G NR: частотний і часовий поділ.

**Лекція 18.** Радіоінтерфейс 5G NR: частотний поділ. OFDM у 5G. Нумерології та частотні діапазони FR1/FR2. [3 с. 25-30].

**Лекція 19.** Часовий поділ та зменшення затримки в 5G. TDD/FDD. Слоти, кадри, затримка < 1 мс. [3 с. 43-46].

**Тема 8.** Антенні технології, MIMO та beamforming. Віртуалізація.

**Лекція 20.** Антенні системи та beamforming. Антенні решітки. Просторове формування променя. [3 с. 63-78].

**Лекція 21.** MIMO у 5G NR. Масивні MIMO. Підвищення пропускної здатності. [3 с. 63-78].

**Лекція 22.** Віртуалізація, slicing та сервісно-орієнтована архітектура. NFV, SDN. Network Slicing. [3 с. 31-41].

## Тематичний план навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем                                                             | Кількість годин |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----------|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
|                                                                                           | денна форма     |              |          |           |            | Заочна форма |              |           |           |            |
|                                                                                           | усього          | у тому числі |          |           |            | усього       | у тому числі |           |           |            |
|                                                                                           |                 | лек          | пр       | лаб       | с.р.       |              | лек          | пр        | лаб       | с.р.       |
| <b>1</b>                                                                                  | <b>2</b>        | <b>3</b>     | <b>4</b> | <b>5</b>  | <b>7</b>   | <b>8</b>     | <b>9</b>     | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b>  |
| <b>Модуль 1</b>                                                                           |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| <b>Змістовий модуль 1. Архітектура та протокольні основи систем мобільного зв'язку.</b>   |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| Тема 1. Архітектура та еволюція систем мобільного зв'язку.                                | 20              | 8            | –        | 3         | 9          | 20           | 2            | –         | 1         | 17         |
| Тема 2. Протокольні стеки, передача даних та безпека.                                     | 25              | 8            | –        | 4         | 13         | 25           | 2            | –         | 1         | 22         |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b>                                                       | <b>45</b>       | <b>16</b>    | <b>–</b> | <b>7</b>  | <b>22</b>  | <b>45</b>    | <b>4</b>     | <b>–</b>  | <b>2</b>  | <b>39</b>  |
| <b>Змістовий модуль 2. Радіоінтерфейс, управління ресурсами та якість обслуговування.</b> |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| Тема 3. Радіоінтерфейс LTE та фізичний рівень.                                            | 30              | 8            | –        | 4         | 18         | 30           | 3            | –         | 2         | 25         |
| Тема 4. Управління ресурсами, QoS та мобільність.                                         | 30              | 6            | –        | 4         | 20         | 30           | 3            | –         | 2         | 25         |
| <b>Разом за змістовим модулем 2</b>                                                       | <b>60</b>       | <b>14</b>    | <b>–</b> | <b>8</b>  | <b>38</b>  | <b>60</b>    | <b>6</b>     | <b>–</b>  | <b>4</b>  | <b>50</b>  |
| <b>Усього годин</b>                                                                       | <b>105</b>      | <b>30</b>    | <b>–</b> | <b>15</b> | <b>60</b>  | <b>105</b>   | <b>10</b>    | <b>–</b>  | <b>6</b>  | <b>89</b>  |
| <b>Модуль 2</b>                                                                           |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| <b>Змістовий модуль 3. Архітектура та сервіси 5G.</b>                                     |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| Тема 5. Вступ до 5G: сервіси та KPI.                                                      | 15              | 4            | –        | 3         | 8          | 15           | 1            | –         | 1         | 13         |
| Тема 6. Архітектура мережі 5G та ядро 5GC.                                                | 15              | 4            | –        | 4         | 7          | 15           | 1            | –         | 1         | 13         |
| <b>Разом за змістовим модулем 3</b>                                                       | <b>30</b>       | <b>8</b>     | <b>–</b> | <b>7</b>  | <b>15</b>  | <b>30</b>    | <b>2</b>     | <b>–</b>  | <b>2</b>  | <b>26</b>  |
| <b>Змістовий модуль 4. Радіоінтерфейс та технологічні механізми 5G.</b>                   |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
| Тема 7. Радіоінтерфейс 5G NR: частотний і часовий поділ.                                  | 20              | 4            | –        | 4         | 12         | 20           | 3            | –         | 2         | 15         |
| Тема 8. Антенні технології, MIMO та beamforming. Віртуалізація.                           | 25              | 3            | –        | 4         | 18         | 25           | 3            | –         | 2         | 20         |
| <b>Разом за змістовим модулем 4</b>                                                       | <b>45</b>       | <b>7</b>     | <b>–</b> | <b>8</b>  | <b>20</b>  | <b>45</b>    | <b>6</b>     | <b>–</b>  | <b>4</b>  | <b>35</b>  |
| <b>Усього годин</b>                                                                       | <b>75</b>       | <b>15</b>    | <b>–</b> | <b>15</b> | <b>45</b>  | <b>75</b>    | <b>8</b>     | <b>–</b>  | <b>6</b>  | <b>61</b>  |
| <b>Разом за курсом</b>                                                                    |                 |              |          |           |            |              |              |           |           |            |
|                                                                                           | <b>180</b>      | <b>45</b>    | <b>–</b> | <b>30</b> | <b>105</b> | <b>180</b>   | <b>18</b>    | <b>–</b>  | <b>12</b> | <b>150</b> |

