

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

Лектор курсу			Галаган Наталія Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент 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 Class – https://classroom.google.com/c/ODQwNjYwNTQ2 MjUy?cjc=izfoumyr	
Галузь знань			G Інженерія, виробництво та будівництво		Рівень вищої освіти		Доктор філософії	
Спеціальність			G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка		Семестр		1	
Освітня програма			Телекомунікаційні системи та мережі		Тип дисципліни		Вибіркова	
Обсяг:	Кредитів ECTS	Годин	За видами занять:					
	3	90	Лекцій	Семінарських занять	Практичних занять	Лабораторних занять	Самостійна підготовка	
			18	-	36	-	36	
АНОТАЦІЯ КУРСУ								
Взаємозв'язок у структурно-логічній схемі								
Освітні компоненти, які передують вивченню			Вища математика, Безпроводові телекомунікаційні мережі, Генерування цифрових модульованих сигналів, Основи теорії систем, Теорія передачі сигналів в інфокомунікаційних мережах.					
Освітні компоненти для яких є базовою			Методи оптимізації та управління ресурсами в бездротових мережах, Математичне моделювання та імітаційні методи в телекомунікаціях, Теорія та практика проєктування телекомунікаційних мереж, Архітектури та протоколи мереж радіодоступу, Програмно-конфігуровані мережі та віртуалізація мережевих функцій (SDN/NFV)					
Мета курсу:		Метою викладання дисципліни є формування у здобувачів третього рівня вищої освіти глибоких теоретичних знань і розвинених практичних компетентностей щодо системного, міждисциплінарного аналізу, проєктування, оптимізації та оцінювання ефективності мереж і систем цифрового радіозв'язку та радіодоступу нового покоління. Курс спрямований на опанування сучасних і перспективних архітектур, протоколів і технологій програмно-конфігурованими мережами, методів математичного моделювання, стохастичного аналізу. Особлива увага приділяється розвитку здатності до самостійних наукових досліджень, критичного аналізу наукових результатів, розроблення інноваційних технічних рішень і обґрунтування напрямів подальшого розвитку мереж радіозв'язку в умовах обмежених ресурсів, завад та вимог до якості обслуговування.						
Компетентності відповідно до освітньої програми.								
Soft- skills / Загальні компетентності (ЗК)					Hard-skills / Спеціальні компетентності (СК)			
ЗК2. Здатність працювати у науковій групі, розуміючи відповідальність за результати роботи, а також беручі до уваги бюджетні витрати та персональні зобов'язання. ЗК4. Здатність ефективно спілкуватися зі спеціальною та загальною аудиторіями, надавати інформацію у зручний та зрозумілий спосіб усно і письмово, використовуючи відповідну технічну лексику та методи. ЗК5. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.					СК1. Здатність проводити оригінальні наукові дослідження в області телекомунікацій та радіотехніки, отримувати нові наукові результати із використанням існуючого науково-методичного апарату. СК2. Здатність використовувати сучасне лабораторне обладнання та новітні технології при виконанні науково-практичних досліджень що відносяться до телекомунікацій та радіотехніки.			

