

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Ректор Міжнародного гуманітарного
університету д.ю.н., професор
Костянтин ГРОМОВЕНКО

«29» серпня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Назва освітньої програми Комп'ютерні мережі та Інтернет

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Одеса - 2025 рік

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних наук
протокол № 1 від 28.09.2025 року.

Розробники і викладачі	Контактний тел.	E-mail
доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук Соловська Ірина Миколаївна	050-598-05-58	i.solovskaya@mgu.edu.ua

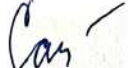
Завідувач кафедри комп'ютерних наук,
к.т.н., доцент

 Ірина СОЛОВСЬКА

Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент

 Денис РОЗЕНВАССЕР

Узгоджено
Начальник навчального відділу

 Лілія САЄНКО

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна/заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 6 Загальна кількість годин – 180	Галузь – 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» Спеціальність – 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»	обов'язкова	
		Рік підготовки:	
		4-й	5-й
		Семестр	
		7-й	9-й
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	Лекції	
		40/12 год.	
		Практичні, семінарські	
		40/12 год.	
		Лабораторні	
		-	
		Самостійна робота та індивідуальні завдання	
		100/156 год.	
		Вид контролю:	
		екзамен	

Дисципліна «Системи мобільного зв'язку» формує у здобувачів необхідний обсяг теоретичних і практичних знань про сучасні стандарти та технології систем мобільного зв'язку, принципи побудови та процедури функціонування систем та мереж мобільного зв'язку, алгоритми адміністрування та конфігурації обладнання та надання послуг.

Вивчення дисципліни забезпечує володіння знаннями щодо принципів побудови технологій та стандартів мереж мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G, базові процедури, які виконуються в мережах мобільного зв'язку, включно з алгоритмами встановлення з'єднань та надання послуг із забезпеченням гарантованої якості обслуговування. Знання, отримані при вивченні дисципліни «Системи мобільного зв'язку» дозволять бакалаврам виконувати аналіз та синтез архітектури мереж мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G, застосовуючи необхідні процедури взаємодії, включно з автентифікацією, авторизацією та білінгом в інформаційних технологіях, зокрема при розробці мобільних додатків, виконувати процедури адміністрування та конфігурації користувачів та обладнання мереж мобільного зв'язку.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Мета викладання дисципліни є формування знань та засвоєння базових понять систем мобільного зв'язку різних стандартів та технологій 2,5G-5G. Вивчення загальних принципів та методів застосування сучасної теорії систем мобільного зв'язку для проектування та подальшої експлуатації, а також використання сучасних хмарних технологій та принципів віртуалізації.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані студентом при вивченні, в тому числі і паралельному, навчальних дисциплін бакалаврської підготовки, таких як: «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту», «Теорія інформації та кодування», «Комп'ютерні мережі та Інтернет», «Системи комутації та розподілу інформації» та написанні випускної кваліфікаційної роботи.

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, використовуються при подальшому вивченні дисциплін бакалаврської підготовки, практики та написанні кваліфікаційної роботи.

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Системи мобільного зв'язку» формуються наступні компетентності із передбачених освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні мережі та Інтернет» зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка.

Інтегральна компетентність

ІК1. Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК-7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

ПК-3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

ПК-4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

ПК-5. 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.

ПК-8. Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.

ПК-9. Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.

ПК-10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

ПК-11. Здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань.

ПК-12. Здатність проводити роботи з керування потоками навантаження інформаційно-телекомунікаційних мереж.

ПК-15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Програмні результати навчання

ПРН 5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, 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.

ПРН 7. Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 8. Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 9. Вміння адміністрування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж.

ПРН 11. Вміння діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 13. Здатність до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів.

Заплановані результати навчання за навчальною дисципліною

Здобувачі повинні знати:

- основні принципи побудови технологій та стандартів систем мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G;
- принципи побудови радіоінтерфейсу та мережної архітектури мереж 2.5G-5G стандартів GSM, UMTS, технологій LTE, NR;
- базові процедури, які виконуються в мережах мобільного зв'язку 2.5G-5G різних технологій та стандартів;
- основні алгоритми встановлення з'єднань та протокольної взаємодії;
- процеси надання послуг та основні алгоритми аутентифікації, ідентифікації та білінгу;
- базові та додаткові реалізації технологій радіодоступу в мережі мобільного зв'язку, таких як Wi-Fi (IEEE 802.11ac/ad/ax), NFC, Bluetooth (IEEE 802.15x), ZigBee та інші.

