

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Світлана ЄФІМЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Технології бездротового зв'язку

для студентів

галузь знань

F Інформаційні технології

спеціальність

F7 Комп'ютерна інженерія

рівень вищої освіти

другий (магістерський)

освітньо-наукова програма

Комп'ютерні системи та мережі

вид дисципліни

вибіркова

Форма навчання

Денна

Навчальний рік

2025/2026

Семестр

3

Кількість кредитів ECTS

5

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

іспит

#### Викладач:

Євген ОБЕРЕМОК, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Розробник:**

**Євген ОБЕРЕМОК**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

\_\_\_\_\_ **Юрій БОЙКО**

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

\_\_\_\_\_ **Ганна КАРЛАШ**

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Голова науково-методичної комісії

**Сергій РАДЧЕНКО**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року.

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** — ознайомити студентів із сучасним станом та перспективами розвитку основних бездротових телекомунікаційних технологій.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна “Телекомунікаційні технології” спирається на знання та навички, набуті студентами після прослуховування навчальних курсів “Цифровий зв’язок” та “Методологія проектування відкритих комп’ютерних систем”.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Предмет навчальної дисципліни містить розгляд основних сучасних бездротових телекомунікаційних систем: стільникової, супутникової, Bluetooth та WiFi. У програмі розглянуто деталі побудови мереж на основі згаданих систем та технічні характеристики обладнання, що використовується. Також розглядаються питання методів модуляції та кодування сигналів у системах.

**4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):**

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати основи функціонування розглянутих інформаційних технологій та систем, орієнтуватися в їх технічних характеристиках та вміти обирати оптимальну технологію для обміну даними або організації мережі.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК4. Здатність будувати та досліджувати моделі комп’ютерних систем та мереж.

СК6. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп’ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

СК10. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп’ютерних систем, мереж та їхніх компонентів;

СК20. Здатність розуміти сучасний стан та перспективи розвитку сучасних бездротових телекомунікаційних технологій, зокрема стільниковий та супутниковий зв’язок, технології Bluetooth та Wi-Fi.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

| Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність) |                                                                                                                                      | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності) | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Код                                                                                          | Результат навчання                                                                                                                   |                                                          |                                                                      |                                            |
| <b>1</b>                                                                                     | <b>знати:</b>                                                                                                                        |                                                          |                                                                      | до 42                                      |
| 1.1                                                                                          | Основи функціонування та технічні характеристики бездротових стільникових супутникових, WiFi, та Bluetooth телекомунікаційних систем | лекція, лабораторні роботи                               | модульна контрольна робота, звіти з лабораторних робіт               | 14                                         |
| 1.2                                                                                          | Принципи кодування даних та розділення каналів у цифрових бездротових телекомунікаційних системах.                                   | лекція, лабораторні роботи                               | модульна контрольна робота, звіти з лабораторних робіт               | 14                                         |
| 1.3                                                                                          | Особливості реалізації та області застосування телекомунікаційних систем                                                             | лекція, лабораторні роботи                               | модульна контрольна робота, звіти з лабораторних робіт               | 14                                         |
| <b>2</b>                                                                                     | <b>вміти:</b>                                                                                                                        |                                                          |                                                                      | до 42                                      |
| 2.1                                                                                          | Будувати структурні схеми телекомунікаційних мереж.                                                                                  | лекція, лабораторні роботи                               | модульна контрольна робота, звіти з лабораторних робіт               | 14                                         |
| 2.2                                                                                          | Аналізувати ємність та якість телекомунікаційних каналів при різних методах множинного доступу до каналу                             | лекція, лабораторні роботи                               | модульна контрольна робота, звіти з лабораторних робіт               | 14                                         |
| 2.3                                                                                          | Моделювати телекомунікацію з різними                                                                                                 | лекція, лабораторні                                      | модульна контрольна                                                  | 14                                         |

|          |                                                                                                                                                                                                                                |                                               |                                                |       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------|
|          | методами множинного доступу до каналу.                                                                                                                                                                                         | роботи                                        | робота, звіти з лабораторних робіт             |       |
| <b>3</b> | <b>комунікація:</b>                                                                                                                                                                                                            |                                               |                                                | до 10 |
| 3.1      | Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію                                                                                                            | Захист звіту лабораторної роботи              | Оцінювання захисту звіту з лабораторної роботи | 10    |
| <b>4</b> | <b>автономність та відповідальність:</b>                                                                                                                                                                                       |                                               |                                                | до 6  |
| 4.1      | Здатність до самостійного пошуку наукової та технічної літератури для розв'язання поставленого завдання, здатність самостійно виконувати завдання, розв'язувати практичні задачі та відповідати за результати своєї діяльності | лекції, лабораторні роботи, самостійна робота | письмові модульні контрольні роботи            | 6     |