ЗК6. Здатність до конструктивної взаємодії з представниками академічної та наукової спільноти, в тому числі і в міжнародному середовищі. ЗК7. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у закладах вищої освіти. ЗК8. Здатність якісного оволодіння, в практичній площині, масивом охоронних документів різних країн з метою виявлення серед них патенту на винахід чи відкриття аналогічне зробленому чи дослідженому. ЗК10. Здатність спілкуватися результативно в усній і письмовій формах з фахівцями та нефхівцями, здатність спілкуватися другою мовою. ЗК11. Здатність допомагати через викладання, наставництво та наочні приклади (демонстрацію).	СК3. Здатність аналізувати та інтерпретувати дані отримані при проведенні експериментів із дослідження методів підвищення пропускної здатності, завадостійкості, якості передавання та надійності функціонування систем передавання дискретних повідомлень у каналах зв'язку з постійними, змінними та випадковими параметрами та принципів побудови пристроїв і систем передавання інформації по радіо, оптичних і провідних каналах зв'язку СК5. Здатність до здійснення ефективного інформаційного пошуку, структурування інформації, кваліфікованої роботи з різними інформаційними ресурсами, формулювання науково-професійної проблеми, професійного користування програмно-обчислювальними комплексами, володіння спеціальним математичним апаратом що дозволяють досліджувати та проектувати рішення професійних проблем і практичних завдань галузі телекомунікацій та радіотехніки. СК6. Здатність впровадження новітніх інформаційних технологій при проектуванні перспективних та модернізації існуючих радіотехнічних та телекомунікаційних систем та мереж СК10. Здатність проектування нового обладнання та засобів телекомунікацій та радіотехніки. СК12.Здатність проектувати, обслуговувати, експлуатувати обладнання телекомунікації та радіотехніки; мати детальні знання спеціальної області дослідження в поєднанні зі знаннями загальної наукової складової. СК13. Здатність та вміння доцільно використовувати знання та ресурси доступні для дослідження в спеціальній телекомунікаційній області та суміжних областях, включаючи ті, що базуються на інформаційно-комунікаційних технологіях. СК14. Здатність впроваджувати теоретичні знання та дослідження в області телекомунікацій та радіотехніки в професійну практику. Вміння оцінити професійні знання практиків галузі для залучення їх до дослідницьких проектів.
Програмні результати навчання (ПР)	
ПРН5. Уміння читати оригінальну наукову літературу на іноземній мові, опрацьовувати та оформляти інформацію ПРН17. Уміння аналізувати та впроваджувати у власну діяльність теоретично обґрунтовані положення найсучаснішого педагогічного досвіду. ПРН18. Уміння аналізувати та приймати рішення щодо критеріїв якості навчання та діагностики знань. ПРН20. Уміння приймати обґрунтовані рішення, бути здатним їх оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. ПРН25. Уміння здійснювати огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, он-лайн ресурси. ПРН28. Уміння проводити моніторинг та управляти вузлами і пристроями у системах радіотехніки та телекомунікацій, включаючи спеціалізовану електроніку, системи збору даних та інше спеціалізоване обладнання. ПРН31. Уміння проектувати архітектуру інформаційно-телекомунікаційних систем та мереж, включаючи розрахунок функціональних параметрів систем гарантованої якості відповідно до стандартизованих інтерфейсів і протоколів за заданими параметрами надійності, живучості, якості функціонування та надання послуг. ПРН35. Уміння проводити випробування інформаційно-телекомунікаційних систем на відповідність вимогам вітчизняних та міжнародних (ITU-T, IEEE, ETSI) нормативних документів та нормативно-правових актів для інфокомунікаційних мереж та мереж підтримки. ПРН36. Уміння здійснювати модернізацію мережного обладнання за будь-якими мережними технологіями, включаючи мережі підтримки (управління, синхронізація, сигналізація, моніторинг, електроживлення тощо).	

ПРН37. Уміння проводити моніторинг стану функціонування телекомунікаційної мережі та забезпечення реалізації механізмів захисту та резервування інформаційно-телекомунікаційних систем.			
ПРН43. Уміння знань і розуміння поглибленого рівня у телекомунікації та радіотехніці, включаючи методики проведення експериментів; рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні національних та світових досягнень і направленим на їх розширення та поглиблення.			
ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ			
Тема, опис теми	Вид заняття	Оцінювання за тему	Форми і методи навчання/питання до самостійної роботи
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРА РАДІОІНТЕРФЕЙС ТА ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖ І СИСТЕМ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОДОСТУПУ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ.			
Тема 1. Технологічні та системні засади мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G NR) у контексті еволюції бездротових мереж Знати: сучасні концепції побудови та еволюції систем мобільного зв'язку п'ятого покоління відповідно до стандартів 3GPP (Release 16–18), архітектуру мереж 5G (NG-RAN, 5GC) та принципи функціонального розділення, особливості фізичного рівня та радіоінтерфейсу 5G NR, ключові виклики та наукові проблеми розвитку систем радіодоступу в умовах зростаючих вимог до пропускної здатності, затримки та енергоефективності. Вміти: виконувати системний і критичний аналіз технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління, інтерпретувати вимоги стандартів і сучасні наукові результати у сфері 5G, формулювати та обґрунтовувати наукові задачі з розвитку та оптимізації мереж радіодоступу, застосовувати отримані знання для планування та виконання власних наукових досліджень. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 Рекомендовані джерела: 1-9			
Заняття 1.1. Формування архітектури, принципів функціонування й технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління з акцентом на фізичний рівень, радіоінтерфейс, механізми доступу до радіоресурсів, наукові та інженерні виклики інтеграції 5G у перспективні мережі електронних комунікацій.	Лекція 1 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 1.2. Еволюція мобільного зв'язку: від LTE до 5G та перспективи подальшого розвитку бездротових систем	Практичне заняття 1 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 2. Системні, функціональні та експлуатаційні вимоги до мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G) Знати: класи сервісів 5G (eMBB, URLLC, mMTC) та відповідні технічні вимоги, ключові показники ефективності мереж 5G (KPI): пропускна здатність, затримка, надійність, щільність підключень, вимоги до архітектури мереж 5G з точки зору гнучкості, масштабованості та віртуалізації, вимоги до синхронізації, часової та частотної узгодженості в системах радіодоступу, сучасні виклики щодо безпеки, енергоефективності та стійкості мереж. Вміти: аналізувати відповідність архітектурних і технологічних рішень вимогам 5G, оцінювати вплив окремих вимог на проєктування фізичного та мережевого рівнів, застосовувати стандарти 3GPP для формування науково обґрунтованих висновків, формулювати дослідницькі задачі, пов'язані з оптимізацією мереж 5G під конкретні сервіси. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43			