### Теми лабораторних робіт

| № з/п              | Назва теми                                                                                                                                                                    | Кількість годин |              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|                    |                                                                                                                                                                               | Денна форма     | Заочна форма |
| Змістовий модуль 1 |                                                                                                                                                                               |                 |              |
| 1                  | Лабораторна робота 1. Аналіз архітектури LTE-мережі та взаємодії її компонентів.                                                                                              | 1               | 0,5          |
| 2                  | Лабораторна робота 2. Дослідження інтерфейсів та сигналізації в мережі LTE.                                                                                                   | 2               | 0,5          |
| 3                  | Лабораторна робота 3. Аналіз процедур доступу та мобільності абонента в LTE                                                                                                   | 2               | 0,5          |
| 4                  | Лабораторна робота 4. Дослідження механізмів безпеки та захисту інформації в LTE.                                                                                             | 2               | 0,5          |
| Змістовий модуль 2 |                                                                                                                                                                               |                 |              |
| 5                  | Лабораторна робота 5. Дослідження радіоінтерфейсу LTE та параметрів фізичного рівня.                                                                                          | 2               | 1            |
| 6                  | Лабораторна робота 6. Розрахунок пропускної здатності та ефективності LTE-каналу                                                                                              | 2               | 1            |
| 7                  | Лабораторна робота 7. Аналіз QoS.                                                                                                                                             | 2               | 1            |
| 8.                 | Лабораторна робота 8. Підтримка мобільності в системах LTE.                                                                                                                   | 2               | 1            |
| Змістовий модуль 3 |                                                                                                                                                                               |                 |              |
| 9.                 | Лабораторна робота 9. Ключові сервіси 5G та показники ефективності (KPI). Аналіз сценаріїв 5G-сервісів. Порівняння KPI для 4G та 5G. Відповідність сервісів KPI. [3 с. 5-19]. | 1               | 0,5          |
| 10.                | Лабораторна робота 10. Архітектура мережі 5G: SA та NSA. Аналіз NG-RAN. Взаємодія 4G EPC і 5G Core. Побудова структурної схеми. [3 с. 21-24].                                 | 2               | 0,5          |
| 11                 | Лабораторна робота 11. Функції ядра 5G (AMF, SMF, UPF, UDM). Аналіз control / user plane. Логічні інтерфейси N1–N15. Ролі AMF, SMF, UPF. [3 с. 25-30].                        | 2               | 0,5          |
| 12                 | Лабораторна робота 12. Віртуалізація мережевих функцій та network slicing. Аналіз NFV і SBA. Приклади network slicing. Роль NSSF. [3 с. 31-41].                               | 2               | 0,5          |
| Змістовий модуль 4 |                                                                                                                                                                               |                 |              |
| 13                 | Лабораторна робота 13. Частотний поділ і нумерологія 5G NR. Subcarrier spacing.                                                                                               | 2               | 1            |

