

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МЕРЕЖЕВЕ ПЛАНУВАННЯ СИСТЕМ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ, РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОДОСТУПУ»

Лектор курсу			Борисенко Ірина Ігорівна , кандидат технічних наук, доцент кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій		Контактна інформація лектора (e-mail), сторінка курсу в Google Class	e-mail: : i.borysenko@duikt.edu.ua сторінка курсу в Google Workspace– https://classroom.google.com/c/ODc3OTI0MDcxNzM2?cjc=3ldfof6t	
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
	3	90	18	-	36	-	36

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, системного інженерного мислення та практичних компетентностей у сфері мережевого планування, проектування, побудови, оптимізації та експлуатації систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу, що функціонують на основі сучасних технологій мобільного, широкосмугового та спеціалізованого радіозв'язку. Дисципліна спрямована на підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно розв'язувати складні спеціалізовані задачі, пов'язані з плануванням і проектуванням мереж безпроводового доступу, розрахунком параметрів радіопокриття, оптимізацією використання радіочастотного спектра, забезпеченням необхідної якості обслуговування (QoS/QoE), високої пропускної здатності, електромагнітної сумісності та надійності функціонування мереж відповідно до сучасних вимог електронних комунікацій і міжнародних стандартів. Ключовими результатами є: 1. Глибоке засвоєння принципів побудови, функціонування та розвитку сучасних систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та мереж радіодоступу, включаючи технології LTE, 5G NR, Wi-Fi, IoT та перспективні мережі наступних поколінь; 2. Оволодіння методами мережевого планування, прогнозування зон радіопокриття, розрахунку бюджету радіолінії, оптимізації частотно-територіального планування, оцінювання ємності мереж, технічної експлуатації, моніторингу та оптимізації параметрів функціонування безпроводових систем; 3. Набуття компетентностей щодо застосування сучасних програмних засобів моделювання і планування радіомереж, управління мережевою інфраструктурою, забезпечення інформаційної безпеки, енергоефективності, електромагнітної сумісності та впровадження новітніх технологій безпроводового зв'язку. Курс забезпечує підготовку магістрів до професійної діяльності у сфері проектування, планування, експлуатації та модернізації систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу, прийняття технічно обґрунтованих інженерних рішень щодо впровадження сучасних технологій
---------------------------	--

	електронних комунікацій, підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу, покращення якості надання послуг безпроводового зв'язку та забезпечення сталого розвитку телекомунікаційних мереж.
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. ФК3. Здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також технічні підходи для оптимізації систем електронних комунікацій, інфокомунікаційних мереж і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу з метою отримання техніко-економічного виграшу. ФК4. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення задач забезпечення надійності, живучості, завадозахищеності, інформаційної безпеки та пропускнуої 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. ФК9. Здатність планувати і здійснювати дослідження з використанням сучасних експериментальних методів та інструментів, методів комп'ютерного моделювання, аналізувати результати досліджень, обґрунтовувати висновки і рекомендації.
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, проектування, 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 проектування, 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. Знати принципи побудови, архітектуру та особливості функціонування сучасних систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та мереж радіодоступу.
2. Знати міжнародні стандарти, рекомендації та нормативні вимоги щодо проектування, планування, експлуатації та розвитку систем безпроводового зв'язку.
3. Знати характеристики сучасних технологій радіодоступу (GSM, UMTS, LTE, 5G NR, Wi-Fi, IoT), їх переваги, обмеження та сфери практичного застосування.
4. Знати принципи організації радіоінтерфейсу, методи множинного доступу, модуляції, кодування, планування частотного ресурсу та управління радіоресурсами.
5. Знати методи розрахунку бюджету радіолінії, прогнозування зон радіопокриття, оцінювання ємності мережі, показників якості обслуговування (QoS) та якості сприйняття послуг (QoE).
6. Знати принципи забезпечення електромагнітної сумісності, інформаційної безпеки, надійності та енергоефективності систем безпроводового зв'язку.
7. Аналізувати структуру, архітектуру та технічні характеристики мереж безпроводового зв'язку відповідно до сучасних вимог електронних комунікацій.
8. Виконувати мережеве планування систем безпроводового зв'язку, обирати оптимальну топологію мережі, місця розташування базових станцій та параметри радіомережі залежно від технічного завдання й умов експлуатації.
9. Виконувати розрахунок зон радіопокриття, аналізувати параметри мережі, оцінювати рівень сигналу, пропускну здатність, завадостійкість та ефективність використання радіочастотного спектра.
10. Застосовувати сучасні методи моделювання, проектування, оптимізації, моніторингу та технічної експлуатації систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу із використанням спеціалізованих програмних засобів.
11. Обґрунтовувати вибір технічних рішень під час проектування, модернізації та розвитку мереж безпроводового зв'язку з урахуванням вимог до якості обслуговування, економічної ефективності, надійності, масштабованості та перспектив розвитку телекомунікаційних технологій.