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

| Результати навчання дисципліни<br>Програмні результати навчання (назва)                                                                                                                                                                              | Код |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                                                                                                                                                                                                                      | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 3.1 | 4.1 |
| РН 7. Вирішувати задачі аналізу та синтезу комп'ютерних систем та мереж.                                                                                                                                                                             |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   |
| РН 8. Застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення складних задач комп'ютерної інженерії та дотичних проблем. |     |     |     | +   | +   | +   |     |     |
| РН 10. Здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії, аналізувати та оцінювати цю інформацію                                                                                                           | +   | +   | +   |     |     |     |     | +   |
| РН 25. Знати основи функціонування технологій бездротового поширення інформації та систем зв'язку, орієнтуватися в їх технічних характеристиках та вміти обирати оптимальну технологію для обміну даними або організації мережі.                     | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами оцінювання: письмових контрольних робіт, результатів виконання лабораторних робіт та захисту звітів. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.3 [знання] – до 42 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 42%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 10%
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 6%;

Форми оцінювання:

**Семестрове оцінювання:** навчальний семестр має два змістовні модулі. Кожен модуль оцінюється максимально до 15 балів. Виконання кожної лабораторної роботи оцінюється в 10 балів.

**Робота в аудиторії** є частиною відповідного модуля, відповіді «біля дошки», виконання домашніх завдань є складовою частиною відповідного модуля.

**Письмові контрольні роботи** проводяться після завершення тем 7 та 17, відповідно. Замість модульних контрольних робіт можуть бути зараховані індивідуальні завдання.

**Лабораторні роботи** проводяться після прочитання тем 4, 10 та 17, і складаються з чотирьох робіт.

**Умови допуску до екзамену:** Обов'язковим для допуску до екзамену є: написання модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 10 кожна, та виконанням усіх лабораторних робіт з сумарною кількістю балів не менше 20.

Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 40 балів, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

**Підсумкове оцінювання** (у формі іспиту): форма іспит – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається з 2 питань: 1 теоретичного питання і 1 задачі. Питання оцінюються по 20 балів. Всього за екзамен можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою 20 балів.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

### 7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

| Семестрова робота          | Кількість балів |     |
|----------------------------|-----------------|-----|
|                            | Min             | Max |
| Модульна контрольна робота | 10              | 15  |
| Лабораторна робота         | 8               | 10  |

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

| Значення | Змістовні модулі | Лабораторні | Іспит | Підсумкова оцінка |
|----------|------------------|-------------|-------|-------------------|
| Мінімум  | 20               | 20          | 20    | 60                |
| Максимум | 30               | 30          | 40    | 100               |

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

| Оцінка (за національною шкалою) / National grade | Рівень досягнень, % / Marks, % |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Зараховано</b> / Excellent                    | 60-100%                        |
| <b>Не зараховано</b> / Fail                      | 0-59%                          |

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

| №                           | Тема                                                                                                                                                                           | Кількість годин (лекцій) | Кількість годин на групу (лабораторні роботи) | Контрольні роботи | Самостійна робота |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Змістовний модуль №1</b> |                                                                                                                                                                                |                          |                                               |                   |                   |
| 1                           | Вступ до дисципліни. Огляд бездротових телекомунікаційних систем та мереж.                                                                                                     | 2                        | -                                             | -                 | 5                 |
| 2                           | Технології модуляції несучої, мультиплексування та множинного доступу до каналу зв'язку в аналогових бездротових телекомунікаційних системах.                                  | 4                        | -                                             | -                 | 10                |
| 3                           | Технології маніпуляції несучою у цифрових телекомунікаційних системах. Спектральна та енергетична ефективність різних схем цифрової маніпуляції.                               | 2                        |                                               |                   | 10                |
| 4                           | Синхронізація приймача та передавача кодом. Принципи завадозахищеного кодування.                                                                                               | 2                        |                                               |                   | 5                 |
| 5                           | <b>Лабораторна робота № 1</b><br>Використання надлишкового кодування для виявлення та виправлення помилок при передачі даних.                                                  |                          | 5                                             |                   | 5                 |
| 6                           | Мультиплексування та множинний доступ до каналу зв'язку в цифрових вузько смугових бездротових телекомунікаційних системах (на прикладі мереж рухомого зв'язку стандарту GSM). | 2                        |                                               |                   | 10                |
| 7                           | Особливості функціонування мереж вузькосмугового бездротового рухомого зв'язку (2 покоління).                                                                                  | 2                        |                                               |                   | 5                 |
| 8                           | Модульна контрольна робота                                                                                                                                                     |                          |                                               | 1                 |                   |
| <b>Змістовний модуль №2</b> |                                                                                                                                                                                |                          |                                               |                   |                   |
| 9                           | Вступ до широкосмугового бездротового зв'язку. Методи розширення спектру сигналів.                                                                                             | 2                        | -                                             | -                 | 5                 |
| 10                          | Ортогональний множинний доступ до телекомунікаційного каналу у широкосмугових системах. Множинний доступ з кодовим розділенням CDMA                                            | 2                        |                                               |                   | 10                |