|    |                                                                                                                                                           |           |           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|    | Frequency ranges FR1 / FR2. Вибір ну мерології. [3 с. 43-46].                                                                                             |           |           |
| 14 | Лабораторна робота 14. Модуляції та пропускна здатність у 5G. BPSK, QPSK, 16/64/256-QAM. Розрахунок пікової швидкості. Carrier aggregation. [3 с. 47-49]. | 2         | 1         |
| 15 | Лабораторна робота 15. Управління мобільністю та PDU-сесіями. Registration. CUPS. RRC states. [3 с. 101-118].                                             | 2         | 1         |
| 16 | Лабораторна робота 16. Безпека в мережах 5G. SUCI / SUPI. 5G-AKA. Захист від bidding-down attacks. [3 с. 143-173].                                        | 2         | 1         |
|    | <b>Разом</b>                                                                                                                                              | <b>30</b> | <b>12</b> |

### Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – **1-2 год. / 1 лекцію;**
- підготовка до лабораторних занять – **2-3 год. / 1 заняття;**
- підготовка до тестування – **5-6 год. / 1 тест;**
- підготовка до заліку – **15 год.;**
- підготовка до екзамену – **15 год.**

### Завдання для самостійної роботи

| № з/п               | Вид роботи                       | Кількість годин |              |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|
|                     |                                  | Денна форма     | Заочна форма |
| Змістовний модуль 1 |                                  |                 |              |
| 1                   | Підготовка до лекційних занять   | 3               | 9            |
| 2                   | Підготовка до лабораторних робіт | 13              | 20           |
| 3                   | Підготовка до тестування         | 6               | 10           |
|                     | Разом за змістовним модулем 1    | 22              | 39           |
| Змістовний модуль 2 |                                  |                 |              |
| 4                   | Підготовка до лекційних занять   | 4               | 5            |
| 5                   | Підготовка до лабораторних робіт | 14              | 20           |
| 6                   | Підготовка до тестування         | 5               | 10           |
| 7                   | Підготовка до заліку             | 15              | 15           |
|                     | Разом за змістовним модулем 2    | 38              | 50           |
|                     | Разом модулем 1                  | 60              | 89           |
| Змістовний модуль 3 |                                  |                 |              |
| 8                   | Підготовка до лекційних занять   | 3               | 6            |
| 9                   | Підготовка до лабораторних робіт | 6               | 10           |

|                            |                                      |            |            |
|----------------------------|--------------------------------------|------------|------------|
| 10                         | Підготовка до тестування             | 6          | 10         |
|                            | <b>Разом за змістовним модулем 3</b> | <b>15</b>  | <b>26</b>  |
| <b>Змістовний модуль 4</b> |                                      |            |            |
| 11                         | Підготовка до лекційних занять       | 2          | 4          |
| 12                         | Підготовка до лабораторних робіт     | 3          | 8          |
| 13                         | Підготовка до тестування             | 5          | 8          |
| 14                         | Підготовка до екзамену               | 10         | 15         |
|                            | <b>Разом за змістовним модулем 4</b> | <b>20</b>  | <b>35</b>  |
|                            | <b>Разом модулем 2</b>               | <b>45</b>  | <b>61</b>  |
|                            | <b>Разом</b>                         | <b>105</b> | <b>150</b> |

### Індивідуальне науково дослідне завдання

Не передбачено.

## 6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування

Методи навчання:

- лекції;
- лабораторні роботи;
- робота з літературою;
- інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки (проводиться одноразово на першому занятті в лабораторії).

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни:

- стандартизовані тести;
- модульні контрольні роботи;
- презентації результатів виконаних лабораторних робіт;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- підсумкова семестрова контрольна робота.

## 7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного контролю у вигляді тестових завдань різної складності, перевірки результатів виконання лабораторних робіт, результатів роботи на практичних заняттях та підсумкового контролю у формі заліку та екзамену. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів.