Після вивчення дисципліни здобувач вищої освіти володітиме навичками:

1. системного аналізу структури та функціонування систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та мереж радіодоступу;
2. проектування, моделювання та розрахунку основних параметрів мереж безпроводового зв'язку;
3. планування радіомереж, прогнозування зон покриття, оцінювання ємності мережі та оптимізації використання радіочастотного ресурсу;
4. використання сучасних програмних засобів для моделювання, планування, моніторингу й оптимізації мереж безпроводового зв'язку;

5. оцінювання показників якості функціонування мереж, забезпечення електромагнітної сумісності, надійності, інформаційної безпеки та енергоефективності систем;
 6. прийняття інженерних рішень щодо проєктування, модернізації, оптимізації та розвитку сучасних систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу.

Значення результатів навчання полягає у формуванні у здобувачів вищої освіти професійних компетентностей, необхідних для проєктування, мережевого планування, технічної експлуатації, оптимізації та модернізації систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу, ефективного використання радіочастотного спектра, забезпечення високої якості електронних комунікаційних послуг, а також застосування сучасних технологій мобільного, широкосмугового та спеціалізованого радіозв'язку у діяльності операторів електронних комунікацій, проєктних, сервісних і науково-дослідних організацій.

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ

Тема, опис теми	Вид заняття	Оцінювання за тему	Форми і методи навчання/питання до самостійної роботи
-----------------	-------------	--------------------	---

РОЗДІЛ 1 «Теоретичні основи радіозв'язку та побудови безпроводових комунікаційних систем»

Тема 1. Архітектура та принципи побудови систем. Закони електромагнетизму та електромагнітні хвилі.

Знати: призначення та основні принципи побудови сучасних систем зв'язку й радіотехнічних систем. Основні види архітектур систем, їх структурні елементи, функції та принципи взаємодії. Основні поняття, закони та явища електромагнетизму. Характеристики електричного та магнітного полів, електромагнітної індукції та поширення електромагнітних хвиль. Основні параметри електромагнітних хвиль, їх взаємозв'язок із частотою, довжиною хвилі та швидкістю поширення. Принципи формування, поширення, відбиття, заломлення, дифракції та інтерференції електромагнітних хвиль.

Вміти: аналізувати архітектуру систем та визначати функції їх основних структурних компонентів. Визначати взаємозв'язки між елементами системи та принципи їх взаємодії. Застосовувати основні закони електромагнетизму для аналізу електромагнітних явищ і процесів. Розраховувати основні параметри електромагнітних хвиль та аналізувати умови їх поширення. Аналізувати вплив електромагнітних явищ на функціонування систем та оцінювати відповідність їх параметрів заданим технічним вимогам.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9

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

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 1.1 Історичний огляд розвитку систем радіозв'язку та комунікаційних систем. Рівняння електродинаміки та їх зв'язок із хвильовим рівнянням. Аналітичний розв'язок хвильового рівняння та його аналіз.	Лекція 1 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 1.2 Безпроводова мережа локального сегменту	Практичне заняття 1 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.

Тема 2. Загальні методи інженерних розрахунків мереж безпроводового зв'язку. Основи теорії кодування сигналів.

Знати: основні методи та етапи інженерних розрахунків мереж безпроводового зв'язку. Основні параметри та характеристики радіоканалів, принципи розрахунку енергетичного балансу, дальності зв'язку, пропускну здатності та якості передачі інформації. Основні поняття, принципи та методи теорії кодування сигналів. Види кодів, їх призначення, основні характеристики та принципи виявлення і виправлення помилок. Принципи застосування кодування для підвищення надійності та ефективності передачі інформації в мережах безпроводового зв'язку.

