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

Лектор курсу			**Макаренко Анатолій Олександрович**, професор каф. Мобільних та відеоінформаційних технологій		**Контактна інформація лектора (e-mail), сторінка курсу в Moodle**	**e-mail:** makarenkoa@ukr.net; **сторінка курсу в Moodle –** http://dl.dut.edu.ua/course/view.php?id=1941	
Галузь знань			17 – Електроніка та телекомунікації		**Рівень вищої освіти**	доктор філософії	
Спеціальність			172 – Електронні комунікації та радіотехніка		**Семестр**	1	
Освітня програма			Апаратура радіозв'язку, радіомовлення та телебачення		**Тип дисципліни**	Вибіркова	
Обсяг:	Кредитів ECTS	Годин	За видами занять:				
			Лекцій	Семінарських занять	Практичних занять	Лабораторних занять	Самостійна підготовка
	5	150	18	-	18	18	96

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Мета курсу:	Метою викладання дисципліни є отримання теоретичних знань і практичних навичок щодо системного погляду на побудову і функціонування мереж та систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління.

Компетентності відповідно до освітньої програми

Soft-skills / Загальні компетентності	**Hard-skills / Спеціальні компетентності**
ЗК1. Компетентності ініціювати та виконувати (індивідуально або в науковій групі) наукові дослідження, що приводять до отримання нових знань та наукових результатів. **ЗК3.** Потенціал креативності у генеруванні ідей та досягнення наукових цілей. **ЗК5.** Абстрактне обґрунтування та моделювання задачі. Здатність визначати відповідні задачі та окреслювати їх таким чином, щоб просувати та трансформувати наукові знання та розуміння.	**СК1.** Дослідницькі здатності в області телекомунікацій та радіотехніки. Компетентність виконувати оригінальні дослідження в області телекомунікацій та радіотехніки, отримувати нові наукові результати, із звертанням особливої уваги до актуальних задач і проблем із використанням існуючого науково-методичного апарату. **СК6.** Впровадження новітніх інформаційних технологій при проектуванні перспективних та модернізації існуючих радіотехнічних та телекомунікаційних систем та мереж. **СК10.** Компетентність проектування обладнання телекомунікацій та радіотехніки. **СК13.** Знання ресурсів (включаючи ті, що базуються на ІКТ), доступних для дослідження в спеціальній телекомунікаційній області та суміжних областях.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН31. Здатність проектувати архітектуру інформаційнотелекомунікаційних 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. Здатність проводити випробування інформаційнотелекомунікаційних систем на відповідність вимогам вітчизняних та міжнародних (ITU-T, IEEE, ETSI) нормативних документів та нормативно-правових актів для інфокомунікаційних мереж та мереж підтримки.

ПРН37. Здатність проводити моніторинг стану функціонування телекомунікаційної мережі та забезпечення реалізації механізмів захисту та резервування інформаційно-телекомунікаційних систем. **ПРН40.** Здатність приймати активну участь у розробці технічних завдань та впровадження нових та застосування діючих інформаційно-телекомунікаційних систем, реалізації типової структури інфокомунікаційних мереж.

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ			
Тема, опис теми	**Вид заняття**	**Оцінювання за тему**	**Форми і методи навчання/питання до самостійної роботи**
Розділ 1 «Мережі та системи цифрового радіозв'язку і радіодоступу п'ятого покоління»			
Тема 1. Технологія мобільного зв'язку п'ятого покоління. ***Знати***: базові принципи побудови радіопідсистем 5G. ***Вміти:*** орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати спектр сигналу, модуляцію і кодування, основні параметри радіоінтерфейсу. ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 1	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 1		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 1		Основні параметри радіоінтерфейсу UMTS
Тема 2: Вимоги, що пред'являються до мереж п'ятого покоління. **Знати**: вимоги, що пред'являються до мереж п'ятого покоління. **Вміти:** орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати логічну, системну і мережеву архітектуру UMTS. ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 2	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 2		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 2		Мережева архітектура UMTS
Тема 3: Ключові рішення і потенційні технологічні компоненти мереж 5G. **Знати:** ключові рішення і потенційні технологічні компоненти мереж 5G. **Вміти:** орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати управління доступом до мережі, динамічне регулювання потужності і внутрішньосистемні перешкоди. ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 3	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 3		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 3		Динамічна регулювання потужності в UMTS
Тема 4: Концепція реалізації опорної мережі в 5G. **Знати:** концепцію реалізації опорної мережі в 5G. **Вміти:** орієнтуватись в процесах роботи нових рішень радіоінтерфейсу UMTS, динаміці розвитку систем UMTS і	Лекція 4	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування

нетрадиційних методах побудови алгоритмів в перспективних радіосистемах ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5			
	Практичне заняття 4		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 4		Дослідження роботи алгоритмів в перспективних радіосистеми
Розділ 2 «Контроль якості надання послуг систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління»			
Тема 5: Конкурентні пропозиції щодо радіоінтерфейсу в 5G. **Знати:** конкурентні пропозиції щодо радіоінтерфейсу в 5G **Вміти:** орієнтуватися в методах множинного доступу радіоінтерфейсу, частотно-часовій структурі радіоінтерфейсу LTE Advanced Pro і моделювати процеси які проходять в каналах та протоколах радіоінтерфейсу LTE Advanced Pro ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 5	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 5		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 5		Алгоритми планування і оптимізації радіомережі LTE Advanced Pro
Тема 6: Частотні аспекти функціонування мереж 5G. **Знати:** частотні аспекти функціонування мереж 5G. **Вміти:** планувати та оптимізації радіомережі LTE Advanced Pro використовуючи алгоритми планування і оптимізації радіомережі, статистичне моделювання ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 6	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 6		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 6		Особливості використання радіочастот в системах LTE Advanced Pro
Тема 7: Якість обслуговування (Quality of Service) в 5G. **Знати:** забезпечення якості обслуговування (Quality of Service) в 5G. **Вміти:** орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати радіочастотний ресурс для систем LTE Advanced Pro ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37	Лекція 7	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 7		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни

Рекомендовані джерела: 1-5	Лаб. робота 7		Декодування прийнятого безпроводового сигналу технології LTE
Тема 8: Якість обслуговування в інфокомунікаційних мережах нового покоління. **Знати:** забезпечення якості обслуговування в інфокомунікаційних мережах нового покоління. **Вміти:** орієнтуватися в загальних проблемах радіочастотного забезпечення нових радіотехнологій, міжнародно-правові актах галузі по ЕМС та практично моделювати і розраховувати параметри систем LTE Advanced Pro для оцінки ЕМС ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 8	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 8		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 8		Дослідження МАС-рівня технології LTE для сценарію з однією несучою
Тема 9: Сучасні моделі надання послуг систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління. **Знати:** сучасні моделі надання послуг систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління. **Вміти:** використовувати методи забезпечення доступності БТМ при перевантаженні ***Формування компетенцій:*** ЗК1, ЗК3, ЗК5, СК1, СК6, СК10, СК13 ***Результати навчання:*** ПРН31, ПРН35, ПРН37 ***Рекомендовані джерела:*** 1-5	Лекція 9	5,5*	Лекція-візуалізація, експрес-опитування
	Практичне заняття 9		Усне опитування, навчальна дискусія, доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни
	Лаб. робота 9		Дослідження МАС-рівня технології LTE для сценарію з двома несучими
1. Базові принципи побудови радіопідсистеми UMTS 2. Особливості функціонування радіопідсистеми UMTS 3. Планування та оптимізація радіомережі LTE Advanced Pro 4. Забезпечення електромагнітної сумісності МСЦРРНП 5. Інноваційні зміни в технологіях передачі та параметрах ТКС	Самостійна робота		1. Орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати спектр сигналу, модуляцію і кодування, основні параметри радіоінтерфейсу. 2. Орієнтуватися в процесах та практично моделювати і розраховувати управління доступом до мережі, динамічне регулювання потужності і внутрішньосистемні перешкоди радіоінтерфейсу UMTS. 3. Планувати та оптимізації радіомережі LTE Advanced Pro використовуючи алгоритми планування і оптимізації радіомережі, статистичне моделювання. 4. Орієнтуватися в загальних проблемах радіочастотного забезпечення нових радіотехнологій, міжнародно-правові актах галузі по ЕМС та практично моделювати і розраховувати параметри систем LTE Advanced Pro для оцінки ЕМС. 5. Орієнтуватись в новітніх напрямках розвитку мереж від 5G до 6G таких як концепція Internet of Everything та інтеграція мереж 5G з супутниковими мережами для глобального