Поточний контроль проводиться на кожній лабораторній роботі та за результатами самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми шляхом тестування (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання лабораторних робіт. Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний модульний контроль у формі

тестування – до 28 балів, результатів виконання лабораторних робіт – до 32 балів, та екзамену – до 40 балів.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Умовою допуску студента до КЗ є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок написання реферату на одну із зазначених вище тем.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється у формі заліку (або екзамену, що проводиться у письмовій формі в екзаменаційну сесію). Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, пише підсумкову семестрову залікову роботу (проводиться у письмовій формі у вигляді тестів), до якої він допускається, якщо має за виконання всіх передбачених елементів модулів необхідну мінімальну суму 50 балів. Максимальна кількість балів за підсумкову залікову роботу становить 40 балів. Результуюча оцінка виставляються відповідно до шкали оцінювання ECTS.

### **Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання**

| <b>Лабораторна робота</b> | <b>Критерії оцінювання</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4                         | Студент самостійно виконав всі етапи рішення задач обробки сигналів та передачі інформації за допомогою математичного моделювання у середовищі MATLAB. В представленому алгоритмі обробки сигналів немає помилок. Всі параметри систем вірні. Наведені всі осцилограми, що демонструють правильність роботи досліджуваної системи чи об'єкту. Можливі одна-дві різні неточності, які не є наслідком незнання або нерозуміння навчального матеріалу.                    |
| 3                         | Робота виконана не в повному обсязі. Допущено більше однієї помилки в реалізації алгоритмів обробки сигналів або двох-трьох недоліків в викладках, чи розрахунках параметрів досліджуваних систем. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача, але не володіє обов'язковими вміннями за темами, що перевіряються, та основними навичками роботи у середовищі MATLAB, необхідними для вирішення поставленого завдання. |
| 2                         | Роботу в основному не виконано (обсяг виконаної частини менше 2/3 від загального обсягу завдання). Студент показує незнання основних понять, нерозуміння вивчених закономірностей і взаємозв'язків, не вміє вирішувати кількісні та якісні завдання. Допущені істотні помилки, які показали, що студент не володіє обов'язковими знаннями з даної теми в повній мірі.                                                                                                  |
| 1                         | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Допущені істотні помилки, які показали, що студент не володіє                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|   |                                                                                                                                                                   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | обов'язковими знаннями з даної теми в повній мірі, вміннями і навичками практичної роботи у середовищі MATLAB, або значна частина роботи виконана не самостійно.  |
| 0 | Роботу повністю не виконано або допущені суттєві помилки та робота показала повну відсутність у студента обов'язкових знань та вмінь за темами, що перевіряються. |
|   | <i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 32 бали (8 робіт по 4 бали).</i>                                                                       |

### Поточний модульний контроль у формі тестування

| Правильних відповідей, % | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|--------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Бал                      | 14  | 13 | 12 | 11 | 10 | 8  | 6  | 4  | 2  | 1  |

| Форма контролю                                 | Максимальна кількість балів |                      |
|------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|                                                | Денна форма                 | Заочна форма         |
| Виконання лабораторних робіт                   | 8x4 балів = 32 бали         | 8x4 балів = 32 бали  |
| Поточний модульний контроль у формі тестування | 2x14 бали = 28 балів        | 2x14 бали = 28 балів |
| <b>Всього</b>                                  | <b>60</b>                   | <b>60</b>            |

### Критерії оцінювання знань з дисципліни у формі заліку та екзамену

Залік або екзамен проводиться в письмовій формі та складається з трьох завдань – двох теоретичних запитань та тесту. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів

*Виконання першого завдання потребує повної аналітичної і змістовної відповіді (оцінюється від 0 до 15 балів).*

**13-15 балів** отримують студенти, які повно та ґрунтовно розкрили теоретичне питання, використавши при цьому не лише обов'язкову, а й додаткову літературу, в повному обсязі володіють навчальним матеріалом, вільно, самостійно й аргументовано його викладають під час письмової відповіді.

**10-12 балів** отримують студенти, які достатньо повно володіють навчальним матеріалом, в цілому розкрили теоретичне питання, однак не повно, і допустили деякі несуттєві неточності та незначні помилки, не вистачає достатньої глибини та аргументації. При цьому не було використано на достатньому рівні обов'язкову літературу.