Вміти: виконувати інженерні розрахунки основних параметрів мереж безпроводового зв'язку. Розраховувати енергетичний баланс радіолінії, дальність зв'язку та основні характеристики радіоканалу. Оцінювати пропускну здатність і якість функціонування безпроводової мережі за заданими технічними параметрами. Застосовувати методи кодування сигналів для виявлення та виправлення помилок. Аналізувати ефективність застосування різних методів кодування залежно від умов передачі інформації.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9

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

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 2.1 Принцип радіозв'язку та класифікація електромагнітних хвиль. Моделі згасання електромагнітних хвиль. Моделі відбиття електромагнітних хвиль. Моделі дифракції електромагнітних хвиль. Аналіз впливу електричних параметрів навколоземної атмосфери на поширення електромагнітних хвиль. Загальні особливості функціонування сучасних мереж безпроводового зв'язку. Класифікація кодів. Код Грея, код 4B/5B, алгоритми скрамблювання.	Лекція 2 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 2.2 Глобальні безпроводові мережі	Практичне заняття 2 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування

Тема 3. Завадостійкі коди. Модуляція сигналів у системах безпроводового зв'язку.

Знати: основні принципи побудови та класифікацію завадостійких кодів, їх характеристики та сфери застосування в системах безпроводового зв'язку. Принципи виявлення та виправлення помилок, основні параметри блокових і згорткових кодів. Основні види аналогової та цифрової модуляції сигналів. Принципи формування сигналів із амплітудною, частотною, фазовою та квадратурною модуляцією. Основні характеристики модуляційних методів, їх вплив на швидкість передавання, спектральну ефективність та завадостійкість систем безпроводового зв'язку.

Вміти: визначати та аналізувати основні характеристики завадостійких кодів і оцінювати їх здатність до виявлення та виправлення помилок. Обирати метод кодування відповідно до заданих умов передавання інформації. Аналізувати принципи формування та демодуляції сигналів із різними видами модуляції. Розраховувати основні параметри модульованих сигналів, оцінювати їх спектральну ефективність і завадостійкість. Порівнювати різні методи модуляції та кодування за технічними характеристиками і визначати доцільність їх застосування в системах безпроводового зв'язку.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9

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

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 3.1 Основи завадостійкого кодування та параметри кодів. Коди Хеммінга. Циклічні коди. Сучасні методи кодування інформації. Основи теорії модуляції. Методи кодоімпульсної модуляції, які використовуються у радіоканалах безпроводових комп'ютерних мереж.	Лекція 3 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 3.2 Територіальне планування мережі LTE	Практичне заняття 3 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.

Тема 4. Інтеграція безпроводових, мобільних та інфраструктурних мереж

Знати: основні принципи інтеграції безпроводових, мобільних та інфраструктурних мереж. Архітектуру та функції основних компонентів інтегрованих мереж, принципи їх взаємодії та обміну даними. Технології та протоколи забезпечення взаємодії мереж різного типу. Принципи організації доступу, маршрутизації, мобільності та передавання даних між мережами. Основні вимоги до надійності, пропускну здатності, безпеки та якості обслуговування інтегрованих мереж.