Здобувачі повинні вміти:

- виконувати аналіз та синтез архітектури систем мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G ;
- застосовувати необхідні процедури взаємодії для мереж мобільного зв'язку 2.5G-5G та мереж радіодоступу Wi-Fi (IEEE 802.11ac/ad/ax), NFC, Bluetooth (IEEE 802.15x), ZigBee та інших;
- застосовувати потрібні процедури взаємодії, включно з автентифікацією, авторизацією та білінгом, зокрема в мобільних додатках;
- застосовувати отримані знання для створення типових процесів взаємодії в мережі мобільного зв'язку;
- вирішувати завдання адміністрування та конфігурації користувачів та обладнання мереж мобільного зв'язку;
- виконувати завдання технічного обслуговування та експлуатації обладнання мереж мобільного зв'язку;
- проєктувати архітектуру системи мобільного зв'язку для надання послуг із гарантованою якістю обслуговування.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Системи мобільного зв'язку 2,5G GSM/GPRS/EDGE

Існуюча архітектура системи мобільного зв'язку стандарту GSM/GPRS/EDGE. Радіоінтерфейс GSM. Тьохрівнева мережна архітектура системи мобільного зв'язку під керуванням *Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer* згідно 3GPP. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація (*Circuit core – MGW, MSS/VLR, MSS та Packet core – SGSN/GGSN, Service & Subscriber*), принципи взаємодії.

Бази даних HLR/AUC/VLR, принципи побудови, структура та склад даних. Процедури автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування в мережі мобільного зв'язку. Типові алгоритми процедур встановлення з'єднань в системах мобільного зв'язку. Ієрархічна структура мереж GSM (*International, National* та рівень *PLMN*). Мережна ідентифікація. Поняття та коди

Service Area - International GSM SA, National GSM SA (MCC, CC), PLMN SA (MNC, NDC, NCC). Поняття та коди Local Area (LAC, LAI), Cell (CI, CGI). Плани нумерації, формати кодів ідентифікації Local Area, та National&PLMN. Абонентська ідентифікація (IMSI, MSISDN, IMEI) згідно рек. ITU-T E.212, E.164.

Тема 2. Системи мобільного зв'язку 3G/UMTS

Системи мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Радіоінтерфейс UMTS (частотний діапазон, WCDMA). Номенклатура послуг 3G. Узагальнена архітектура мережі радіодоступу UTRAN/WCDMA, RNC, Node B, UE.

Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS. Взаємодія мережі Wi-Fi та UMTS в процедурах передавання даних.

Тема 3. Системи мобільного зв'язку 4G/LTE (LTE-A, LTE-Pro) та 5G/NR.

Системи мобільного зв'язку четвертого покоління 4G/LTE. Радіоінтерфейс LTE (частотний діапазон, LTE). Номенклатура та характеристики послуг 4G. Функціональна архітектура мережі LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE) згідно Rel.8-10. Інтерфейси та протоколи взаємодії.

Віртуалізація мережних функцій LTE на базі технології NFV та програмно-конфігурованої мережі SDN.

Номенклатура послуг 5G (послуги мобільного широкосмугового доступу eMBB, масивного машинного зв'язку mMTC, послуги медицини mHealth, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою URLLC). Технологія NR (Rel. 14). Архітектура мережі 5G/NR. Реалізація радіоінтерфейсу та побудова Mesh-мережі. Міжмашинна взаємодія M2M та взаємодія пристроїв D2D в мережі IoT. Принципи реалізації Network Slicing в мережі IoT.

Мережа IoT Інтернет речей та IoE. Архітектура та принципи побудови мережі IoT. Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT).

Тема 4. Проектування та експлуатація систем мобільного зв'язку.

