

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ І РАДІОДОСТУПУ НОВОГО ПОКОЛІННЯ»

Лектор курсу			Беркман Любов Наумівна , доктор технічних наук, професор кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій		Контактна інформація лектора (e-mail), сторінка курсу в Google Class	e-mail : l.berkman@duikt.edu.ua сторінка курсу в Google Workspace– https://classroom.google.com/c/ODY4NTM2ODUwMTI2?cjc=uvveota5	
Галузь знань			G Інженерія, виробництво та будівництво		Рівень вищої освіти	Магістр	
Спеціальність			G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка		Семестр	1	
Освітня програма			Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення		Тип дисципліни	Обов'язкова	
Обсяг:	Кредитів ECTS	Годин	За видами занять:				
			Лекцій	Семінарських занять	Практичних занять	Лабораторних занять	Самостійна підготовка
	5	150	36	-	36	-	78

АНОТАЦІЯ КУРСУ

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК У СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ

Освітні компоненти, які передують вивченню	Супутникові системи зв'язку і навігації, Технології та протоколи інфокомунікаційних мереж, Безпроводові телекомунікаційні мережі.
Освітні компоненти для яких є базовою	Мережі безпроводового широкосмугового доступу, Науково-дослідна практика, Науково-педагогічна практика, Переддипломна практика, Кваліфікаційна робота

Мета курсу:	формування у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти комплексних теоретичних знань, стратегічного мислення та практичних навичок у сфері державного регулювання, міжнародно-правового забезпечення та системного менеджменту національного радіочастотного спектра. Дисципліна спрямована на підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно розв'язувати складні управлінські задачі на стику технічних наук, юриспруденції та економіки в умовах цифровізації та європейської інтеграції. Ключовими результатами є: — глибоке засвоєння принципів державної політики у сфері електронних комунікацій; — оволодіння механізмами міжнародного розподілу та координації частот, національного планування, конверсії, ліцензування та моніторингу радіочастотного спектра; — набуття компетентностей для експертної діяльності в органах державного регулювання, телекомунікаційних компаніях та науково-дослідних установах. Курс забезпечує підготовку магістрів до прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо використання радіочастотного ресурсу та впровадження мереж радіодоступу нового покоління з дотриманням умов електромагнітної сумісності.
---------------------------	--

КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ.

Soft-skills / Загальні компетентності (ЗК)	Hard-skills / Фахові компетентності (ФК)
ЗК2 Здатність генерувати нові ідеї (креативність) в предметній області професійної діяльності. ЗК3 Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. ЗК6 Володіння навичками розробки математичних моделей систем і процесів, які максимально адекватно відображають їх роботу або функціонування в реальних умовах та їх оптимізації.	ФК2. Здатність до реалізації принципів системного підходу при проведенні досліджень процесів, що протікають в системах електронних комунікацій, інфокомунікаційних мережах, радіотехнічних системах, комплексах та пристроях. ФК4. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення задач забезпечення надійності, живучості, завадозахищеності, інформаційної безпеки та пропускну здатності систем електронних комунікацій, інфокомунікаційних мереж та радіотехнічних систем. ФК5. Здатність розробляти, вдосконалювати та використовувати сучасне програмне, апаратне та програмно-апаратне забезпечення систем електронних комунікацій, інфокомунікаційних мереж та радіотехнічних систем, комплексів, пристроїв, засобів. ФК8. Здатність розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі застосування новітніх технологій передавання, приймання і обробки інформації. ФК11. Володіння загальними принципами планування систем бездротового зв'язку, показники ефективності систем радіозв'язку та радіодоступу, та якості обслуговування їх користувачів. ФК12. Володіння основами мережевих технологій широкосмугового доступу, застосування цифрових методів передавання в системах абонентського доступу, основами технологій побудови систем доступу, модернізації та проектування ліній передачі систем доступу.
ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ (ПРН)	
ПРН3. Знати теоретичні основи, принципи побудови і функціонування сучасних та перспективних систем електронних комунікацій, інфокомунікаційних мереж та радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів. ПРН4. Знати і розуміти принципи та методи дослідження, проєктування, впровадження, експлуатації, модернізації сучасних та перспективних систем комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів за напрямком професійної діяльності. ПРН6. Вміти аналізувати напрями перспективного розвитку і новітні стандарти у сфері електронних комунікацій та радіотехніки; користуватися чинною нормативною базою та технічними регламентами глобальних інститутів стандартизації та галузевих технічних вимог з метою впровадження нових послуг телекомунікацій. ПРН7. Вміти оцінювати і локалізувати стан проблемної ситуації на етапах проєктування, впровадження, експлуатації, модернізації та дослідження сучасних та перспективних систем електронних комунікацій, інфокомунікаційних мереж, радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків. ПРН9. Вміти застосовувати комплексний підхід до вирішення задач забезпечення надійності, живучості, завадозахищеності, інформаційної безпеки та пропускну здатності телекомунікаційних та радіотехнічних систем.	

ПРН12. Планувати і виконувати наукові і прикладні дослідження у сфері електронних комунікацій та радіотехніки, обирати ефективні методи досліджень, аргументувати висновки, презентувати результати досліджень.