<u>Вміти:</u> аналізувати архітектуру інтегрованих мереж та визначати функції їх основних компонентів. Організовувати взаємодію безпроводових, мобільних та інфраструктурних мереж з урахуванням технічних вимог. Визначати принципи маршрутизації та передавання даних між мережами різного типу. Аналізувати параметри та ефективність функціонування інтегрованої мережі. Виявляти потенційні проблеми взаємодії мереж і визначати способи їх усунення. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 4.1 Огляд технічних характеристик та стандартів сучасних безпроводових, мобільних та інфраструктурних мереж. Моделі поширення електромагнітних хвиль для радіомереж та алгоритми проектування.	Лекція 4 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 4.2. Кодування з коригуванням помилок.	Практичне заняття 4 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 5. Проектування та оптимізація безпроводових мереж Wi-Fi. <u>Знати:</u> принципи проектування безпроводових мереж Wi-Fi, стандарти та параметри IEEE 802.11, методи планування радіопокриття, вибору каналів і розміщення точок доступу, методи оцінювання пропускної здатності, ємності мережі та якості радіопокриття. <u>Вміти:</u> виконувати проектування та оптимізацію безпроводових мереж Wi-Fi, визначати параметри розміщення точок доступу та радіопокриття, обирати оптимальні частотні канали й ширину смуги, оцінювати пропускну здатність та ємність мережі, виявляти й усувати проблеми, пов'язані з радіоперешкодами та якістю безпроводового з'єднання. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 5.1 Оптимізаційні задачі при проектуванні безпроводових мереж WLAN IEEE 802.11. Проектування безпроводових мереж WLAN (indoor). Модель Multi-Wall Model, MWM. Алгоритм Site Finder Drop Algorithm, SFDA. Алгоритм Multicolor Ink Spot Algorithm, MCISA.	Лекція 5 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 5.2 Проектування цифрової мережі доступу. Визначити сумарне розрахункове навантаження мережі.	Практичне заняття 5 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Модульний контроль	Відповіді на запитання ТЕСТ	10 балів	Ввиконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
САМОСТІЙНА РОБОТА			
Архітектура сучасних систем безпроводового зв'язку та мереж радіодоступу <i>Поняття архітектури мереж безпроводового зв'язку. Основні елементи мереж GSM, UMTS, LTE, 5G NR та Wi-Fi. Функції базових станцій, транспортної мережі, ядра мережі та абонентських пристроїв. Особливості централізованої та розподіленої архітектури.</i>	2 год	1 бал	Вивчити: архітектуру сучасних систем безпроводового зв'язку та призначення їх основних елементів. Розглянути: особливості побудови мереж різних поколінь. Дослідити: вплив архітектури мережі на якість надання послуг.

			Зробити: порівняльний аналіз архітектур мереж LTE та 5G.
Етапи та методи мережевого планування систем безпроводового зв'язку <i>Основні етапи проєктування мереж. Формування технічного завдання. Вибір структури мережі. Планування зон покриття та ємності. Особливості планування міських, приміських і сільських мереж.</i>	2 год	1 бал	Вивчити: основні етапи мережевого планування. Розглянути: сучасні методи проєктування радіомереж. Дослідити: фактори, що впливають на вибір структури мережі. Зробити: аналіз алгоритму планування мережі мобільного зв'язку.
Моделі поширення радіохвиль та прогнозування зон покриття <i>Основні моделі поширення сигналів (Okumura-Hata, COST-231, Walfisch-Ikegami, ITU-R). Вплив рельєфу місцевості, забудови, рослинності та кліматичних умов на якість зв'язку.</i>	2 год	1 бал	Вивчити: моделі поширення радіохвиль. Розглянути: фактори, що впливають на рівень сигналу. Дослідити: методи прогнозування зон покриття. Зробити: порівняльний аналіз моделей поширення сигналів.
Планування базових станцій та стільникової структури мережі <i>Принципи формування стільникової структури. Макро-, мікро-, піко- та фемтосоти. Методи визначення місць встановлення базових станцій.</i>	2 год	1 бал	Вивчити: принципи побудови стільникових мереж. Розглянути: критерії вибору місць розташування базових станцій. Дослідити: вплив щільності розміщення базових станцій на якість зв'язку. Зробити: аналіз варіантів побудови стільникової мережі.
Планування та оптимізація використання радіочастотного спектра <i>Розподіл радіочастотного ресурсу. Частотне планування. Повторне використання частот. Джерела взаємних завад та способи їх усунення.</i>	2 год	1 бал	Вивчити: принципи використання радіочастотного спектра. Розглянути: методи частотного планування. Дослідити: вплив інтерференції на роботу мереж. Зробити: аналіз методів підвищення ефективності використання спектра.
Аналіз радіоканалів та сучасні моделі поширення сигналів <i>Особливості багатопроменевого поширення радіохвиль, швидких і повільних замирань, втрат проникнення сигналу всередину будівель та впливу навколишнього середовища. Сучасні моделі 3GPP, ITU-R, COST-231, WINNER II та моделі для мереж 5G і 6G.</i>	4 год	1 бал	Вивчити: фізичні процеси поширення радіосигналів у різних середовищах. Розглянути: сучасні статистичні моделі радіоканалів. Дослідити: вплив характеристик радіоканалу на планування мережі. Зробити: порівняльний аналіз моделей поширення сигналів для різних сценаріїв.
Математичні моделі планування мереж безпроводового зв'язку <i>Основи математичного моделювання телекомунікаційних систем. Оптимізаційні задачі розміщення базових станцій, покриття території та забезпечення максимальної пропускну здатності мережі. Використання графів, методів лінійного та нелінійного</i>	4 год	1 бал	Вивчити: математичні моделі планування мереж безпроводового зв'язку. Розглянути: критерії оптимізації покриття, ємності та вартості мережі. Дослідити: застосування алгоритмів оптимізації при розміщенні базових станцій.