Основна послідовність проектування. Вихідні дані, огляд структури існуючої мережі. Особливості вибору обладнання. Визначення конфігурації мережі, аналіз розподілу навантаження, визначення пропускної спроможності об'єктів мережі.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.
Тема 1. Системи мобільного зв'язку 2,5G GSM/GPRS/EDGE Існуюча архітектура системи мобільного зв'язку GSM/GPRS/EDGE. Тьохрівнева мережна архітектура системи мобільного зв'язку під керуванням Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer згідно 3GPP. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація (Circuit core – MGW,MSS/VLR, MSS та Packet core – SGSN/GGSN, Service & Subscriber), принципи взаємодії. Типові алгоритми процедур встановлення з'єднань в системах мобільного зв'язку. Ієрархічна структура мереж GSM (International, National та рівень PLMN). Мережна ідентифікація. Поняття та коди Service Area - International GSM SA, National GSM SA (MCC, CC), PLMN SA (MNC, NDC, NCC). Поняття та коди Local Area (LAC, LAI), Cell (CI,CGI). Плани нумерації, формати кодів ідентифікації Local Area, та National&PLMN. Абонентська ідентифікація (IMSI, MSISDN, IMEI) згідно рек. ITU-T E.212, E.164.	30	6	6		18	30	2	2		26
Тема 2. Системи мобільного зв'язку 3G/UMTS Системи мобільного зв'язку 3G/UMTS. Радіоінтерфейс UMTS (частотний діапазон, WCDMA). Номенклатура послуг 3G. Узагальнена архітектура мережі радіодоступу UTRAN/WCDMA, RNC, Node B, UE. Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS.	30	6	6		18	30	2	2		26
Тема 3. Системи мобільного зв'язку 4G/LTE (LTE-A, LTE-Pro) та 5G/NR. Системи мобільного зв'язку 4G/LTE.	40	8	8		24	40	2	2		36

Радіоінтерфейс LTE (частотний діапазон, LTE). Номенклатура та характеристики послуг 4G. Функціональна архітектура мережі LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE) згідно Rel.8-10. Інтерфейси та протоколи взаємодії. Віртуалізація мережних функцій LTE на базі технології NFV та програмно-конфігурованої мережі SDN. Номенклатура послуг 5G (послуги мобільного широкосмугового доступу eMBB, масивного машинного зв'язку mMTC, послуги медицини mHealth, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою URLLC). Технологія NR (Rel. 14). Реалізація радіоінтерфейсу та побудова Mesh-мережі. Принципи реалізації Network Slicing в мережі IoT.										
Тема 4. Мережа IoT Інтернет речей та IoE. Архітектура та принципи побудови мережі IoT. Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT). Міжмашинна взаємодія (M2M) і Інтернет речей у мережах 5G. Інтеграція мобільних пристроїв IoT з хмарними та Edge-обчисленнями в мережі 5G.	40	10	10		20	40	2	2		36
Тема 5. Проектування та експлуатація систем мобільного зв'язку. Основна послідовність проектування. Вихідні дані, огляд структури існуючої мережі. Особливості вибору обладнання. Визначення конфігурації мережі, аналіз розподілу навантаження, визначення пропускної спроможності об'єктів мережі мобільного зв'язку.	40	10	10		20	40	4	4		32
Усього годин	180	40	40		100	180	12	12		156
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ – ЕКЗАМЕН										

5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Сучасний стан технологічного розвитку мереж мобільного зв'язку в Україні (оператори, технології, абонентська база, ARPU).	2	
2	Вивчення ґоохрівневої мережної архітектури мобільного зв'язку під керуванням <i>Mobile Softswitch</i> .	2	2

3	Обладнання мереж мобільного зв'язку. Технічні характеристики.	2	
4	Бази даних HLR/AUC/VLR, принципи побудови, структура та склад даних.	2	2
5	Вивчення процедур автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування.	2	
6	Мережна ідентифікація. Поняття та коди. Плани нумерації, формати кодів ідентифікації.	2	2
7	Процеси встановлення з'єднання, вихідного <i>Outgoing call</i> та вхідного <i>Incoming call</i> .	2	
8	Системи мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Склад обладнання, протоколи взаємодії.	2	2
9	Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS.	2	
10	Взаємодія мережі Wi-Fi та UMTS в процедурах передавання даних.	2	
11	Функціональна архітектура мережі <i>LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE)</i> згідно <i>Rel.8-10</i> . Інтерфейси та протоколи взаємодії.	4	
12	Віртуалізація мережних функцій <i>LTE</i> на базі технології <i>NFV</i> та програмно-конфігурованої мережі <i>SDN</i> .	2	
13	Реалізація програмно-конфігурованої мережі <i>SDN</i> в мережі мобільного зв'язку.	2	2
14	Архітектура мережі 5G/NR на мережних функціях віртуалізації VNF.	2	2
15	Реалізація Network Slicing в мережі 5G/NR.	2	
16	Реалізація C-RAN та D-RAN на базі gNB.	2	
17	Інтернет речей. Мережа IoT.	2	
18	Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT).	2	
19	Міжмашинна взаємодія M2M та D2D пристроїв Інтернету речей IoT.	2	
	Всього	40	12