ПРН13. Володіти навичками розв'язання актуальних наукових задач в області електронних комунікацій та радіотехніки, застосовувати сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютерні методи та технології моделювання і обробки отриманих результатів за напрямком професійної діяльності, інтерпретувати результати досліджень, оцінювати їх адекватність та ефективність.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ВІДПОВІДНО ДО ОПП

Здобувач вищої освіти повинен продемонструвати такі результати навчання:

1. принципи побудови, архітектуру та функціональні рівні мереж NGN і 5G;
2. вимоги, сценарії використання (eMBB, URLLC, mMTC) та ключові технології систем радіодоступу п'ятого покоління;
3. архітектуру опорної мережі 5GC, транспортних мереж на базі IP/MPLS, принципи Network Slicing, SDN та NFV;
4. параметри та механізми забезпечення якості обслуговування (QoS/QoE) у мережах NGN і 5G;
5. особливості використання радіочастотного ресурсу, поширення радіохвиль та сучасні технології радіодоступу;
6. моделі надання послуг і перспективи розвитку мереж цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління (5G-Advanced, 6G).
7. аналізувати архітектуру мереж NGN/5G та визначати місце систем радіодоступу в їх структурі;
8. формулювати вимоги до мереж радіодоступу залежно від сценарію використання;
9. оцінювати вплив параметрів радіоканалу, транспортної та опорної мережі на показники якості обслуговування;
10. застосовувати знання про протоколи, MAC-рівень LTE/5G, агрегацію несучих, кешування трафіку та професійний мобільний радіозв'язок (PMR);
11. обґрунтовувати вибір технологічних рішень для побудови та модернізації систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління.

Після вивчення дисципліни здобувач вищої освіти володітиме навичками:

- ✓ системного аналізу процесів у мережах радіодоступу нового покоління;
- ✓ оцінки ефективності використання радіочастотного ресурсу та якості обслуговування;
- ✓ застосування сучасних підходів до проєктування, дослідження та оптимізації систем цифрового радіозв'язку.

Значення результатів навчання полягає у формуванні у здобувачів готовності до професійної діяльності в органах державного регулювання, телекомунікаційних операторів, науково-дослідних установах та інших організаціях, пов'язаних з ефективним управлінням радіочастотним ресурсом.

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ

Тема, опис теми	Вид заняття	Оцінювання за тему	Форми і методи навчання/питання до самостійної роботи
РОЗДІЛ 1 «Архітектура, протоколи та забезпечення якості обслуговування мереж NGN і 5G»			
Тема 1 Мережі та системи цифрового радіозв'язку нового покоління (NGN): принципи побудови та архітектура			
<u>Знати:</u> принципи організації та архітектуру мереж NGN, основні функціональні рівні NGN та їх призначення, відмінності NGN від традиційних мереж зв'язку, основні поняття та принципи організації цифрового радіозв'язку, структуру та функціональне призначення мереж нового покоління, основні компоненти систем радіодоступу, принципи взаємодії радіомережі доступу, транспортної та опорної мереж, основні етапи розвитку цифрових мереж радіозв'язку.			
<u>Вміти:</u> аналізувати архітектуру NGN стосовно систем радіодоступу, визначати місце радіомереж у загальній структурі NGN. визначати функціональні складові мережі цифрового радіозв'язку, порівнювати принципи побудови мереж різних поколінь, визначати взаємозв'язки між елементами мережі доступу та опорної мережі.			

<u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 1.1 Огляд базових принципів побудови мереж NGN як основи сучасних систем цифрового радіозв'язку та радіодоступу, їх призначення, структура й особливості функціонування. Аналізується багаторівнева архітектура NGN та її адаптація до вимог радіомереж нового покоління.	Лекція 1 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 1.2 Дослідження фізичного рівня LTE та еволюції технологій мобільного радіодоступу	Практичне заняття 1 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 2 Вимоги, сценарії використання та технологічні особливості мереж і систем радіодоступу п'ятого покоління (5G) <u>Знати:</u> Основні вимоги та показники: ключові технічні вимоги, показники якості, продуктивності та ефективності використання радіочастотного ресурсу в мережах 5G та системах радіодоступу нового покоління, сценарії використання: характеристики, призначення та сценарії застосування 5G (eMBB, URLLC, mMTC), технологічні основи: принципи підвищення пропускну здатності та надійності радіомереж, а також основні технології фізичного та радіодоступу 5G. <u>Вміти:</u> Формулювати та визначати вимоги: висувати вимоги до радіомереж 5G залежно від сценарію використання та типу послуги, аналізувати та порівнювати: аналізувати показники ефективності мереж 5G, порівнювати вимоги 5G з попередніми поколіннями та оцінювати технологічні рішення для різних сценаріїв застосування, оцінювати вплив параметрів: визначати вплив параметрів радіодоступу на якість обслуговування. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 2.1 вимоги до мереж п'ятого покоління (5G) та систем радіодоступу нового покоління: швидкість передавання даних, затримка, надійність, щільність підключених пристроїв та ефективність використання радіочастотного ресурсу. Огляд основних сценаріїв застосування: eMBB, URLLC, mMTC та технології їх реалізації, вплив певних вимог і параметрів радіодоступу на проєктування систем, показники якості та підсумковий рівень обслуговування (QoS/QoE).	Лекція 2 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 2.2 Дослідження механізмів синхронізації фізичного каналу та застосування технологій віртуалізації в мережах нового покоління	Практичне заняття 2 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Тема 3 Архітектура, мережеві компоненти та протоколи NGN і 5G у системах цифрового радіозв'язку <u>Знати:</u> Архітектуру та компоненти мереж: принципи побудови та функціональну структуру 5G RAN, 5G Core, а також призначення основних мережевих елементів NGN та 5G, стек протоколів та їх роль: структуру, рівні та принципи функціонування стеку TCP/IP, основні протоколи передавання даних у мережах нового покоління включаючи IP, UDP, TCP та їх роль у радіомережах, специфіку радіоканалу та взаємодії: особливості			

передачі IP-трафіку через радіоканал, принципи взаємодії радіодоступу з IP-транспортними мережами та механізми функціонування мережевих функцій у сучасних інфокомунікаціях.

