



# СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СУЧАСНИХ СТАНДАРТІВ

<b>Факультет</b>	Телекомунікацій та радіотехніки
<b>Кафедра</b>	Радіоелектронних систем і технологій
<b>Статус навчальної дисципліни</b>	Вибіркова компонента освітньої програми першого (бакалаврський) рівня вищої освіти
<b>Рекомендовано для спеціальностей</b>	172 Електронні комунікації та радіотехніка; 121 Інженерія програмного забезпечення; 122 Комп'ютерні науки; 125 Кібербезпека та захист інформації; 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.
<b>Форма навчання</b>	Денна, заочно-дистанційна

### Викладачі

**Рожновський Михайло Васильович**  
[mihail.exp@gmail.com](mailto:mihail.exp@gmail.com)



Доцент кафедри радіоелектронних систем і технологій,  
кандидат технічних наук, доцент

### Загальна інформація про дисципліну

<b>Анотація до дисципліни</b>	<p>Дисципліна «Технології та проектування мереж мобільного зв'язку сучасних стандартів» має міждисциплінарний характер. Вона інтегрує, відповідно до свого предмету, знання з таких дисциплін: «Системи мобільного зв'язку», «Теорія електричних кіл та сигналів», «Технічна електродинаміка та поширення електромагнітних хвиль», «Схемотехніка пристроїв зв'язку», «Радіоприймальні та передавальні пристрої», «Анени та пристрої мікрохвильового тракту».</p> <p>Навчання спрямовано на:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) формування у здобувачів вищої освіти системного уявлення про актуальні безпроводові технології передачі даних, принципи побудови систем і мереж мобільного зв'язку, а також принципи їх роботи та методики проектування;</li></ol>
-------------------------------	---

	<p>2) розвиток умінь застосовувати базові знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів для проектування систем та мереж мобільного зв'язку;</p> <p>3) підвищення рівня комунікативної компетентності у сфері інформаційно-телекомунікаційних систем та мереж, зокрема в контексті обговорення проблемних питань з колегами, громадянами та іншими стейкхолдерами;</p> <p>4) мотивування на активну участь у процесі прийняття індивідуальних/групових рішень, відповідальність за якість прийнятих рішень та успішність їх реалізації в галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій.</p>
<b>Мета дисципліни</b>	<p>– формування системних знань та розвиток умінь щодо актуальних безпроводових технологій передачі даних, принципів побудови систем і мереж мобільного зв'язку, принципів їх роботи та методик проектування, перспективи подальшого розвитку безпроводових технологій передачі даних.</p>
<b>Компетентності, формуванню яких сприяє дисципліна</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</li> <li>– Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях .</li> <li>– Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</li> <li>– Здатність працювати в команді.</li> <li>– Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</li> <li>– Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.</li> <li>– Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.</li> <li>– Здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань.</li> <li>– Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.</li> <li>– Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.</li> <li>– Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, систем електронних комунікацій та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.</li> </ul>
<b>Результати навчання</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Знання теорій та методів фундаментальних та загально інженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у системах та мережах електронних комунікацій.</li> <li>– Вміння застосовувати базові знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у системах та мережах електронних комунікацій.</li> <li>– Вміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та</li> </ul>

	<p>практичних проблем у системах та мережах електронних комунікацій.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вміння проводити розрахунки елементів систем та мереж електронних комунікацій, інфокомунікаційних, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.</li> <li>– Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних систем електронних комунікацій, радіотехнічних систем та систем телевізійного і радіомовлення тощо.</li> <li>– Вміння використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків систем електронних комунікацій та радіотехнічних систем.</li> </ul>
<b>Обсяг дисципліни</b>	Загальний обсяг дисципліни: 6 кредитів ЄКТС (180 годин). Для денної форми навчання: лекції – 32 години, практичні заняття – 16 годин, лабораторні заняття – 16 годин, самостійна робота – 116 годин.
<b>Форма підсумкового контролю</b>	Залік
<b>Терміни викладання дисципліни</b>	Відповідно до розкладу занять вибіркового компонент освітньої програми