**8-9 балів** отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання, але розкрили його не повністю, без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допустивши деякі незначні помилки.

**6-7 балів** отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання але без використання необхідної літератури, розкривши його частково і допустивши при цьому окремі суттєві неточності і помилки, котрі частково впливають на загальне розуміння питання.

**3-5 балів** отримують студенти, які не в повному обсязі володіють матеріалом, загалом правильно визначили сутність питання, однак недостатньо або поверхнево розкривши більшість його окремих положень і допустивши при цьому окремі помилки, які частково вплинули на загальне розуміння проблеми.

**0-2 бали** отримують студенти, які частково володіють навчальним матеріалом, фрагментарно та поверхнево розкрили лише окремі положення питання і допустили при цьому певні суттєві помилки, котрі значно вплинули на загальне розуміння питання.

*Друге питання потребує короткої відповіді, котра розкриває сутність того чи іншого поняття або теоретичного положення (оцінюється від 0 до 15 балів).*

**12-15 балів** отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.

**7-11 балів** отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття, або поверхнево проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

**3-6 балів** отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття, або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

**0-2 бали** отримують студенти, які частково і поверхнево визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.

*Третє завдання семестрового заліку (7 семестр) або підсумкового екзамену (8 семестр) представляє собою тест, що містить 10 запитань і оцінюється від 0 до 10 балів. Кожна вірна відповідь на запитання тесту оцінюється в 1 бал.*

### 8. Критерії оцінювання результатів навчання

|                      |    | Денне відділення<br>7-й семестр |                 | Заочне відділення<br>7-й семестр |                 |
|----------------------|----|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
|                      |    | Вид роботи                      | Кількість балів | Вид роботи                       | Кількість балів |
| ЗМ 1                 | T1 | Лабораторна робота №1,2         | 8               | Лабораторна робота №1,2          | 8               |
|                      | T2 | Лабораторна робота №3,4         | 8               | Лабораторна робота №3,4          | 8               |
| ПМК                  |    | Тест                            | 14              | Тест                             | 14              |
| ЗМ 2                 | T3 | Лабораторні роботи №5, 6        | 8               | Лабораторні роботи №5, 6         | 8               |
|                      | T4 | Лабораторні роботи №7,8         | 8               | Лабораторні роботи №7,8          | 8               |
| ПМК                  |    | Тест                            | 14              | Тест                             | 14              |
| Підсумковий контроль |    | Залік                           | 40              | Залік                            | 40              |
| Сума                 |    |                                 | <b>100</b>      |                                  | <b>100</b>      |

|                      |    | Денне відділення<br>8-й семестр |                 | Заочне відділення<br>8-й семестр |                 |
|----------------------|----|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
|                      |    | Вид роботи                      | Кількість балів | Вид роботи                       | Кількість балів |
| ЗМ 3                 | T5 | Лабораторна робота №9,10        | 8               | Лабораторна робота №9,10         | 8               |
|                      | T6 | Лабораторна робота №11,12       | 8               | Лабораторна робота №11,12        | 8               |
| ПМК                  |    | Тест                            | 14              | Тест                             | 14              |
| ЗМ 4                 | T7 | Лабораторні роботи №13, 14      | 8               | Лабораторні роботи №13, 14       | 8               |
|                      | T8 | Лабораторні роботи №15, 16      | 8               | Лабораторні роботи №15, 16       | 8               |
| ПМК                  |    | Тест                            | 14              | Тест                             | 14              |
| Підсумковий контроль |    | Екзамен                         | 40              | Екзамен                          | 40              |
| Сума                 |    |                                 | <b>100</b>      |                                  | <b>100</b>      |

### **9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна**

На лекційних заняттях використовуються технічні засоби, а саме: комп'ютер, мультимедійний проектор або інтерактивна дошка. Якщо є можливість інтерактивної дошки або проектора, то наочні пояснення можна організувати таким чином: теоретичні відомості будуть наочно супроводжуватися демонстрацією на інтерактивній дошці (за наявності), або мультимедійному проекторі. Це дає можливість студенту не тільки почути, а й побачити, що сприяє більш ефективному засвоєнню нового матеріалу. Такі лекції є найдоступнішою і найцікавішою формою викладання нового матеріалу з навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку».