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів щодо вивчення дисципліни «Системи мобільного зв'язку» включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка до підсумкового контролю.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Системи мобільного зв'язку 2,5G GSM/GPRS/EDGE. Функції IN/CAMEL для CM3. Фази розвитку IN/CAMEL (2, 2+, 3). Архітектура мережі IN/CAMEL (SSP, SCP, CSE, SMP, SCE). Класифікація послуг IN/CAMEL – Basic service (FPH, UN, PRS, TV), Subscriber specific	18	26

	service (PPS, VPN, IN MOC, IN MTC, USSD). Структура та функціонування Call-center оператора мобільного зв'язку на базі комутаційної системи. Надання екстрених, сервісних та інформаційних послуг. Реалізація VoIVR.		
2	Тема 2. Системи мобільного зв'язку 3G/UMTS. Мобільна комерція (M-comm). Технологія NFC та загальні принципи функціонування мобільних платіжних систем.	18	26
3	Тема 3. Системи мобільного зв'язку 4G/LTE (LTE-A, LTE-Pro) та 5G/NR. Реалізація послуг Smart Parking, Tracking, Smart Street Lamps. Технології віртуальної VR, додаткової реальності AR та тактильних відчуттів TSN.	24	36
4	Тема 4. Мережа IoT Інтернет речей та IoE. MEC (Multi-access Edge Computing) у мережах 5G. Місце Edge-обчислень у сучасних IoT-екосистемах 5G. Огляд протоколів взаємодії для IoT у 5G-середовищі (MQTT, CoAP, HTTP/2). Контейнеризація та мікросервіси для Edge IoT.	20	36
4	Тема 5. Проектування та експлуатація систем мобільного зв'язку. Розробка ідентифікації в мережі LTE. Ідентифікатори абонентів UE ID (IMSI, GUTI, S-TMSI, IP-address/PDN address, C-RNTI, eNodeB UE S1AP ID, MME UE S1AP ID, Old UE X2AP ID, UE X2AP ID). Ідентифікатори мобільного обладнання ME ID (IMSI). Ідентифікатори мережного обладнання NE ID (GUMMEI, MMEI, Global eNodeB ID, eNodeB ID, ECGI, ECI, P-GW ID). Ідентифікатори місцезнаходження Location ID (TAI, TAC).	20	32
	Усього годин	100	156

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання варіантів завдань, проведення консультацій та відпрацювань, підсумковий контроль.	50%
підсумковий контроль , який здійснюється у ході проведення екзамену.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування, індивідуальне опитування, робота у групах, розв'язання задач і практичних завдань, екзамен
--	---

Питання до екзамену

1. Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку України. Технічні характеристики, технології та стандарти, номенклатура послуг.
2. Трьохрівнева архітектура MM3 під керуванням *Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer*.
3. Характеристики транспортного рівню та рівню доступу, призначення та характеристики підсистеми мобільних станцій *MSS* та підсистеми базових станцій *BSS*.
4. Характеристики рівня керування: підсистема комутації *SSS* та технічної експлуатації та

обслуговування *NMC/OSS*.

5. Характеристики рівню додатків: підсистема послуг *AS*.

6. Призначення та функції мобільної станції *MS (Eq + SIM)*, основні стани *MS (Idle, Active, Detach, Implicit Detach)* дані *SIM*-карти, функції обладнання підсистеми *BSS (BTS, BSC)*, інтерфейси та протоколи взаємодії.

7. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація. Рівень керування, функції обладнання підсистеми комутації (*Circuit core – MGW, MSC/VLR, MSW* та *Packet core – SGSN/GGSN*).

8. Призначення та функції реєстрів *HLR, VLR, AUC, EIR*.

9. Забезпечення пакетного режиму *GRPS (Packet core)*. Узагальнена архітектура накладеної мережі *GRPS*, вузли *SGSN* та *GGSN* взаємодія і інтерфейси.

10. Рівень додатків: підсистема послуг *AS (SMSC, DNS/DHCP, Charding, PCRF)*.

11. Функції технічної експлуатації та обслуговування *NMC/OSS*.

12. Ідентифікація в мережі мобільного зв'язку на рівнях: *International, National* та рівень *PLMN*. Коді країни (*MCC, CC*), мережі оператора *PLMN (MNC, NDC, NCC)*.

13. Поняття та коди місцезнаходження *Local Area (LAC, LAI), Cell (CI, CGI)*.