<u>Рекомендовані джерела:</u> 1-9			
Заняття 2.1. глибокий аналіз та наукове осмислення вимог, що висуваються до мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління, з урахуванням показників якості обслуговування, масштабованості, віртуалізації, енергоефективності та готовності до подальшої еволюції бездротових систем..	Лекція 2 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 2.2. Аналіз технологій віртуалізації та хмарної інфраструктури в мережах мобільного зв'язку п'ятого покоління	Практичне заняття 2 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Тема 3. Ключові архітектурні рішення та перспективні технологічні компоненти мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G NR) <u>Знати:</u> ключові архітектурні принципи побудови мереж 5G, сучасні технологічні компоненти фізичного та мережевого рівнів 5G NR, роль віртуалізації та хмарних технологій у реалізації 5G, наукові та інженерні виклики впровадження перспективних рішень. <u>Вміти:</u> виконувати системний аналіз архітектурних рішень 5G, оцінювати ефективність технологічних компонентів з позицій KPI, інтерпретувати стандарти та результати наукових досліджень, формулювати наукові задачі з удосконалення архітектури та функцій мереж 5G. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-9			
Заняття 3.1. Архітектурні рішення мереж 5G, радіоінтерфейс та фізичний рівень, віртуалізація та програмна гнучкість, механізми управління та оптимізації, потенційні та перспективні компоненти.	Лекція 3 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 3.2. Віртуалізація мережі радіодоступу та хмарні архітектури в системах мобільного зв'язку п'ятого покоління	Практичне заняття 3 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 4. Концепція побудови та функціонування опорної (транспортної) мережі в системах мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G Core & Transport Network) <u>Знати:</u> принципи побудови опорної та транспортної мережі 5G, архітектуру та функціональні компоненти 5G Core, вимоги до синхронізації, пропускної здатності та надійності, сучасні моделі використання мережевої інфраструктури операторами. <u>Вміти:</u> аналізувати архітектурні рішення опорної мережі 5G, оцінювати вплив транспортної мережі на KPI 5G, формулювати наукові задачі з оптимізації ядра та транспортної інфраструктури, застосовувати результати аналізу для досліджень багатоантенних систем та RAN. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-9			
Заняття 4.1. Роль опорної мережі в архітектурі 5G, Архітектура ядра мережі 5G (5GC), Транспортна мережа 5G, Віртуалізація та програмна реалізація, Спільне та спеціалізоване використання інфраструктури, Перспективи розвитку	Лекція 4 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування

Заняття 4.2. Моделі спеціалізованого та спільного використання мережевої інфраструктури операторами мобільного зв'язку	Практичне заняття 4 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
САМОСТІЙНА РОБОТА			
ТЕМА 1. Еволюція архітектур мереж мобільного зв'язку від LTE до 5G NR та перспективи beyond 5G	4 год.	1 бал	1. Аналіз архітектурних рішень, протокольних змін і ключових науково-технічних викликів <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд з узагальненням архітектурних змін і формуванням власних науково обґрунтованих висновків. <u>Розглянути:</u> архітектуру мереж LTE та 5G NR (RAN, Core, Transport), принципи розділення площин керування та передачі даних, роль віртуалізації та сервісно-орієнтованої архітектури. <u>Вивчити:</u> еволюцію протоколів і функціональних інтерфейсів (3GPP), відмінності між EPC та 5G Core, сучасні вимоги до мереж нового покоління (eMBB, URLLC, mMTC). <u>Дослідити:</u> ключові науково-технічні виклики реалізації 5G, обмеження існуючих архітектур, перспективні напрями розвитку мереж beyond 5G / 6G.
ТЕМА 2. Вимоги до мереж 5G для різних класів сервісів (eMBB, URLLC, mMTC) та методи їх реалізації	4 год.	1 бал	2. Дослідження компромісів між пропускнуою здатністю, затримкою, надійністю та енергоефективністю. <u>Зробити:</u> підготувати аналітичну довідку або огляд з порівняльним аналізом вимог до мереж 5G для різних класів сервісів. <u>Розглянути:</u> характеристики сервісів eMBB, URLLC та mMTC, ключові показники ефективності (KPI) для кожного класу сервісів, архітектурні та протокольні механізми підтримки різних вимог. <u>Вивчити:</u> механізми управління ресурсами в 5G NR, роль QoS, network slicing та edge computing, стандартизовані вимоги 3GPP (Rel. 16–18). <u>Дослідити:</u> компроміси між пропускнуою здатністю, затримкою, надійністю та енергоефективністю, вплив вибору технологічних рішень на показники якості, перспективні підходи до оптимізації підтримки різних сервісів.

ТЕМА 3. <i>Ключові технологічні компоненти радіоінтерфейсу 5G та альтернативні підходи до його реалізації</i>	4 год.	1 бал	3. Порівняльний аналіз OFDM-похідних, неортогональних методів доступу та багатоантенних технологій. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд з порівняльною оцінкою технологічних рішень радіоінтерфейсу 5G. <u>Розглянути:</u> базові принципи радіоінтерфейсу 5G NR, OFDM-похідні сигнальні формати, неортогональні методи множинного доступу та багатоантенні системи. <u>Вивчити:</u> характеристики Massive MIMO та формування променя, вимоги до радіоінтерфейсу для FR1 і FR2, підходи, закладені в стандартах 3GPP. <u>Дослідити:</u> спектральну та енергетичну ефективність різних рішень, стійкість до завад, шумів і мобільності, перспективність альтернативних підходів для beyond 5G / 6G.
ТЕМА 4 <i>Принципи формування багатовимірних сигналів</i>	4 год.	1 бал	4. Принципи формування багатовимірних сигналів у сучасних системах цифрового радіозв'язку, що застосовуються для підвищення спектральної ефективності та завадостійкості. <u>Зробити:</u> підготувати стислий теоретико-аналітичний огляд із узагальненням основних підходів до формування багатовимірних сигналів. <u>Розглянути:</u> поняття багатовимірного сигналу у часовій, частотній та просторовій областях, використання багатовимірних сигналів у MIMO та OFDM-системах, взаємозв'язок сигналів і ресурсів радіоканалу. <u>Вивчити:</u> математичні моделі багатовимірних сигналів, методи модуляції та кодування в багатовимірному просторі, особливості реалізації в LTE та 5G NR. <u>Дослідити:</u> вплив багатовимірного сигналування на спектральну та енергетичну ефективність, стійкість до завад і багатопробного поширення, перспективи застосування багатовимірних сигналів у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 5 <i>Принципи побудови програмно конфігурованих мереж на базі технологій 5G</i>	4 год.	1 бал	5. Дослідження концепцій програмно-конфігурованих мереж у контексті 5G, що забезпечують гнучке управління, віртуалізацію функцій та адаптацію мереж до вимог різних сервісів. <u>Зробити:</u> підготувати стислий