програмування, евристичних алгоритмів і методів багатокритеріальної оптимізації під час мережевого планування.			Зробити: аналіз ефективності різних математичних моделей для задач мережевого планування.
--	--	--	--

РОЗДІЛ 2 «Проектування, експлуатація та перспективи розвитку мереж безпроводового зв'язку»

Тема 6. Проектування та оптимізація безпроводових мереж WiMAX.

Знати: принципи побудови та функціонування безпроводових мереж WiMAX, стандарти IEEE 802.16, структуру та параметри радіолінії, методи планування радіопокриття, оцінювання пропускної здатності, ємності мережі та ефективності використання радіоресурсів.

Вміти: виконувати проектування та оптимізацію безпроводових мереж WiMAX, визначати параметри радіолінії та зони покриття, оцінювати пропускну здатність і ємність мережі, обирати параметри радіоканалів та оптимізувати використання частотного ресурсу для забезпечення заданих характеристик мережі.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9

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

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 6.1 Типові конфігурації та оптимізаційні задачі при проектуванні безпроводових мереж IEEE 802.16 WiMAX. Проектування безпроводових мереж WiMAX (outdoor). Алгоритм та модель Height Map Model, HMM. Оптико-променеві алгоритми Ray Tracing, Ray Launching та Dominant Path Prediction. Приклади проектування безпроводових мереж у програмі CANDY Site Finder.	Лекція 6 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 6.2 Розрахунок оцінки вартості будівництва оптоволоконних ліній. Розрахунок вартості побудови мережі.	Практичне заняття 6 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування

Тема 7. Проектування та оптимізація безпроводових мереж WSN. Енергозберігаючі методи проектування безпроводових пікоммереж.

Знати: принципи побудови та функціонування безпроводових сенсорних мереж (WSN) і пікоммереж, особливості їх топології та організації взаємодії вузлів, методи оцінювання енергоспоживання, пропускної здатності та надійності мережі, основні енергозберігаючі методи проектування та оптимізації безпроводових мереж.

Вміти: виконувати проектування та оптимізацію WSN і безпроводових пікоммереж, визначати параметри топології та режими роботи вузлів, оцінювати енергоспоживання, пропускну здатність і тривалість роботи мережі, застосовувати енергозберігаючі методи для підвищення ефективності та часу функціонування безпроводових мереж.

Формування компетенцій: ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9

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

Рекомендовані джерела: 1-5

Заняття 7.1 Актуальність безпроводових сенсорних пікоммереж. Огляд наявних безпроводових сенсорних пікоммереж автоматизації. Методи відбору енергії Energy Harvesting та менеджменту енергоспоживання. Оптимізація розташування сенсорів. Оптимізація метода доступу до середовища. Оптимізація топології.	Лекція 7 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
---	-------------------	--	--