14. Ідентифікація абонентів *MM3 (IMSI, TMSI, MSISDN, IMEI)*, плани нумерації згідно рек. *ITU-T E.212, E.164*.

15. Процедури встановлення з'єднань в мережі мобільного зв'язку. Основні сценарії обслуговування викликів (*MS* в стані *IDLE, IMSI Attached*, оновлення місцеположення, *Network Roaming, Handover*).

16. Процес встановлення з'єднання, вихідного *Outgoing call* та вхідного *Incoming call*.

17. Процедури автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування в мережі мобільного зв'язку.

18. Мережі мобільного зв'язку третього покоління *3G/UMTS*. Особливості реалізації радіо інтерфейсу *UMTS*, номенклатура послуг *3G*.

19. Узагальнена архітектура мережі *3G/UMTS*, мережа радіодоступу *UTRAN/WCDMA* на базі *Node B* та *RNC*, особливості *UE (U-SIM)*.

20. Мобільна комерція (*M-comm*). Технологія *NFC* та загальні принципи функціонування мобільних платіжних систем.

21. Мережа мобільного зв'язку четвертого покоління *4G/LTE*. Особливості реалізації радіо інтерфейсу *LTE*, номенклатура послуг *4G*.

22. Функціональна архітектура мережі *LTE (E-UTRAN на базі eNodeB, Core Network - EPC, S-GW, MME, UPE)*. Інтерфейси *Rel.8,9 та 10*.

23. Ідентифікація в мережі *LTE*. Ідентифікатори абонентів *UE ID (IMSI, GUTI, S-TMSI, IP-address/PDN address, C-RNTI, eNodeB UE S1AP ID, MME UE S1AP ID, Old UE X2AP ID, UE X2AP ID)*. Ідентифікатори мобільного обладнання *ME ID (IMSI)*. Ідентифікатори мережного обладнання *NE ID (GUMMEI, MMEI, Global eNodeB ID, eNodeB ID, ECGI, ECI, P-GW ID)*. Ідентифікатори місцезнаходження *Location ID (TAI, TAC)*.

24. Перспективні мережі *5G*. Технологія *NR (Rel. 14)*.

25. Архітектура мережі *5G/NR* на мережних функціях віртуалізації *VNF*.

26. Реалізація *Network Slicing* в мережі *5G/NR*.

27. Технології та номенклатура послуг п'ятого покоління (послуги мобільного широкосмугового доступу *eMBB*, масивного машинного зв'язку *mMTC*, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою *URLLC*).

28. Реалізація послуг *Smart Parking, Tracking, Smart Street Lamps*.

29. Міжмашинна взаємодія *M2M* Інтернету речей *IoT*. Особливості реалізації для *MM3*.

30. Технології та номенклатура послуг перспективних мереж мобільного зв'язку. Технології віртуальної реальності та тактильних відчуттів TSN.

8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ З ПІДСУМКОВИМ КОНТРОЛЕМ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Денна форма навчання / Заочна форма навчання			
Поточний контроль			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	30
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Підготовка програмного матеріалу (тем, питань), що виноситься на самостійне вивчення	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР ¹ , перевірка конспектів навчальних текстів тощо	10
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т. ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	10
Разом балів за поточний контроль			50
Підсумковий контроль екзамен			50
Всього балів			100

Поточний контроль знань здобувачів при підсумковому контролі у формі екзамену (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;
- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переводу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;
- за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не

¹ Індивідуально-консультативна робота викладача зі студентами

менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

Критерії оцінювання підсумкового контролю у формі екзамену

Максимальна оцінка підсумкового контролю у формі екзамену не може перевищувати 50 балів. При цьому рівень знань оцінюється:

– **від 40 до 50 балів** – здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;

– **від 30 до 40 балів** – здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;

– **від 20 до 30 балів** – здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

– **від 10 до 20 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;

– **від 0 до 10 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (А)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (В)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (С)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Системи мобільного зв'язку: конспект лекцій для здобувачів, які навчаються за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2026. – 50 с.

2. Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Навчально-методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2026. – 25 с.

3. Системи мобільного зв'язку. Застосування засобів мобільного зв'язку [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Спеціальні системи електронних комунікацій» спец. 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Головін Ю.О. та інш. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 187 с.

4. Nikhil Kumar Marriwala, Vinod Kumar Shukla, Shruti Jain, Dinesh Kumar, Sunil Dhingra Mobile Radio Communications and 5G Networks Lecture Notes in Networks and Systems. Springer Singapore, 2025.

5. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Quality of Service (QoS) concept and architecture (3GPP TS 23.107 version 10.1.0 Release 10), 2015.

6. 3GPP TS 36.211. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 11). Valbonne, France: Sophia Antipolis, 2017.

7. LTE; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (3GPP TS 23.401 version 12.6.0 Release 12).

8. 3GPP TS 23.251 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Network Sharing; Architecture and functional description.

9. 3GPP TS 36.101 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.

10. 3GPP TS 23.401 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access.

11. Halonen T., Romero J., Melero J. GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTSю -2nd Edition. – John Wiley & Sons, 2017.

12. Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. 2nd edition. – Wiley, 2019. <https://www.amazon.com/LTE-UMTS-Evolution-Theory-Practice/dp/0470660252>

13. Taid, R. (2021). Mobile Communications Systems Development: A Practical Introduction to System Understanding, Implementation and Deployment. Wiley.

14. Jyrki T. J. Penttinen 5G Explained: Security and Deployment of Advanced Mobile Communications, Wiley, 2019.

15. Saad Asif 5G Mobile Communications, CRC Press, 2018.

16. Anwer Al-Dulaimi 5G Networks: Fundamental Requirements, Enabling Technologies, and Operations Management, WILEY, 2018.

17. Cornelia Kappler UMTS Networks and Beyond. [John Wiley & Sons Limited](https://www.amazon.com/John-Wiley-Sons-Limited/dp/1119999999), 2019.

18. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 2nd Edition, 2018. <https://www.amazon.com/4G-LTE-LTE-Advanced-Mobile-Broadband/dp/0124199852>

Допоміжна

19. Strelkovskaya I.V. LTE/MVNO networks structure optimization based on tensor decomposition / I.V. Strelkovskaya, I.N. Solovskaya // Information and telecommunication sciences. – July-December 2014. – V. 5, № 2(9). – P. 14-20.

20. Стрелковська І.В., Соловська І.М., Кордон Д.В. Визначення характеристик якості обслуговування трафіку в мережі LTE-Advanced. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. – 2021. – № 1 (01) – С. 35-51.

21. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Makoganiuk A. Forecasting 5G network multimedia traffic characteristics. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2020). February 25 – 29, 2020. Slavske. P. 982-987.

<https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235585>

22. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J., Makoganiuk A. Software implementation research of self-similar traffic characteristics of mobile communication networks. In: Klymash M., Beshley M., Luntovskyy A. (eds) Future Intent-Based Networking. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 831. Springer, Cham, 2021, pp. 288-304. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92435-5_17, ISBN 978-3-030-92433-1

23. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Spline-extrapolation of video traffic of IoT-devices based on various cubic splines. Problems of Infocommunications Science and Technology (PICS&T 2020). October 6-9, 2020. Kharkiv. P. 243-248. <https://doi.org/10.1109/PICST51311.2020.9467937>

24. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Comparison of methods for determining user coordinates in a Wi-Fi/Indoor network In: Information and Communication Technologies and Sustainable Development Advanced Approaches and Innovations in Up-to-Date Networks and Systems. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 2023. Cham. vol 809. Springer, Cham. pp 244–254.

25. Стрелковська І.В. Прогнозування мультимедійного трафіку пристроїв Інтернет речей IoT/5G / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська // Міжнародна науково-практична конференція «Європейський вибір України, розвиток науки та національна безпека в реаліях масштабної військової агресії та глобальних викликів ХХІ століття» (до 25-річчя Національного університету «Одеська юридична академія» та 175-річчя Одеської школи права): матеріали конф., Одеса, 17 червня 2022 р.: тези доп. – Одеса: НУ ОЮА, 2022. – С. 731-736. <http://dspace.onua.edu.ua/handle/11300/19774?locale-attribute=uk>

Інформаційні ресурси

26. Електронний каталог Національної парламентської бібліотеки України [політемат. база даних містить відом. про вітчизн. та зарубіж. кн., бр., що надходять у фонд НПБ України]. Київ: Нац. парлам. б-ка України. URL: catalogue.nplu.org

27. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського Київ: НБУВ, 2013-2023. URL: www.nbuv.gov.ua

28. <http://3gpp.org>

29. <http://www.itu.int/ITU-R>

30. <http://nokiasiemens.ua>

31. <http://www.in2eps.com/index.html>

32. www.ericsson.com