### Програма дисципліни

<b>Тема 1.</b>	<p><b><i>Тенденції розвитку мобільного зв'язку до 2030 р. і далі.</i></b></p> <p>Еволюція систем мобільних комунікацій. Чинники, що визначають розвиток мобільних комунікацій: нові застосунки, сервіси і бізнес; застосування методів і систем штучного інтелекту в МК; соціальна відповідальність і стійкість суспільства. Загальна концепція мереж 5G та 6G. Ключові показники ефективності мереж 5G та 6G.</p>
<b>Тема 2.</b>	<p><b><i>Третє покоління систем мобільного. Технології стандарту UMTS.</i></b></p> <p>Передумови створення UMTS. Структурна схема мережі UMTS. Мережа радіодоступу WCDMA UTRAN, основні елементи мережі, їх призначення. Спільне використання антен БС в стандарті UMTS. Основні технічні характеристики WCDMA UTRAN, особливості розділення каналів (DS-WCDMA-TDD). Радіоканали WCDMA UTRAN. Технологія HSPA (High Speed Packet Access). Технологія MIMO в UMTS. Застосування багатоантенних систем. Особливості реалізації технології MIMO. Основні аналітичні аспекти MIMO-систем. Аналіз пропускної здатності MIMO-систем. Аналіз залежності пропускної здатності MIMO-радіоканалу від відношення сигнал/шум.</p>
<b>Тема 3.</b>	<p><b><i>Четверте покоління систем мобільного. Технології стандарту LTE.</i></b></p> <p>Етапи розвитку широкосмугових систем безпроводового зв'язку. LTE/E-UTRAN – загальна характеристика. Структурна схема сучасної інтегрованої мережі мобільного зв'язку. Архітектура мережі LTE/E-UTRAN. Призначення функціональних блоків мережі радіодоступу LTE/E-UTRAN. Смуги частот, виділені для розгортання мереж LTE. Багатостанційний доступ в LTE (поняття</p>

	багатовимірної ортогональної модуляції, модуляція OFDM). Технології OFDMA і SC-FDMA в LTE. Передача даних в низхідному каналі зв'язку в стандарті LTE (мультиплексування з поділом по ортогональних частотах (OFDM), частотно-часова «решітка»). Передача даних у висхідному каналі зв'язку в стандарті LTE (структура SC-FDMA-сигналу). Особливості LTE Advanced.
<b>Тема 4.</b>	<p><b><i>Технології п'ятого та шостого покоління систем мобільного.</i></b></p> <p>Передумови створення мереж безпроводового доступу 5G та 6G; що таке мережі безпроводового доступу 5G та 6G?; очікуваний ефект від впровадження мереж безпроводового доступу 5G та 6G; архітектура мережі 5G; архітектури мережі 5G, що базується на SOA (мережеві сервіси 5G); особливості радіоінтерфейсу 5G; особливості розгортання мереж 5G; основні технології мережі радіодоступу 5G (надщільні мережі радіодоступу 5G; технологія Device-to-Device (D2D); технологія Machine-to-Machine (M2M); технологія Internet of Things (IoT); технологія Internet of Vehicles (IoV); технологія Multi-hop); MIMO-технологія в мережах радіодоступу 5G; адаптивна антена решітка з модулем штучного інтелекту; особливості структури мережі 6G (космічна мережа; повітряна мережа; наземна мережа; морська (підводна) мережа); переваги та недоліки мереж 5G та 6G; перспективи розвитку мереж 5G та 6G.</p>
<b>Тема 5.</b>	<p><b><i>Особливості проектування мереж радіодоступу сучасних стандартів.</i></b></p> <p>Загальні положення та визначення. Огляд сучасних програмних комплексів, що вирішують задачу проектування елементів мереж мобільного зв'язку. Алгоритм частотно-територіального планування (ЧТП) мереж мобільного зв'язку. Опис алгоритму ЧТП; вихідні дані, що необхідні для ЧТП. Поняття матриці електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів зв'язку; аналіз матриці електромагнітної сумісності. Проектування підсистеми радіодоступу сучасних широкосмугових систем мобільного зв'язку: особливості стандарту UMTS, що необхідно враховувати при проектуванні UTRAN; методика розрахунку ємності стільника при плануванні мережі UMTS; особливості проектування мереж радіодоступу E-UTRAN стандарту LTE; особливості розрахунку енергетичного бюджету радіолінії стандарту LTE; Оцінка зони радіопокриття БС і пропускної здатності для двох типів дуплексу — частотного (FDD) і часового (TDD). Особливості ЧТП в мережах E-UTRAN/LTE.</p>