Вміти: Аналізувати мережеву архітектуру: визначати функції основних елементів 5G-мережі та аналізувати проходження інформаційного потоку через усі рівні інфраструктури, оцінювати роль та взаємодію протоколів: визначати роль протоколів TCP/IP та NGN у системах радіодоступу, аналізувати їхню багаторівневу взаємодію та оцінювати зв'язок радіодоступу з IP-транспортною мережею, обґрунтовувати вибір рішень: обирати оптимальні протокольні стеки та технологічні рішення для реалізації різноманітних сценаріїв цифрового радіозв'язку.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 3.1 архітектурні принципи побудови інфокомунікаційних мереж нового покоління, функціональне призначення компонентів радіомереж доступу (5G RAN) та опорної мережі (5G Core). Аналіз стек протоколів TCP/IP (IP, UDP, TCP) як фундаментальна основа сучасних систем телекомунікацій, а також специфіка застосування протоколів NGN у системах цифрового радіозв'язку. Основні принципи взаємодії мережевих функцій, особливостям передачі даних через радіоканал і механізмам інтеграції систем радіодоступу з IP-транспортними мережами.	Лекція 3 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 3.2 Дослідження каналів управління низхідної лінії зв'язку та віртуалізації мереж радіодоступу нового покоління	Практичне заняття 3 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.

Тема 4 Концепція реалізації опорної та транспортної мережі 5G: архітектура 5GC, IP/MPLS та програмно-керовані технології

Знати: Опорну мережу 5G (5GC): архітектуру, призначення та принципи побудови ядра мережі, зокрема сервісно-орієнтовану концепцію (SBA) та механізми нарізання мережі (Network Slicing). Транспортні технології: призначення та принципи побудови транспортної мережі 5G, основи функціонування IP/MPLS, механізми маршрутизації та комутації пакетів, а також принципи Traffic Engineering. Сучасні парадигми управління: фундаментальні основи програмно-конфігурованих мереж (SDN) та віртуалізації мережевих функцій (NFV). Взаємодію складників: принципи та механізми взаємодії опорної і транспортної мереж із системами радіодоступу (RAN).

Вміти: Аналізувати структуру: проводити системний аналіз архітектури опорної (5GC) та транспортної мереж 5G, розбирати маршрути передавання інформаційного трафіку. Визначати взаємозв'язки: оцінювати місце та роль IP/MPLS у мережах нового покоління, а також формулювати вимоги до радіодоступу з боку опорної та транспортної інфраструктури. Оцінювати якість та параметри: аналізувати вплив характеристик і параметрів транспортної мережі на підсумкові показники якості обслуговування (QoS/QoE) та надання телекомунікаційних послуг.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 4.1 архітектурні принципи побудови, технології реалізації та функціональні особливості опорної 5G Core і транспортної інфраструктури сучасних мереж зв'язку. Сервісно-орієнтована архітектура (Service-Based Architecture, SBA), концепція нарізання мережі (Network Slicing), віртуалізація мережевих функцій (NFV) та програмно-конфігуровані мережі (SDN). Організація транспортної мережі, необхідної для передавання трафіку між елементами радіодоступу (RAN) та ядром: технологіям IP/MPLS, принципам IP-маршрутизації й комутації пакетів, а також інжинірингу трафіку (Traffic Engineering).	Лекція 4 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 4.2. Дослідження багатоантенних технологій та особливостей спільного використання мережевої інфраструктури мобільними операторами	Практичне заняття 4 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 5 Забезпечення якості обслуговування (QoS) в інфокомунікаційних мережах NGN, 5G та системах цифрового радіозв'язку <u>Знати:</u> Поняття та показники QoS: фундаментальні визначення, ключові параметри (пропускна здатність, затримка, джиттер, втрати пакетів, надійність) та класичні й сучасні методи їх оцінювання. Моделі та архітектури NGN/IP: базові механізми забезпечення якості у NGN та IP-мережах, включаючи архітектури IntServ та DiffServ. Механізми 5G та радіодоступу: сучасні підходи до управління якістю в 5G (ідентифікатори 5QI, Network Slicing) та специфіку забезпечення QoS безпосередньо в радіоканалі. Сервісні вимоги: принципи класифікації й пріоритезації трафіку, а також нормативні вимоги до QoS для різноманітних типів користувацьких послуг і сценаріїв 5G (eMBB, URLLC, mMTC). <u>Вміти:</u> Розраховувати та аналізувати параметри: визначати й оцінювати ключові показники QoS для різних типів трафіку, аналізуючи деструктивний вплив затримки, джиттера та втрат пакетів на підсумковий рівень обслуговування. Обирати й застосовувати механізми: здійснювати обґрунтований вибір та адаптацію механізмів класифікації, пріоритезації та забезпечення якості для систем цифрового радіозв'язку й NGN. Порівнювати та оцінювати вимоги: здійснювати порівняльний аналіз вимог до QoS залежно від сценарію використання (eMBB, URLLC, mMTC) та оцінювати загальну ефективність надання послуг у мережах 5G. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12 <u>Програмні результати навчання:</u> РН3, РН4, РН6, РН7, РН9, РН12, РН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 5.1 фундаментальні концепції, класичні моделі та сучасні підходи до забезпечення якості обслуговування (Quality of Service, QoS) в інфокомунікаційних мережах NGN, системах 5G та цифровому радіозв'язку нового покоління. Аналіз базових параметрів якості — пропускна здатність, затримка (latency), джиттер (jitter), втрати пакетів (packet loss) та надійність. Класична архітектура забезпечення якості в IP-мережах, такі як інтегровані послуги (IntServ) та диференційовані послуги (DiffServ), а також сучасні механізми 5G QoS (ідеологічні	Лекція 5 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування

концепції 5G QoS Identifier — 5QI, нарізання мережі — Network Slicing). Специфіка управління якістю, класифікації й пріоритезації трафіку безпосередньо в радіоканалі з урахуванням жорстких вимог ключових сценаріїв застосування (eMBB, URLLC, mMTC).			
Заняття 5.2 Дослідження впливу завад і затухання на якість радіосигналу та застосування технологій Big Data для аналізу мереж радіодоступу	Практичне заняття 5 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Модульний контроль «Архітектура, протоколи та забезпечення якості обслуговування мереж NGN і 5G»	Відповіді на запитання ТЕСТ	10 балів	Ввиконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
САМОСТІЙНА РОБОТА			
Сценарій URLLC та забезпечення наднадійного зв'язку з низькою затримкою <i>Механізми забезпечення наднизької затримки та високої надійності в 5G. Застосування URLLC у промисловості, медицині та транспорті.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: вимоги URLLC (затримка, надійність, доступність). Розглянути: технічні рішення (короткі пакети, дублювання, пріоритезація). Дослідити: приклади промислових і критичних застосувань URLLC. Зробити: аналіз впливу параметрів радіоканалу на показники URLLC.
Неназемні мережі NTN та супутниковий радіодоступ <i>Принципи інтеграції супутникових та наземних мереж зв'язку. Можливості використання NTN для забезпечення зв'язку у віддалених районах та розширення покриття мереж нового покоління.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: поняття NTN та основні типи супутникових систем зв'язку. Розглянути: взаємодію наземної мережі 5G із супутниковими системами. Дослідити: переваги NTN для забезпечення зв'язку у важкодоступних регіонах. Зробити: структурну схему інтегрованої наземної та супутникової мережі радіодоступу.
Застосування штучного інтелекту та машинного навчання в управлінні радіоресурсами 5G <i>Роль AI/ML у оптимізації роботи мереж радіодоступу, можливості використання AI/ML для оптимізації радіоресурсів, прогнозування навантаження та керування мережею. Застосування інтелектуальних алгоритмів у мережах 5G-Advanced та 6G.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: основні поняття AI/ML та напрями їх використання в телекомунікаційних мережах. Розглянути: застосування AI для прогнозування навантаження, оптимізації радіоресурсів та виявлення аномалій. Дослідити: приклади інтелектуального управління мережею радіодоступу. Зробити: схему використання AI/ML для автоматичної оптимізації параметрів мережі 5G.

Перспективні технології 6G та майбутнє цифрового радіозв'язку <i>Основні концепції та технологічні напрями розвитку систем 6G. Перспективи використання нових частотних діапазонів, AI-native мереж, інтегрованих наземних і супутникових систем та інтелектуального радіодоступу.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: основні концепції та очікувані характеристики мереж 6G. Розглянути: перспективні технології радіодоступу, нові частотні діапазони, AI-native мережі та інтегровані наземно-супутникові системи. Дослідити: основні відмінності між 5G-Advanced та перспективними системами 6G. Зробити: порівняльну таблицю 5G, 5G-Advanced та 6G і сформулювати основні перспективи розвитку цифрового радіозв'язку.
Хмарно-нативна опорна мережа 5G (Cloud-Native 5GC) <i>Принципи побудови опорної мережі 5G на базі мікросервісів і контейнерів. Роль віртуалізації мережевих функцій (NFV) і хмарних технологій.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: концепцію Cloud-Native і Service-Based Architecture. Розглянути: технології контейнеризації, оркестрації та CI/CD у 5GC. Дослідити: переваги хмарно-нативного підходу порівняно з традиційним. Зробити: схему основних мережевих функцій 5GC у хмарному середовищі.
Network Slicing як ключова технологія мереж 5G <i>Концепція мережевого слайсингу для створення логічно ізольованих мереж. Застосування слайсів для різних сценаріїв (eMBB, URLLC, mMTC).</i>	6 год	1 бал	Вивчити: архітектуру та принципи створення мережевих слайсів. Розглянути: механізми ізоляції ресурсів і управління життєвим циклом слайсу. Дослідити: приклади застосування Network Slicing у реальних мережах. Зробити: схему взаємодії слайсів з радіодоступом і опорною мережею
Edge Computing та його роль у мережах радіодоступу нового покоління <i>Принципи розміщення обчислювальних ресурсів на периферії мережі. Вплив edge computing на затримку, пропускну здатність та якість мультимедійних і IoT-послуг.</i>	6 год	1 бал	Вивчити: поняття edge computing, cloud computing та MEC. Розглянути: розміщення обчислювальних ресурсів на різних рівнях мережевої інфраструктури. Дослідити: вплив периферійних обчислень на затримку та якість обслуговування. Зробити: порівняльну схему передавання даних із використанням централізованої хмарної інфраструктури та edge computing.
РОЗДІЛ 2 «Радіочастотний ресурс, моделі послуг, транспортні технології та перспективи розвитку систем радіодоступу нового покоління»			

Тема 6 Радіочастотний ресурс, особливості поширення радіохвиль та технології радіодоступу мереж 5G

Знати: Частотні діапазони та специфіку поширення: основні частотні діапазони 5G (Sub-6 GHz, mmWave), особливості поширення радіохвиль у різних ділянках спектра та принципи ефективного використання радіочастотного ресурсу. Принципи планування: основи планування, розподілу та обслуговування частотно-часового ресурсу в сучасних системах радіодоступу. Ключові технології радіодоступу: принцип роботи модуляції OFDM, концепцію спектральної ефективності, а також принципи функціонування Massive MIMO та beamforming.

Вміти: Аналізувати частотний ресурс: оцінювати ефективність використання радіочастотного спектра та визначати безпосередній вплив ширини смуги частот на підсумкову пропускну здатність мережі. Оцінювати технологічні рішення: визначати вплив технологій Massive MIMO, beamforming та OFDM на характеристики радіоканалу, рівень сигналу й спектральну ефективність систем радіодоступу. Порівнювати частотні діапазони: здійснювати порівняльний аналіз можливостей Sub-6 GHz та mmWave, оцінюючи їхній вплив на покриття, ємність, затримку та загальні характеристики радіомережі.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 6.1 радіофізичні та технологічні засади функціонування систем радіодоступу 5G. Специфіка використання радіочастотного спектра, принципи його планування та ефективного розподілу, ключові частотні діапазони — від традиційних Sub-6 GHz до міліметрових хвиль (mmWave), а також особливості поширення радіохвиль у цих діапазонах. Сучасні технології підвищення спектральної ефективності та пропускну здатності: багаточастотній модуляції (OFDM), масивним багатоантенним системам (Massive MIMO) та технологіям адаптивного формування променя (beamforming).	Лекція 6 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 6.2 Дослідження механізмів мас-рівня LTE та технологій радіодоступу для інтернету речей (IOT)	Практичне заняття 6 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування

Тема 7 Сучасні моделі надання послуг систем цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління

Знати: Моделі надання послуг та бізнес-концепції: класичні та сучасні моделі сервісів у NGN і 5G, концепцію Network-as-a-Service (NaaS), особливості взаємодії на вертикальних ринках (B2B, B2C) та роль операторів радіозв'язку. Специфіку цифрових послуг: принципи реалізації мобільних мультимедійних сервісів, критично важливих послуг та особливості надання IoT-сервісів у мережах нового покоління. Обчислювальні архітектури: принципи інтеграції та функціонування хмарних (Cloud Computing) і периферійних (Edge Computing) обчислень. Вимоги та перспективи: нормативні вимоги різноманітних цифрових сервісів до параметрів мережі, а також перспективні напрями розвитку та застосування 5G.

Вміти: Аналізувати та визначати вимоги: формулювати мережеві вимоги для конкретних цифрових послуг та оцінювати відповідність сервісних параметрів реальним можливостям інфраструктури. Обґрунтовувати вибір рішень: обирати оптимальні сервісні моделі та технології радіодоступу відповідно до конкретного типу послуги та бізнес-сценарію. Оцінювати вплив обчислень: аналізувати вплив хмарних та периферійних обчислень (Edge/Cloud Computing) на ключові характеристики надання послуг (затримку, надійність, пропускну здатність).

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 7.1 сервісні та технологічні моделі надання мультимедійних, мобільних, IoT і критично важливих (Mission-Critical) послуг в інфокомунікаційних мережах нового покоління. Концепції B2B (Business-to-Business), B2C (Business-to-Consumer), модель «Мережа як послуга» (Network-as-a-Service, NaaS) та рольова функція операторів цифрового радіозв'язку на вертикальних ринках. Архітектурна взаємодія інфраструктури радіодоступу з хмарними Cloud Computing та периферійними обчисленнями (Multi-access Edge Computing, MEC) для забезпечення оптимальних характеристик цифрових сервісів і розгортання перспективних напрямів використання мереж 5G.	Лекція 7 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 7.2 Декодування прийнятого безпроводового сигналу технології LTE та інноваційні підходи до виділення і використання частотного спектра	Практичне заняття 7 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування

Тема 8 Транспортний рівень. Транспортні мережі MPLS у системах радіозв'язку нового покоління

Знати: Призначення транспортного рівня в NGN/5G; принципи роботи технології MPLS; застосування MPLS у транспортних мережах радіозв'язку.

Вміти: Аналізувати архітектуру транспортних мереж на базі MPLS; оцінювати можливості MPLS для забезпечення QoS у системах радіодоступу.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 8.1 Роль транспортного рівня в архітектурі мереж нового покоління. Вивчаються принципи роботи технологій MPLS та їх застосування для забезпечення якісного транспортування трафіку радіомереж.	Лекція 8 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 8.2 Дослідження MAC-рівня технології LTE та організація професійного мобільного радіозв'язку (PMR) на основі мереж стандарту LTE	Практичне заняття 8 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.

Тема 9 Мережі та системи цифрового радіозв'язку нового покоління: забезпечення стійкості та надійності функціонування в умовах обмежених ресурсів, зовнішніх впливів і складного електромагнітного середовища

Знати: принципи побудови, функціонування та основні характеристики мереж і систем цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління; сучасні технології цифрового радіозв'язку та радіодоступу, їхні можливості, обмеження та сфери застосування; основні принципи забезпечення стійкості, надійності, доступності та безперервності функціонування цифрових радіомереж; фактори, що впливають на функціонування радіомереж в умовах обмежених енергетичних, частотних, обчислювальних та мережевих ресурсів; основні види зовнішніх впливів і фактори складного електромагнітного середовища, що можуть призводити до погіршення характеристик та порушення функціонування радіомереж; принципи адаптивної зміни параметрів радіомереж залежно від умов функціонування та стану радіоканалу; сучасні підходи до підвищення завадостійкості, живучості та

відмовостійкості мереж цифрового радіозв'язку 5G/5G-Advanced; можливості застосування інтелектуальних технологій, автоматизованого управління та засобів штучного інтелекту для моніторингу й адаптації радіомереж; принципи інтеграції наземних і супутникових компонентів для підвищення надійності та доступності цифрового радіозв'язку; основні перспективи розвитку технологій цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління з урахуванням вимог до швидкості передачі даних, затримки, надійності, енергоефективності та стійкості; методи захисту й протидії зовнішнім впливам; особливості застосування Network Slicing, адаптивного керування радіоресурсами та інтелектуальних алгоритмів для підвищення стійкості мереж.

Вміти: аналізувати архітектуру та функціональні характеристики мереж і систем цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління в умовах обмежених ресурсів і складного електромагнітного середовища; визначати основні фактори, що впливають на стійкість і надійність функціонування радіомереж у складних умовах; оцінювати вплив обмежених ресурсів та складного електромагнітного середовища на якість і безперервність цифрового радіозв'язку; обґрунтовувати вибір технологій, архітектурних рішень і параметрів радіомереж з урахуванням заданих умов функціонування; застосовувати принципи адаптивного управління радіоресурсами для підтримання необхідної якості та надійності зв'язку; аналізувати та порівнювати підходи до забезпечення завадостійкості, живучості та відмовостійкості цифрових радіомереж; оцінювати доцільність використання наземних, супутникових та комбінованих рішень для забезпечення стійкого зв'язку; використовувати сучасні підходи до моніторингу стану радіомереж та адаптації їх параметрів до змін умов функціонування; оцінювати ефективність запропонованих рішень за показниками надійності, доступності, пропускну здатності, затримки та ефективності використання ресурсів; формувати та обґрунтовувати технічні рішення щодо побудови й адаптації стійких мереж цифрового радіозв'язку нового покоління в умовах невизначеності та складного електромагнітного середовища. Оцінювати ефективність запропонованих технічних і технологічних рішень за комплексними показниками: надійністю, доступністю, пропускну здатністю, рівнем затримки та ефективністю використання ресурсів.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК4, ФК5, ФК8, ФК11, ФК12