На лабораторних заняттях студенти можуть використовувати комп'ютери з середовищем моделювання MATLAB/Simulink. Також комп'ютери використовуються для проведення поточного модульного контролю у формі тестування.

Як наочний матеріал на лекціях і лабораторних роботах використовуються конспект лекцій з дисципліни «Системи мобільного зв'язку», методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

## 10. Рекомендовані джерела інформації

### Основна література

1. Климаш М. М., Максимюк Т. А., Бешлей М. І. Методи та моделі побудови гетерогенних мереж мобільного зв'язку 4G/5G. Монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 388 с.
2. Lagrange X., Couturier C., Pelov A. 4G Network Essentials. – 2017.
3. Lagrange X. 5G network fundamentals. - 2022.
4. Гнатюк С., «Потенціал технологій 5G для відбудови та розвитку України» <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/potentsial-tekhnologiy-5g-dlya-vidbudovy-ta-rozvytku-ukrayiny>
5. PwC. (2021). Вплив 5G на світову економіку. С. 22. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/economic-impact-5g.html>.
6. de Looper, Крістіан "Що таке 5G? Мережа нового покоління пояснила". // Цифрові тренди. 27 березня 2020 р. 103 с.
7. Ілюстрація глобального охоплення 5 G/ookla/(2023) <https://www.ookla.com/articles/5g-global-reach-2024>
8. Говоркіна, В. (2019) Що потрібно знати про 5G. На шляху до 5G..Київ.
9. Гриченко Р. «Цифрові двійники, віддалена хірургія та ріст ВВП. Як 5G вплине на наше життя» (2021) <https://vctr.media/ua/shho-take-5g-i-yak-jogo-vykorystovuvatymut-v-ukrayini-107181/>
10. Томаш Деяк, «Стандарти мобільного зв'язку 4g-5g-6g – подібність, відмінності, перспективи» / ITBOX/ (2021)/ [HTTPS://WWW.ITBOX.UA/UA/BLOG/STANDARTIMOBILNOGO-ZVYAZKU-4G5G6G--PODIBNIST-VIDMINNOSTI-PERSPEKTIVI/](https://www.itbox.ua/ua/blog/standartimobilnogo-zvyazku-4g5g6g--podibnist-vidminnosti-perspektivi/)
11. Перспективи та перешкоди: впровадження 5G та його вплив на малий та середній бізнес/ decisiontele/ (2023) <https://decisiontele.com/uk/news/545-perspectives-and-barriers-5g-implementation-and-its-impact-small-and-medium-businesses.html>
12. М.І. Литвиненко, Н.В. Гармаш: «аналіз просування технології 5g у світі та очікування для України»/2023/ с.94-103.
13. 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology, автор – Ерік Дальман
14. Steven Smith. Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists. Newnes; 1st edition, 2002. 650 pp.

**Допоміжна література**

15. Гнатушенко, В.В. Системи супутникового та стільникового зв'язку: навч. посіб. / В.В. Гнатушенко, О.О. Дробахін, В.М. Корчинський. – Д.: РВВ ДНУ, 2012. – 80 с.
16. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.: іл.
17. Семенова О. О. Системи рухомого зв'язку : навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 185 с.
18. Сайко В.Г., Амірханов Е.Д. Основи мережі цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління. – К.: ДУТ, 2015. – 77 с.
19. Бойко М.П. Системи стільникового зв'язку: Конспект лекцій. – Одеса: ОНАЗ, 2004 – 76 с.
20. Леонтьєв О.Є. Системи радіозв'язку: Курс лекцій. Житомир: ЖВІРЕ, 2006. – 228 с.

**Інформаційні ресурси в Інтернет**

21. <https://www.3gpp.org/>

Розробники:

доцент кафедри ПЕЕТ



к.т.н., Дьяконов О.С.

асистент кафедри ПЕЕТ



Єрмоленко Б.О.