## Список рекомендованих джерел

### Основна

1. Wen Tong, Peiying Zhu, "6G: The Next Horizon: From Connected People and Things to Connected Intelligence," Cambridge University Press, Includes index. ISBN: 1108839320, 2021. – 490 p.
2. Nathan Blaunstein, Christos G. Christodoulou "Radio propagation and adaptive antennas for wireless communication links," USA.: Includes index. ISBN-13: 978-0-471-25121-7, ISBN-10: 0-471-25121-6, TK7871.67. A33.B55 2007. – 614 p.
3. A. Mamta, R. Abhishek, S. Navrati, "Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, № 3, pp. 1617 – 1655, 2016.
4. Constantine A., "Balanis Modern antenna handbook," USA.: Includes index. ISBN 978-0-470-03634-1 (cloth) 1. Antennas (Electronics) I. Title. TK7871.6.B354 2008. – 1700 p.

## Додаткова

5. Rozhnovskiy M.V. Application of artificial intelligence method in adaptive antenna system / M.V. Rozhnovskiy, I. Yu. Rozhnovska // Radiotekhnika: All-Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection. – 2023. – issue 215. – P. 77 – 85. DOI:10.30837/rt.2023.4.215.08  
<http://rt.nure.ua/article/view/299759/292272>
6. Rozhnovskiy M. Analysis of machine learning methods for solving antenna technology problems / M. Rozhnovskiy, I. Rozhnovska, T. Moskalenko // Measuring and computing devices in technological processes. – 2024. – issue 2. – P. 217 – 225. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-26>  
<https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/339/313>
7. Rozhnovskiy M. Application of the artificial intelligence method to implement the «smart antenna» concept / Rozhnovskiy M., Rozhnovska I., Solohub O., Taranenko A. // V International scientific and practical conference «Modern strategies of global scientific solutions», December 27-29, 2023.: proc. of conf. – Stockholm, Sweden, 2023. – pp. 142 – 145.
8. Rozhnovskiy M.V. Application of machine learning method in massive MIMO antenna technologies / Rozhnovskiy M.V., Rozhnovskaya I. Yu. // Advanced Technology in Information and Communication Engineering: International Conference, July, 18, 2023.: proc. of conf. – Odesa, Ukraine, 2023. – pp. 98 – 101.
9. Рожновський М. В. Моделювання та аналіз явища завмирання сигналу на вході радіоприймача / М. В. Рожновський, Р. А Фокін // Цифрові технології. – 2017. – Вип. 22. – С. 52-55.
10. Рожновский М.В. Алгоритм проектирования сети радиодоступа системы стільникового зв'язку четвертого покоління /М.В. Рожновский, І.А. Дубина// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 2. – С. 194 – 197.

### Інформація про консультації

**Щовівторка** протягом навчального року з 12<sup>45</sup> до 14<sup>05</sup> год., ауд. 209 – доц. М. В. Рожновський

### Загальна схема оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Шкала ЄКТС	Оцінка за національною шкалою		Нарахування балів	Бали нараховуються таким чином:
		для іспиту	для заліку		
90-100	A	Відмінно	зараховано		<i>Оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється за 100-бальною шкалою і становить: за поточну успішність (участь у практичних заняттях, виконання практичних завдань та контрольних робіт) – до 60 балів, за результати екзамену – до 40 балів.</i>
82-89	B	Добре			
74-81	C				
64-73	D	Задовільно			
60-63	E				
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано з можливістю повторного складання		
0-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни		

### Політика опанування дисципліни

**Відвідування:** Здобувачі вищої освіти самостійно планують відвідування лекційних занять, що проводяться в межах дисципліни. Присутність на практичних заняттях та контрольних заходах (екзамен/залік) є обов'язковою. При проведенні занять в онлайн режимі, присутність здобувача враховується у разі відкритого вікна.

**Дотримання принципів академічної доброчесності:** Підготовка усіх завдань, письмових робіт і т. ін., що виконуються в межах дисципліни, здійснюється здобувачем вищої освіти самостійно, на засадах академічної доброчесності.

**Умови зарахування пропущених занять:** виконання практичних/лабораторних робіт може бути завершене протягом семестру до екзаменаційної сесії. Невчасно здані роботи передбачають усний захист.

**Інші умови:** Навчально-методичні матеріали дисципліни розміщені на платформі Moodle.