Програмні результати навчання: ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 9.1 Розглядаються принципи побудови та сучасні технології забезпечення стійкості, відмовостійкості мереж цифрового радіозв'язку нового покоління. Аналізується вплив обмежених ресурсів, зовнішніх впливів і складного електромагнітного середовища на надійність функціонування систем радіодоступу. Описуються методи моніторингу спектра, адаптивного управління радіоресурсами, підвищення завадостійкості та протидії зовнішнім впливам та перспективним напрямки розвитку мереж цифрового радіозв'язку та радіодоступу після 5G, включаючи 5G-Advanced, 6G, інтеграцію штучного інтелекту, інтелектуальне управління радіоресурсами та інтеграцію наземних і неназемних мереж.	Лекція 9 4 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 9.2 Дослідження впливу агрегації несучих, адаптивного управління радіоресурсами та кешування трафіку на стійкість і надійність мереж цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління в умовах обмежених ресурсів і перешкод.	Практичне заняття 9 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування

САМОСТІЙНА РОБОТА

Еволюція систем мобільного зв'язку від 4G до 5G і перспективи 6G <i>Розвиток технологій радіодоступу від LTE до 5G NR. Ключові напрями досліджень мереж шостого покоління.</i>	6 год	1 бали	Вивчити: основні відмінності архітектури та радіоінтерфейсу 4G і 5G. Розглянути: сценарії використання 5G та очікувані можливості 6G. Дослідити: дорожні карти розвитку 3GPP і ITU щодо майбутніх поколінь. Зробити: порівняльну таблицю характеристик 4G, 5G та прогнозованих параметрів 6G.
Архітектура мережі 5G та функціональне призначення її компонентів <i>Структури 5G RAN та 5G Core і функції основних мережевих елементів. Аналіз взаємодії радіодоступу, транспортної та опорної мереж.</i>	6 год	1 бали	Вивчити: основні компоненти 5G RAN, 5G Core та транспортної мережі. Розглянути: функціональне призначення базових станцій, мережевих функцій ядра та транспортної інфраструктури. Дослідити: проходження інформаційного потоку від користувачького обладнання до зовнішньої мережі. Зробити: структурну схему архітектури мережі 5G із зазначенням основних компонентів та їх функцій.
Концепція Open RAN (O-RAN) та відкриті архітектури радіодоступу <i>Принципи побудови Open RAN та відмінності від традиційної архітектури радіодоступу, відкрита архітектура радіодоступу та розділення функцій RAN. Переваги, виклики та перспективи впровадження O-RAN.</i>	6 год	1 бали	Вивчити: принципи відкритої архітектури RAN та інтерфейси O-RAN. Розглянути: роль RIC (RAN Intelligent Controller) та штучного інтелекту. Дослідити: стан впровадження O-RAN у світі та в Україні. Зробити: порівняння традиційної RAN і Open RAN за ключовими параметрами.
OFDM та його застосування в системах сучасного радіодоступу <i>Принцип роботи OFDM та причини його використання в сучасних бездротових системах. Вплив кількості піднесучих, ширини смуги та параметрів модуляції на характеристики передавання.</i>	6 год	1 бали	Вивчити: принцип формування OFDM-сигналу та поняття ортогональності піднесучих. Розглянути: структуру OFDM-символу, піднесучі, циклічний префікс та вплив багатопроменевого поширення. Дослідити: залежність пропускної здатності системи від кількості піднесучих та ширини смуги. Зробити: схему структури OFDM-сигналу та короткий аналіз його переваг і недоліків.
Технологія Massive MIMO та формування променів у системах радіодоступу 5G	6 год	1 бали	Вивчити: принципи роботи Massive MIMO та beamforming.

<i>Принципи роботи багатоантенних систем Massive MIMO. Вплив технології на спектральну ефективність і покриття мереж 5G.</i>			Розглянути: переваги та обмеження застосування у різних частотних діапазонах. Дослідити: приклади реалізації Massive MIMO в комерційних мережах. Зробити: стислий огляд впливу кількості антенних елементів на пропускну здатність.
Мобільні периферійні обчислення (MEC) у мережах 5G <i>Концепція Multi-access Edge Computing та її роль у зниженні затримки. Взаємодія MEC з радіодоступом і опорною мережею 5G.</i>	6 год	1 бали	Вивчити: архітектуру та основні функції платформи MEC. Розглянути: сценарії застосування MEC (автономний транспорт, AR/VR, промисловість). Дослідити: стандарти ETSI MEC та їх інтеграцію з 5G. Зробити: порівняння переваг централізованих хмарних рішень і MEC.

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мультимедійний проектор;

Комп'ютерний клас для проведення практичних занять.

Навчальні лабораторії №133, 101, 111. Призначення навчальних лабораторій:

1. Приймально-передавальні антени GSM 900

2. Мобільна базова платформа стандарту GSM 900/1800 компанії Ericsson у складі:

- Базова 4. Переносні приймально-передавальні пристрої станція RBS 2202, стійка передачі даних та радіорелейна лінія на базі двох PPC Mini-Link-E.

3. Мобільна базова платформа стандарту GSM 900/1800 компанії SIEMENS у складі:

- Блок транскодування та адаптації швидкості передачі (між MSC и BSC), контроллер базових станцій. BSC-68, базова станція (BTS) BS-240, радіоблоки Nokia Flexihopper 38D, Motorola TLKR T80.