Заняття 7.2 Проектування безпроводових мереж WSN. Тестування мобільних додатків.	Практичне заняття 7 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Тема 8. Моделі поширення у радіотехнічних системах. Огляд засобів проектування безпроводових мереж. <u>Знати:</u> основні моделі поширення радіохвиль у безпроводових мережах, фактори впливу на характеристики радіоканалу, методи розрахунку втрат поширення та радіопокриття, принципи роботи програмних засобів проектування та моделювання безпроводових мереж. <u>Вміти:</u> обирати та застосовувати моделі поширення радіохвиль для оцінювання характеристик радіоканалу, виконувати розрахунок втрат поширення та зон радіопокриття, використовувати програмні засоби для проектування, моделювання та оптимізації безпроводових мереж, аналізувати результати моделювання та обґрунтовувати параметри мережі. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 8.1 Метод LEACH оптимізації вихідної топології пікомережі. Інтегрований метод проектування безпроводових пікомереж (Cross-Layered Design). Інтегрований метод проектування у системі EnOcean. Інтегрований метод проектування у системі Cool Sensonet. Подальші алгоритми оптимізації розташування сенсорів. Моніторинг безпроводових локальних мереж за допомогою програми NetStumler. Моніторинг та проектування безпроводових локальних мереж за допомогою програми Ekahau Site Survey. Проектування безпроводових мереж за допомогою програми aye communications WinProp. Проектування безпроводових та мобільних мереж за допомогою програми Radio Mobile Deluxe.	Лекція 8 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 8.2 Оцінювання показників якості та оптимізація параметрів радіомережі	Практичне заняття 8 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 9. Огляд функцій комбінованих мереж (математичні моделі безпроводових мереж) <u>Знати:</u> функції та принципи побудови комбінованих безпроводових мереж, основні типи математичних моделей безпроводових мереж, параметри та критерії оцінювання їх функціонування, методи моделювання взаємодії мережевих елементів і оцінювання продуктивності мережі. <u>Вміти:</u> формувати математичні моделі комбінованих безпроводових мереж, визначати основні параметри та характеристики мережі, застосовувати математичні моделі для оцінювання пропускну здатності, ємності, надійності та ефективності мережі, аналізувати результати моделювання та обґрунтовувати параметри функціонування комбінованих мереж. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК3, ЗК6, ФК2, ФК3, ФК4, ФК5, ФК9 <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН9, ПРН12, ПРН13 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-5			
Заняття 9.1 Вимоги до функцій та основні компоненти математичних моделей безпроводових мереж.	Лекція 9 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування

Заняття 9.2 Комп'ютерне моделювання та цифрове планування радіопокриття	Практичне заняття 9 4 год	5 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
САМОСТІЙНА РОБОТА			
Планування та оптимізація мереж Massive MIMO і Beamforming <i>Технології Massive MIMO та Beamforming як основа підвищення спектральної й енергетичної ефективності сучасних мереж LTE-Advanced Pro та 5G NR. Принципи побудови багатоканальних антенних систем, просторового мультиплексування, цифрового, аналогового та гібридного формування променя. Особливості планування мереж із використанням багатопроменевих антенних решіток, визначення оптимальних параметрів секторизації, кутів нахилу антен (Mechanical Tilt, Electrical Tilt), ширини діаграми спрямованості та азимутів секторів. Вплив Massive MIMO і Beamforming на зону покриття, пропускну здатність, міжкоміркову інтерференцію, енергоспоживання та якість обслуговування користувачів. Методи оцінювання ефективності використання антенних технологій у щільній міській забудові, приміських і сільських умовах.</i>	2 год	1 бали	Вивчити: принципи роботи технологій Massive MIMO, MU-MIMO та Beamforming, їх переваги й обмеження у сучасних системах радіодоступу. Розглянути: методи просторового мультиплексування, формування діаграм спрямованості, секторизації базових станцій та оптимізації параметрів антенних систем. Дослідити: вплив кількості антенних елементів, характеристик антен і алгоритмів Beamforming на радіопокриття, спектральну ефективність, ємність мережі та рівень міжкоміркових завад. Зробити: порівняльний аналіз ефективності традиційних антенних систем і технології Massive MIMO під час планування мереж LTE-Advanced Pro та 5G NR, обґрунтувати доцільність їх застосування для різних сценаріїв розгортання мереж.
Оптимізація радіопокриття та управління мобільністю абонентів <i>Методи оптимізації радіопокриття в системах безпроводового зв'язку. Аналіз зон недостатнього та надлишкового покриття, визначення проблемних ділянок мережі. Оптимізація висоти встановлення базових станцій, азимутів і кутів нахилу антен, потужності передавання та параметрів радіоінтерфейсу. Управління мобільністю абонентів, процедури Handover, вибір сусідніх комірок та оптимізація параметрів передачі обслуговування. Взаємозв'язок між покриттям, ємністю, якістю обслуговування та рівнем міжкоміркової інтерференції.</i>	2 год	1 бали	Вивчити: основні методи оптимізації радіопокриття та принципи управління мобільністю абонентів. Розглянути: параметри базових станцій і антенних систем, що впливають на якість покриття та процедури Handover. Дослідити: причини виникнення зон слабого сигналу, надлишкового покриття, Ping-Pong Handover та інших проблем мобільності. Зробити: аналіз параметрів радіомережі та розробити комплекс заходів щодо оптимізації покриття, зменшення інтерференції та підвищення стабільності обслуговування абонентів.
Моделювання та цифрове планування зон радіопокриття <i>Методи цифрового моделювання радіопокриття території під час проєктування систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу. Використання цифрових моделей рельєфу (DTM), цифрових моделей поверхні (DSM), геоінформаційних систем</i>	2 год	1 бали	Вивчити: принципи цифрового моделювання радіопокриття, структуру цифрових моделей рельєфу та поверхні, основні параметри, необхідні для побудови радіоплану.