			покриття

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

- Мультимедійний проектор;
- Комп’ютерний клас для проведення практичних занять.
- 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

1. Makarenko A., Rudenko N. Reducing the impact of interchannel interference on the efficiency of signal transmission in telecommunication systems of data transmission based on the OFDM signal. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2023. Vol. 1, no. 9 (121). P. 82–93.
2. Kremenetska Y., Makarenko A. High-Altitude Configuration of Non-Terrestrial Telecommunication Network using Optical Wireless Technologies. *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)*. 2022. Vol. 13, no. 3.
3. Rodriguez J. Fundamentals of 5G Mobile Networks / J. Rodriguez – Wiley, 2015. - 334 p.
4. Osseiran F., Monserrat J., Marsch P. 5G Mobile And Wireless Communications Technology / Osseiran F., Monserrat J., Marsch P. - Cambridge: University Printing House, 2016. - 439 p.
5. Marsch P., Bulakci O., Queseth O., Boldi M. 5G System Design: Architectural and Functional Considerations and Long Term Research / Marsch P., Bulakci O., Queseth O., Boldi M. - John Wiley & Sons, 2018. - 608 p.

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 аспірант 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 аспірант повинен вказати джерело, використане в ході виконання завдання. У разі виявлення факту плагіату аспірант отримує за завдання 0 балів.
- Аспірант, 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 аспірант видаляється з заняття, за заняття отримує 0 балів.

*КРИТЕРІЇ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Умовою допуску до підсумкового контролю є набрання аспірантом 30 балів у сукупності за всіма темами дисципліни

Форми контролю	Види навчальної роботи	Оцінювання
ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ	***Робота на заняттях,*** *у т.ч.:*	
	• присутність на заняттях (при пропусках занять з поважних причин допускається відпрацювання пройденого матеріалу)	за кожне відвідування 0,55 бала
	• участь у експрес-опитуванні	за кожну правильну відповідь 0,25 бала
	• доповідь з презентацією за тематикою самостійного вивчення дисципліни (оцінка залежить від повноти розкриття теми, якості інформації, самостійності та креативності матеріалу, якості презентації і доповіді), підготовка реферату	за кожну презентацію (реферат) максимум 3 бали

	• усне опитування, тестування, рішення практичних задач	за кожну правильну відповідь 0,5 бала
	• участь у навчальній дискусії, обговоренні ситуаційного завдання	за кожну правильну відповідь 2 бали
	• участь у діловій грі	за кожну участь 1 бал
РУБІЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ (МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ)	Модульний контроль № 1 «Мережі та системи цифрового радіозв'язку і радіодоступу п'ятого покоління»	максимальна оцінка – 15 балів
	Модульний контроль № 2 «Контроль якості надання послуг систем цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління»	максимальна оцінка – 15 балів
Додаткова оцінка	Участь у наукових конференціях, підготовка наукових публікацій, участь у Всеукраїнських та Міжнародних конкурсах наукових аспірантських робіт за спеціальністю, створення кейсів тощо.	Звільняється від екзамену
ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ ***Екзамен***	Метою екзамену є контроль сформованості практичних навичок та професійних компетентностей, необхідних для виконання професійних обов'язків. Екзамен проходить у письмовій формі.	30 балів

ПІДСУМКОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНУ

бали	**Критерії оцінювання**	**Рівень компетентності**	**Оцінка** /*запис в екзаменаційній відомості*
90-100	Аспірант 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 аспірант 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 аспіранта в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивчені інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивчені питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.	Відмінно / Зараховано (А)
82-89	Аспірант 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 аспіранту самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при вивчені дисципліни	Добре / Зараховано (В)
75-81	Аспірант 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	**Достатній** Конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни. Додаткові питання про можливість	Добре / Зараховано (С)

	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.	використання теоретичних положень для практичного використання викликають утруднення.	
64-74	Аспірант 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 розглядались 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	Аспірант 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, аспірант 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	Аспірант може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни аспірант виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних робіт в більшості є невірними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у аспіранта відсутні.	**Низький** Не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивчені дисципліни	Незадовільно з можливістю повторного складання) / Не зараховано (FX) *В залікову книжку не проставляється*
1-34	Аспірант повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Аспірант не допущений до здачі екзамену.	**Незадовільний** Аспірант не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням / Не допущений (F) *В залікову книжку не проставляється*