4. Мобільна платформа 3-го покоління стандарту CDMA 2000 компанії ZTE.

Використання програмного забезпечення:

– Atol, MATLAB 2023 - пакет прикладних програм для вирішення завдань технічних обчислень, а також мова програмування;

– Cisco Packet Tracer - це багатофункціональна програма моделювання мереж, яка дозволяє експериментувати з поведінкою мережі і оцінювати можливі сценарії.

– Multisim – програмне забезпечення поромислового стандарту яке підтримує більше 2000 SPICE-моделей компонентів для моделювання і програмування схем аналогової і цифрової електроніки.

– Simulink – графічне середовище імітаційного моделювання динамічних систем;

– Mathcad 15 - система комп'ютерної алгебри орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, направлена виконувати, аналізувати інженерні розрахунки;

– Microsoft office 2023 - набір додатків, призначених для обробки електронної документації.

– Electronics Workbench - система схемотехнічного моделювання і аналізу електричних схем.

– P-CAD – система автоматизованого проектування печатних плат.

– GNU Octave - система для виконання математичних розрахунків, що надає інтерпретовану мову, багато в чому сумісну з Matlab. GNU Octave може використовуватися для розв'язування. лінійних, нелінійних та диференціальних рівнянь, обчислень з використанням комплексних чисел і матриць, візуалізації даних, проведення математичних експериментів.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язкові для ознайомлення джерела:

1. Шульга В.П., Беркман Л.Н., Руденко Н.В., Нестеренко К.С., Варфоломєєва О.Г., Хаб'юк Н.С. Сучасні методи передачі і обробки інформації в інфокомунікаційних мережах. Підручник. Київ.: ДУІКТ. - 2024. – 340 с.
2. Шульга В.П., Галаган Н.В., Беркман Л.Н., Нестеренко К.С. Варфоломєєва О.Г., Дакова Л.В., Голубенко О.І. Система управління інфокомунікаційними мережами на базі об'єктно-орієнтовного підходу. Монографія. Київ.: ДУІКТ. - 2025. – 380 с.
3. Галаган Н.В., Блаженний Н.В. Сучасні супутникові технології. Київ.: ДУІКТ. - 2025.- 82 с.
4. Шульга В.П., Галаган Н.В., Беркман Л.Н., Кравченко В.І., Власенко В.О., Ткаченко О.М. Методи оптимізації параметрів інфокомунікаційних систем та мереж. Підручник. Київ.: ДУІКТ. - 2025. – 440 с.
5. І. К. Нестеренко. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів та радіочастотний менеджмент. Частина І. Менеджмент електромагнітного спектра: навч. посіб. К.: ВІТІ, 2026. 127 с.

Додаткові для ознайомлення джерела:

1. Developing a method for receiving a multidimensional signal using high-order phase difference modulation in next-generation mobile networks. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(9 (135), 19–32. Halahan N., Berkman, L., Drobyk, O., Makarenko, A., Zavatskyi, V. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, ISSN 1729-3774 135(3), 25.06.2025. Scopus Q3.
2. Руденко Н. В., Дакова Л. В., Даков С. Ю., Пархоменко І. І., Блаженний Н. В. Дослідження мобільного ширококутового зв'язку із застосуванням штучного інтелекту. Науково-практичний журнал «Зв'язок». К.: ДУТ, 2023. № 2 (2023). С. 3 – 9. (DOI: 10.31673/2412-9070.2023.020309).
3. Перспективи використання БПЛА-ретрансляторів в інтегрованих TN та NTN-мережах. Яковець В. П., Макаренко А. О., Гринкевич Г. О., Хаб'юк Н. С. // Телекомунікаційні та інформаційні технології. - 2022. - №1. URL: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2022.013646>.
4. Застосування машинного навчання під час інтеграції супутникового та БПЛА-зв'язку. Яковець В. П., Макаренко А. О., Руденко Н. В., Скрипнік В. В. // Зв'язок. - 2023. - №1. URL: <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2023.010309>.
5. Руденко Н. В., Хаб'юк Н. С., Бойко О.В. Переваги та перспективи впровадження сучасних стільникових технологій п'ятого покоління в державі в умовах сьогодення. Науково-практичний журнал «Зв'язок». К.: ДУІКТ. №6, 2024. С. 17-24. (DOI: 10.31673/2412-9070.2024.069647).

<https://nkek.gov.ua/diialnist/sfery-diialnosti/radiochastotnyi-spektr>

<https://ips.ligazakon.net/document/JI00073A?an=2>

<https://cv.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/819518.html>

<https://studies.in.ua/inform-pravo-shporu/2210-pravove-regulyuvannya-vikoristannya-radochastot.html>

<https://ucrf.gov.ua/>

Електронна бібліотека ДУІКТ.

ПОЛІТИКА КУРСУ («ПРАВИЛА ГРИ»)

- Курс передбачає роботу в колективі.
- Середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики.
- Освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу.

- Самостійна робота включає в себе теоретичне вивчення питань, що стосуються тем лекційних занять, які не ввійшли в теоретичний курс, або ж були розглянуті коротко, їх поглиблена проробка за рекомендованою літературою.
- Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін.
- Якщо студент відсутній з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача.
- Під час роботи над завданнями не допустимо порушення академічної доброчесності: при використанні Інтернет ресурсів та інших джерел інформації студент повинен вказати джерело, використане в ході виконання завдання. У разі виявлення факту плагіату студент отримує за завдання 0 балів.
- Студент, який спізнився, вважається таким, що пропустив заняття з неповажної причини з виставленням 0 балів за заняття, і при цьому має право бути присутнім на занятті.
- За використання телефонів і комп'ютерних засобів без дозволу викладача, порушення дисципліни студент видаляється з заняття, за заняття отримує 0 балів.