(GIS) та картографічних даних для побудови радіопланів. Формування вхідних параметрів моделі: координати та висота базової станції, характеристики антен, азимут, механічний та електричний нахил, частота, потужність передавача, ширина смуги пропускання та параметри приймального обладнання. Побудова карт рівня сигналу, SINR, RSRP, RSRQ та інших показників якості радіомережі. Аналіз зон недостатнього та надлишкового покриття, визначення проблемних ділянок і пошук оптимальних місць розташування базових станцій. Верифікація результатів комп'ютерного моделювання за даними польових вимірювань та drive test. Застосування результатів моделювання для оптимізації конфігурації радіомереж LTE та 5G NR.			Розглянути: методи використання GIS-технологій і спеціалізованого програмного забезпечення для прогнозування рівня сигналу та якості радіопокриття. Дослідити: вплив висоти та характеристик антен, частоти, потужності передавання, рельєфу, забудови та інших факторів на результати моделювання радіомережі. Зробити: побудувати цифрову модель радіопокриття заданої території, виконати аналіз показників RSRP, RSRQ та SINR, визначити проблемні зони та запропонувати технічні рішення щодо оптимізації розташування базових станцій і параметрів радіомережі.
Техніко-економічне обґрунтування проєктування та розвитку мереж безпроводового зв'язку Принципи техніко-економічного аналізу проєктних рішень у системах безпроводового зв'язку. Визначення капітальних і експлуатаційних витрат (CAPEX та OPEX), оцінювання вартості обладнання, будівництва та модернізації мережі. Аналіз економічної ефективності різних варіантів розміщення базових станцій, вибору технологій радіодоступу, транспортних рішень та частотних ресурсів. Оцінювання терміну окупності, вартості володіння мережею (TCO), енергоефективності та масштабованості. Принципи вибору оптимального проєктного рішення за сукупністю технічних та економічних критеріїв.	4 год	1 бали	Вивчити: основні показники економічної ефективності проєктів мереж безпроводового зв'язку, структуру CAPEX, OPEX та TCO. Розглянути: методи порівняння альтернативних варіантів побудови, модернізації та розширення радіомереж. Дослідити: вплив кількості базових станцій, типу обладнання, транспортної інфраструктури та енергоспоживання на загальну вартість мережі. Зробити: техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта побудови або модернізації мережі безпроводового зв'язку з урахуванням технічних, економічних та експлуатаційних показників.
Забезпечення кібербезпеки та захисту інформації в системах безпроводового зв'язку Кібербезпека як складова мережевого планування та експлуатації сучасних систем безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу. Основні загрози конфіденційності, цілісності та доступності інформації в безпроводових мережах. Особливості захисту радіоінтерфейсу, мережевої інфраструктури, сигнального трафіку та користувачьких даних. Механізми взаємної автентифікації, авторизації,	4 год	1 бали	Вивчити: основні принципи кібербезпеки та захисту інформації в системах безпроводового зв'язку, радіозв'язку та радіодоступу; основні типи загроз і вразливостей сучасних мобільних та безпроводових мереж. Розглянути: механізми автентифікації, авторизації, шифрування, управління ключами та захисту сигнального обміну в мережах LTE та 5G NR; особливості захисту мереж IoT, приватних мереж та критичної інфраструктури. Дослідити: методи виявлення та протидії кібератакам, радіоелектронному подавленню, несанкціонованому