			аналітичний огляд із висновками щодо переваг і обмежень програмно-конфігурованих мереж у 5G. <u>Розглянути:</u> архітектуру SDN/NFV у мережах 5G, взаємодію програмно-конфігурованих мереж з радіодоступом і ядром, роль контролерів і оркестрації мережевих функцій. <u>Вивчити:</u> принципи відокремлення площин керування та передачі даних, механізми автоматизації та управління ресурсами, сучасні підходи стандартизації (3GPP, ETSI). <u>Дослідити:</u> вплив програмно-конфігурованих мереж на QoS і QoE, масштабованість і надійність SDN/NFV-рішень, перспективи розвитку програмно-конфігурованих мереж у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 6. Опорна та транспортна мережа 5G: архітектурні рішення, віртуалізація та синхронізація	4 год.	1 бал	6. Аналіз архітектури опорної й транспортної мережі 5G з акцентом на віртуалізацію та механізми синхронізації, а також їх вплив на end-to-end показники якості обслуговування. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд із узагальненням ролі транспортної інфраструктури в забезпеченні QoS/QoE. <u>Розглянути:</u> архітектуру 5G Core та транспортної мережі (fronthaul, midhaul, backhaul), взаємодію NG-RAN з ядром мережі, вимоги до пропускної здатності, затримки та надійності. <u>Вивчити:</u> механізми синхронізації часу і частоти (PTP, SyncE), застосування SDN/NFV у транспортній мережі, стандартизовані підходи 3GPP та ETSI. <u>Дослідити:</u> вплив архітектурних рішень на end-to-end затримку та стабільність QoS, компроміси між централізацією та розподіленою обробкою, перспективи розвитку транспортних мереж у beyond 5G / 6G.
РОЗДІЛ 2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ І СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОДОСТУПУ НОВОГО ПОКОЛІННЯ			
Тема 5. Альтернативні та конкуруючі концепції радіоінтерфейсу для мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G NR) <u>Знати:</u> основні концепції та альтернативні підходи до побудови радіоінтерфейсу 5G, переваги та обмеження конкуруючих сигнальних форматів, критерії вибору радіоінтерфейсу в сучасних стандартах, роль великих даних і аналітики в оптимізації бездротових систем. <u>Вміти:</u> виконувати порівняльний аналіз конкуруючих рішень радіоінтерфейсу, оцінювати вплив завад, затухання та мобільності на якість сигналу, застосовувати методи обробки даних для аналізу радіоканалів, формулювати наукові задачі з удосконалення фізичного рівня 5G. <u>Формування компетенцій:</u> ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. <u>Програмні результати навчання:</u> ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 <u>Рекомендовані джерела:</u> 1-9			

Заняття 5.1.. Передумови формування конкуруючих радіоінтерфейсів, Кандидатні технології радіоінтерфейсу, Порівняльний аналіз рішень, Роль стандартизації, Дані та аналітика в оптимізації радіоінтерфейсу	Лекція 5 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 5.2. Використання великих даних та аналітичних методів у бездротових телекомунікаційних системах	Практичне заняття 5 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Тема 6. Частотні ресурси та спектральні аспекти функціонування мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G NR) Знати: принципи використання та управління частотним спектром у мережах 5G, характеристики частотних діапазонів FR1 і FR2, методи підвищення спектральної ефективності, вплив частотних аспектів на якість обслуговування та IoT-сервіси. Вміти: аналізувати ефективність використання спектра в мережах 5G, оцінювати вплив частотних рішень на показники QoS/QoE, застосовувати стандарти 3GPP для наукового аналізу, формулювати дослідницькі задачі з оптимізації частотного планування. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 Рекомендовані джерела: 1-9			
Заняття 6.1. Роль частотного спектра в забезпеченні якості обслуговування, частотні діапазони 5G, методи ефективного використання спектра, частотне планування та завадостійкість, частотні аспекти для масових IoT-застосувань,	Лекція 6 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 6.2. Інтернет речей як сервісно-орієнтований компонент мереж мобільного зв'язку нового покоління	Практичне заняття 6 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 7. Забезпечення та управління якістю обслуговування (Quality of Service, QoS) у мережах мобільного зв'язку п'ятого покоління Знати: теоретичні засади QoS та QoE у мережах 5G, механізми та інструменти забезпечення QoS у 5G NR, роль частотного спектра та управління ресурсами в QoS, сучасні наукові підходи до оптимізації якості обслуговування. Вміти: аналізувати ефективність механізмів QoS у мережах 5G, оцінювати вплив параметрів радіоканалу на якість сервісів, застосовувати стандарти 3GPP для формування наукових висновків, формулювати та обґрунтовувати наукові задачі з удосконалення QoS. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 Рекомендовані джерела: 1-9			
Заняття 7.1.. Поняття якості обслуговування в мережах 5G, механізми QoS у 5G NR, управління ресурсами для забезпечення QoS, частотний спектр і QoS, QoS як об'єкт наукових досліджень	Лекція 7 2 год		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування

Заняття 7.2. Інноваційні підходи до виділення та динамічного використання частотного спектра в мережах мобільного зв'язку	Практичне заняття 7 2 год	2 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування
Тема 8. Методи забезпечення та оцінювання якості обслуговування в інфокомунікаційних мережах нового покоління Знати: теоретичні та практичні засади QoS і QoE в інфокомунікаційних мережах, моделі та показники оцінювання якості обслуговування, механізми забезпечення QoS для професійних і критичних сервісів, сучасні наукові підходи до управління якістю в мережах нового покоління. Вміти: аналізувати та оцінювати якість обслуговування в складних інфокомунікаційних мережах, застосовувати стандарти 3GPP та ITU для дослідження QoS, формувати наукові задачі з оптимізації QoS для спеціалізованих сервісів, інтерпретувати експериментальні дані з позицій системного аналізу. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 Рекомендовані джерела: 1-9			
Заняття 8.1. Еволюція поняття якості обслуговування в інфокомунікаціях, моделі та показники якості обслуговування, механізми забезпечення QoS у мережах нового покоління, QoS для критичних та професійних сервісів, QoS як об'єкт наукових досліджень	Лекція 8		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 8.2. Організація професійного мобільного радіозв'язку на основі мереж LTE/5G для критичних сервісів	Практичне заняття 8 2 год	3 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь.
Тема 9.. Сучасні сервісно-орієнтовані та бізнес-моделі надання послуг у системах цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління Знати: сучасні моделі надання телекомунікаційних та інфокомунікаційних послуг, сервісно-орієнтовані архітектури мереж 5G, роль edge computing і кешування трафіку в нових сервісних моделях, економічні та технічні виклики реалізації нових моделей. Вміти: аналізувати ефективність різних моделей надання послуг, оцінювати вплив сервісних рішень на QoS/QoE, формувати наукові задачі з оптимізації сервісних архітектур, застосовувати системний підхід до дослідження інфокомунікаційних сервісів. Формування компетенцій: ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7, ЗК8, ЗК10, ЗК11, ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП6, ПП190, ПП12, ПП13, ПП14. Програмні результати навчання: ПРН5, ПРН17, ПРН18, ПРН20, ПРН25, ПРН28, ПРН31, ПРН35, ПРН36, ПРН37, ПРН43 Рекомендовані джерела: 1-9			
Заняття 9.1.. Еволюція моделей надання послуг, сервісні моделі в мережах 5G, моделі підтримки нових типів сервісів, управління трафіком і сервісною якістю, економічні та регуляторні аспекти	Лекція 9		Пояснювально-ілюстративний, лекція-візуалізація, бліц опитування
Заняття 9.2. Кешування трафіку та оптимізація доставки контенту в мережах радіодоступу нового покоління	Практичне заняття 9 2 год	3 бали	Усне опитування, виконання завдань на практичне застосування знань і вмінь, тестування.

САМОСТІЙНА РОБОТА

ТЕМА 7 <i>Частотні ресурси та спектральна ефективність у мережах радіодоступу нового покоління</i>	4 год	1 бал	7 7 Дослідження динамічного та спільного використання спектра, агрегації несучих і регуляторних аспектів. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд із висновками щодо ефективності використання частотного спектра в мережах 5G. <u>Розглянути:</u> частотні діапазони FR1 та FR2, принципи спектральної ефективності та її показники, взаємозв'язок спектра з QoS і пропускну здатністю. <u>Вивчити:</u> механізми агрегації несучих, підходи до динамічного та спільного використання спектра, регуляторні та стандартизаційні аспекти (3GPP, ITU). <u>Дослідити:</u> вплив спектральних рішень на продуктивність мережі, компроміси між гнучкістю, завадостійкістю та енергоефективністю, перспективи розвитку управління спектром у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 8 <i>Переваги фазорізнцевої модуляції високих порядків.</i>	4 год	1 бал	8. Аналіз фазорізнцевої модуляції високих порядків як ефективного методу підвищення швидкості передавання даних у сучасних системах цифрового радіозв'язку. <u>Зробити:</u> підготувати стислий теоретико-аналітичний огляд із формуванням узагальнених висновків. <u>Розглянути:</u> принципи фазорізнцевої (DPSK/QAM-based) модуляції, сузір'я модуляцій високих порядків, порівняння з амплітудною та фазовою модуляціями. <u>Вивчити:</u> вплив порядку модуляції на пропускну здатність і BER, вимоги до синхронізації та SNR, застосування високопорядкових модуляцій у LTE та 5G NR. <u>Дослідити:</u> компроміси між спектральною ефективністю та завадостійкістю, обмеження реалізації в реальних радіоканалах, перспективи використання високопорядкових модуляцій у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 9 <i>Принципи побудови мобільного зв'язку мереж LTE/5G в надзвичайних ситуаціях</i>	4 год	1 бал	9. аналізу принципів організації та функціонування мереж LTE/5G для забезпечення надійного, пріоритетного та безперервного зв'язку в умовах надзвичайних ситуацій. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд із висновками щодо ефективності