КРИТЕРІЇ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Умовою допуску до підсумкового контролю є виконання всіх практичних робіт і виконання самостійних завдань, які передбачені структурою освітньої компоненти Дослідження операцій.

Якщо студента не допущено до складання заліку, як такого, що не виконав індивідуальний план, йому надається час до перескладання для виконання всіх вимог допуску. Студент має право на два перескладання. При повторному перескладанні заліку його у студента може приймати комісія, яка створюється директором ННІТ. Оцінка комісії є остаточною. У випадку отримання студентом 0 балів (неприйнятно), що тягне відрахування за невиконання навчального плану.

Оцінювання студентів здійснюється за накопичувальною 100-бальною системою і складається із двох основних оцінкових блоків і розподіляється в певних пропорціях 60 (бали *напрацьовані під час вивчення дисципліни – Поточний контроль*), 40 (*підсумкове оцінювання - Іспит*)

Форми контролю	Види навчальної роботи	Оцінювання
ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ	Виконання практичних робіт, робота на заняттях:	50 бали
	- присутність на заняттях (при пропусках занять з поважних причин допускається відпрацювання пройденого матеріалу)	за кожне відвідування 1 бал
	- участь у експрес-опитуванні	за кожну правильну відповідь 0,25 бала
	- доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни (оцінка залежить від повноти розкриття теми, якості інформації, самостійності та креативності матеріалу, якості презентації і доповіді), підготовка реферату	за кожну презентацію (реферат) максимум 3 бали
	- усне опитування, тестування, рішення практичних задач	за кожну правильну відповідь 0,5 бала
	- участь у навчальній дискусії, обговоренні ситуаційного завдання	за кожну правильну відповідь 2 бали
	- участь у діловій грі	кожну участь 1 бал
	Самостійна робота	8 балів
РУБІЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ (МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ)	Модульний контроль «Архітектура, протоколи та забезпечення якості обслуговування мереж NGN і 5G»	максимальна оцінка – 10 балів

ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ <i>Ispit</i>	Іспит проходить у письмовій (тест) формі.	40 балів	
Додаткова оцінка			
Види навчальної роботи		Оцінювання	
Участь у наукових конференціях, підготовка наукових публікацій за тематикою освітньої компоненти:			
- Тези доповіді на фаховій конференції		3 бали	
- Стаття у фаховому виданні		5 балів	
- Стаття в іноземному рецензованому виданні		10 балів	
Максимальна кількість додаткових балів, які можуть бути зараховані здобувачу освіти - 10 балів.			
ПІДСУМКОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНУ			
бали	Критерії оцінювання	Рівень компетентності	Оцінка /запис в екзаменаційній відомості
90-100	Студент демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Вміє реалізувати теоретичні положення дисципліни в практичних розрахунках, аналізувати та співставляти дані об’єктів діяльності фахівця на основі набутих з даної та суміжних дисциплін знань та умінь. Знає сучасні технології та методи розрахунків з даної дисципліни. За час навчання при проведенні практичних занять, при виконанні індивідуальних / контрольних завдань проявив вміння самостійно вирішувати поставлені завдання, активно включатись в дискусії, може відстоювати власну позицію в питаннях та рішеннях, що розглядаються. Зменшення 100-бальної оцінки може бути пов’язане з недостатнім розкриттям питань, що стосується дисципліни, яка вивчається, але виходить за рамки об’єму матеріалу, передбаченого робочою програмою, або студент проявляє невпевненість в тлумаченні теоретичних положень чи складних практичних завдань.	Високий Повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни. Власні пропозиції студента в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивченні питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.	Відмінно/Зараховано (А)
82-89	Студент демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною. Знає сучасні технології та методи розрахунків з даної дисципліни. За час навчання при проведенні практичних занять, при виконанні індивідуальних / контрольних	Достатній Забезпечує студенту самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при	Добре/Зараховано (В)

	завдань та поясненні прийнятих рішень, дає вичерпні пояснення.	вивчені дисципліни	
75-81	Студент в загальному добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати при вирішенні типових практичних завдань, але допускає окремі неточності. Вміє пояснити основні положення виконаних завдань та дати правильні відповіді при зміні результату при заданій зміні вихідних параметрів. Помилки у відповідях/ рішеннях/ розрахунках не є системними. Знає характеристики основних положень, що мають визначальне значення при проведенні практичних занять, при виконанні індивідуальних / контрольних завдань та поясненні прийнятих рішень, в межах дисципліни, що вивчається.	Достатній Конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають утруднення.	Добре/Зараховано (C)
64-74	Студент засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядалися з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.	Середній Забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни	Задовільно/Зараховано (D)
60-63	Студент має певні знання, передбачені в робочій програмі дисципліни, володіє основними положеннями, що вивчаються на рівні, який визначається як мінімально допустимий. З використанням основних теоретичних положень, студент з труднощами пояснює правила вирішення практичних/розрахункових завдань дисципліни. Виконання практичних / індивідуальних / контрольних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	Середній Є мінімально допустимим у всіх складових навчальної програми з дисципліни	Задовільно/Зараховано (E)
35-59	Студент може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни студент виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних робіт в більшості є невірними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у студента відсутня.	Низький Не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни	Незадовільно з можливістю повторного складання) / Не зараховано (FX) В залікову книжку не проставляється

1-34	Студент повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Студент не допущений до здачі екзамену/заліку.	Незадовільний Студент не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням / Не допущений (F) В залікову книжку не проставляється
------	---	--	--

ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України “Про освіту” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.18 року), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «КОДЕКС АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» від 14.08.2023 р., № 111. Відповідно до ст.42 Закону України “Про освіту” академічна доброчесність - це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

ПОЛІТИКА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Здобувач вищої освіти виконуючи самостійну або індивідуальну роботу повинен дотримуватись політики доброчесності. У разі наявності плагіату в будь яких видах робіт Здобувача, він отримує незадовільну оцінку і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у Силабусі.