шифрування та управління ключами в системах LTE та 5G NR. Захист мережевих елементів, інтерфейсів взаємодії та віртуалізованої мережевої інфраструктури. Особливості забезпечення безпеки мереж IoT, приватних мереж 5G, критичної інформаційної інфраструктури та систем промислового радіозв'язку. Методи виявлення, локалізації та протидії несанкціонованому доступу, перехопленню, підміні та глушінню радіосигналів. Принципи врахування вимог кібербезпеки на етапах проєктування, мережевого планування, модернізації та технічної експлуатації систем безпроводового зв'язку.			доступу та перехопленню інформації; вплив вимог інформаційної безпеки на архітектуру та параметри мережевого планування. Зробити: порівняльний аналіз механізмів безпеки LTE та 5G NR, визначити основні переваги та потенційні вразливості кожної технології, а також сформулювати рекомендації щодо врахування вимог кібербезпеки під час проєктування та експлуатації сучасних систем безпроводового зв'язку.
Планування гетерогенних мереж (HetNet) та малих комірок (Small Cells) Гетерогенні мережі (HetNet) як сучасна концепція побудови мереж мобільного зв'язку. Архітектура та принципи функціонування макро-, мікро-, піко- та фемтосот. Особливості проєктування багаторівневих мереж радіодоступу, методи балансування навантаження між комірками, забезпечення безперервності обслуговування абонентів під час мобільності (Handover). Методи зменшення міжкоміркової інтерференції (ICIC, eICIC, CoMP), оптимізація покриття та підвищення спектральної ефективності мереж.	4 год	1 бали	Вивчити: архітектуру та принципи побудови гетерогенних мереж і мереж на основі малих комірок. Розглянути: особливості планування макро-, мікро-, піко- та фемтосот залежно від умов експлуатації. Дослідити: методи балансування навантаження, організації передачі обслуговування (Handover) та зменшення міжкоміркових завад. Зробити: порівняльний аналіз ефективності використання HetNet у міських, приміських та промислових зонах і обґрунтувати вибір оптимальної структури мережі.
МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ			
Мультимедійний проєктор; Комп'ютерний клас для проведення практичних занять. Навчальні лабораторії №133, 101, 111. Використання програмного забезпечення: - Atoll- це спеціалізоване, професійне програмне забезпечення, призначене для проєктування, планування та оптимізації бездротових і мобільних мереж зв'язку. - MATLAB – пакет прикладних програм для математичних розрахунків, аналізу та моделювання параметрів сигналів. - Simulink – графічне середовище для моделювання та дослідження динамічних систем, сигналів і функціональних блоків телекомунікаційних систем. - GNU Octave – програмне середовище для виконання математичних розрахунків, аналізу сигналів, побудови графіків та розв'язування інженерних задач. - Multisim – програмне забезпечення для схемотехнічного моделювання та аналізу аналогових і цифрових електронних схем. - Microsoft Office – набір програм для підготовки, оформлення та опрацювання навчальної, розрахункової та технічної документації. - Cisco Packet Tracer – програмне середовище моделювання комп'ютерних мереж, яке може використовуватися для дослідження мережевої інфраструктури та передачі даних. - Mathcad – програмне середовище для виконання інженерних розрахунків, аналізу параметрів мереж.			

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язкові для ознайомлення джерела:

1. Шульга В.П., Беркман Л.Н., Руденко Н.В., Нестеренко К.С., Варфоломеева 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. Варфоломеева 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.: ВПІ, 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 широкопasmового 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., Скрипник 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 кожную 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 кожную презентацію (реферат) максимум 3 бали	
	- усне опитування, тестування, рішення практичних задач	за кожную правильну відповідь 0,5 бала	
	- участь у навчальній дискусії, обговоренні ситуаційного завдання	за кожную правильну відповідь 2 бали	
	- участь у діловій грі	кожную участь 1 бал	
	Самостійна робота	8 балів	
РУБІЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ (МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ)	Модульний контроль	максимальна оцінка – 10 балів	
ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ Іспит	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 завдань та поясненні прийнятих рішень, дає вичерпні пояснення.	Достатній Забезпечує студенту самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при вивченні дисципліни	Добре/Зараховано (В)
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 (С)
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	Середній Є мінімально допустимим у всіх складових навчальної програми з дисципліни	Задовільно/Зараховано (Е)

	практичних / індивідуальних / контрольних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.		
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) <i>В залікову книжку не представляється</i>
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) <i>В залікову книжку не представляється</i>

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.