			використання LTE/5G для критичних комунікацій. <u>Розглянути:</u> вимоги до мобільного зв'язку в надзвичайних ситуаціях, архітектурні рішення LTE/5G для критичних сервісів, механізми пріоритизації та надійності. <u>Вивчити:</u> стандарти та профілі mission critical communications (MCX), механізми QoS і пріоритетного доступу, роль мобільних та тимчасових базових станцій. <u>Дослідити:</u> вплив мережових рішень на стійкість і відмовостійкість, обмеження існуючих підходів у кризових сценаріях, перспективи розвитку критичного мобільного зв'язку в beyond 5G / 6G.
ТЕМА 10 <i>Сервісно-орієнтовані моделі надання послуг у мережах нового покоління та роль edge computing</i>	4 год	1 бал	10. Аналіз network slicing, кешування трафіку та моделей монетизації сервісів. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд із формуванням власних висновків щодо ефективності сервісно-орієнтованих підходів. <u>Розглянути:</u> принципи сервісно-орієнтованої архітектури (SOA) в мережах 5G, взаємодію сервісного, мережевого та радіорівнів, типові сценарії використання edge computing. <u>Вивчити:</u> механізми розгортання та оркестрації сервісів на edge, вплив edge computing на QoS/QoE та затримку, стандарти та рекомендації 3GPP і ETSI MEC. <u>Дослідити:</u> ефективність розміщення сервісів поблизу користувача, компроміси між централізованою та розподіленою обробкою, перспективи розвитку сервісно-орієнтованих моделей у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 11 <i>Аналіз фізичного та MAC-рівнів LTE як референсної платформи для дослідження мереж 5G</i>	4 год	1 бал	11. Узагальнення результатів лабораторних досліджень та формування напрямів подальших наукових робіт. <u>Зробити:</u> підготувати стислий аналітичний огляд з узагальненням ролі RRU і MAC рівнів LTE у розвитку 5G. <u>Розглянути:</u> структуру фізичного та MAC-рівнів LTE, механізми доступу до радіоресурсів, подібності та відмінності між LTE та 5G NR. <u>Вивчити:</u> формування сигналів і кадрів LTE, алгоритми планування та управління ресурсами, принципи еволюції RRU/MAC рівнів. <u>Дослідити:</u> вплив параметрів RRU і MAC на пропускну здатність і затримку, обмеження LTE як референсної платформи, можливості перенесення рішень LTE у 5G.