|    |                                                                                                                                             |           |           |          |            |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|------------|
| 11 | <b>Лабораторна робота № 2</b><br>Моделювання телекомунікаційного каналу з синхронним CDMA                                                   | -         | 5         | -        | 5          |
| 13 | Множинний доступ з використанням ортогонального частотного мультиплексування (OFDMA).                                                       | 2         |           |          | 5          |
| 14 | Приклади застосування широкосмугових технологій у бездротових системах (2-4 покоління рухомого зв'язку, Bluetooth, Wi-Fi, WiMax, CDMA, LTE) | 2         |           |          | 5          |
| 15 | Технології множинного входу/виходу (MIMO), в телеком системах, просторове, мультиплексування (Beam forming).                                | 2         |           |          | 10         |
| 16 | Неортогональний множинний доступ до телекомунікаційного каналу (NOMA)                                                                       | 2         |           |          | 5          |
| 17 | Супутниковий зв'язок. Основи функціонування, огляд обладнання та технічних характеристик.                                                   | 2         | -         | -        | 5          |
| 18 | <b>Лабораторна робота № 4</b><br>Налаштування роботи супутникової антени та приймача.                                                       |           | 4         | -        | 8          |
| 19 | Модульна контрольна робота                                                                                                                  |           |           | 1        |            |
|    | <b>ВСЬОГО</b>                                                                                                                               | <b>28</b> | <b>14</b> | <b>-</b> | <b>108</b> |

Загальний обсяг **150** год., в тому числі:  
 Лекції **28** год.  
 Лабораторні роботи **14** год  
 Самостійна робота **108** год.

## 9. Рекомендована література:

### Основні джерела:

1. Freeman, Roger L. Fundamentals of telecommunications / by Roger L. Freeman.—2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005. – 704 p.
2. Minoli, Daniel, Telecommunications technology handbook / Daniel Minoli.—2nd ed., Artech House 2003, - 802 p.
3. Stephan Jones, Ronald J. Kovac, Frank M. Groom Introduction to Communications Technologies A Guide for Non-Engineers, 3rd Edition, CRC Press, 2020. - 364 P.
4. 1. James F. Kurose, Keith W. Ross. Computer networking: a top-down approach.— 6th ed. 2013.889 p. ISBN-13: 978-0-13-285620-1. ISBN-10: 0-13-285620-4.

5. Голь В.Д., Ірха М.С. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: навчальний посібник. Київ : ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 250 с.

**Додаткові джерела:**

6. Mahmoud Aldababsa, Mesut Toka, Selahattin Gökçeli, GüneG Karabulut Kurt, and OLuz Kucur, A Tutorial on Nonorthogonal Multiple Access for 5G and Beyond, Wireless Communications and Mobile Computing Volume 2018, Article ID 9713450, 2018, - 24 pages
7. Гранатуров В. М. Аналіз конкурентоспроможності телекомунікаційних послуг: монографія / В. М. Гранатуров, С. П. Воробієнко. – К.: Освіта України, 2009. – 254 с.
8. Fifth-Generation (5G) Telecommunications Technologies: Issues for Congress January 30, 2019. Congressional Research Service <https://crsreports.congress.gov> (R45485)
9. <https://rantcell.com/comparison-of-2g-3g-4g-5g.html>
10. <https://www.gsma.com/futurenetworks>
11. Колєнов С. О. Цифровий зв'язок: Методичний посібник до лабораторного практикуму для студентів радіофізичного факультету / Колєнов С. О. – Київ: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. – 76 с.
12. Jerry Socci, IEEE 802.11 Wireless Access Method and Physical Layer Specifications: GFSK As a Modulation Scheme for a Frequency Hopped Phy, doc: IEEE P802.11-93/76 (1993)
13. <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
14. <https://www.bluetooth.com>
15. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics/all>