ТЕМА 12 <i>Принципи побудови сигналу OFDM. Властивості та переваги сигналу.</i>	4 год	1 бал	12. дослідженню принципів формування сигналу OFDM, його властивостей та переваг як базової технології радіоінтерфейсів LTE і 5G. <u>Зробити:</u> підготувати стислий теоретичний огляд із поясненням ключових характеристик OFDM. <u>Розглянути:</u> математичні основи OFDM, ортогональність піднесучих, структура OFDM-кадру. <u>Вивчити:</u> механізми формування та демодуляції OFDM-сигналів, вплив циклічного префікса, переваги й недоліки OFDM. <u>Дослідити:</u> стійкість OFDM до багатопроменевого поширення, спектральну ефективність сигналу, можливості вдосконалення OFDM у beyond 5G / 6G.
ТЕМА 13 <i>Система управління мобільними мережами на базі системи TMN.</i>	4 год	1 бал	13. вивчення принципів управління мобільними мережами з використанням концепції TMN та її еволюції в сучасних мережах 4G/5G. <u>Зробити:</u> підготувати аналітичний огляд із висновками щодо ефективності систем управління мобільними мережами. <u>Розглянути:</u> архітектуру та рівні TMN, функціональні області управління мережею, взаємодію TMN з сучасними OSS/BSS. <u>Вивчити:</u> основні процеси управління конфігурацією, продуктивністю та відмовами, стандарти ITU-T та їх застосування, еволюцію систем управління в мережах 5G. <u>Дослідити:</u> обмеження традиційних підходів TMN, інтеграцію TMN з SDN/NFV, перспективи інтелектуального управління мережами.
МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ			
• Мультимедійний проектор; • Комп'ютерний клас для проведення практичних занять та лабораторних робіт; • Мережні маршрутизатори TP-Link 840N; • Мобільна базова платформа стандарту GSM 900/1800; • SIM808 GPRS/GSM модуль; • Програмне забезпечення MathCad; Cisco Packet Tracer; Microsoft Visio.			
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 НВ., 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. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. – 2nd Edition, Academic Press (Elsevier), 2020.
6. ITU-R Report BS. 2144-0(2009) Planning parameters and coverage for Digital Radio Mondiale (DRM) broadcasting at frequencies below 30 MHz.
7. Коваленко І. І., Литвиненко В. І. Комп'ютерний зір та обробка зображень : навчальний посібник. – Харків : ХНУРЕ, 2020.
8. Рекомендація МСЄ-R P.1147-4 Прогнозування напруги поля просторової хвилі на частотах між 150 и 1700 кГц.
9. Аналіз технічної специфікації 3GPP по стандартизації технічних вимогах до мережі радіодоступа NG-RAN 5G у діапазоні нижче 6 ГГц. Розглянуті в технічних специфікаціях і звітах:
 - 3GPP TS 38 101. NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception;
 - 3GPP TS 38 104. NR; Base station (BS) radio transmission and reception;
 - 3GPP TR 38 817-1 NR; General aspects for UE RF for NR;
 - 3GPP TR 38 817- 2 NR; General aspects for BS RF for NR;
 - 3GPP TR 38 813. NR; New frequency range for NR (3.3-4.2 GHz);
 - 3GPP TR 38 901. NR; Study on channel model for frequency from 0.5 to 100 GHz.

Додаткові для ознайомлення джерела:

1. Офіційна документація OpenCV (українські та англomовні матеріали спільноти)
<https://docs.opencv.org>
2. PyTorch Tutorials – приклади реалізації моделей комп'ютерного зору
<https://pytorch.org/tutorials>
3. TensorFlow Vision – бібліотека моделей для аналізу зображень і відео
<https://www.tensorflow.org/vision>
4. Papers with Code – сучасні алгоритми та відкриті реалізації з комп'ютерного зору
<https://paperswithcode.com>
5. Deep Learning for Computer Vision – навчальні матеріали та приклади проєктів
<https://cs231n.stanford.edu>
6. Open Data Portal України – відкриті набори даних для аналізу та навчання моделей
<https://data.gov.ua>
7. IEEE Xplore Digital Library – наукові статті з інтелектуальних систем і відеонагляду
<https://ieeexplore.ieee.org>
8. Zhang Z. *Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach*. – Springer, 2020
9. Gonzalez R. C., Woods R. E. *Digital Image Processing*. – 4th ed. – Pearson, 2018.
10. Szeliski R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. – 2nd ed. – Springer, 2022.
11. https://learn.milestonesys.com/home_elearning.htm?tocpath=eLearning%20Courses%7C0 - навчальні матеріали від Milestone.
11. 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.

КРИТЕРІЙ 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 екзамену його у студента може приймати комісія, яка створюється директором ННІТ. Оцінка комісії є остаточною. У випадку отримання студентом 0 балів (неприйнятно), що тягне відрядування 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 - Екзамен)

Форми контролю	Види навчальної роботи	Оцінювання
ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ	• Виконання практичних робіт	52 бали
	• Самостійна робота	8 балів
ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ <i>Залік</i>	Залік проходить у письмовій 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	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,	Відмінно / Зараховано (А)

	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.	які він отримав при вивченні інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивченні питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.	
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 (B)
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 представляється

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 проставляється</i>
--------------------	--	--	--