

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
 Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
 Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

Євген РОМАНЕНКО

«21» 12 2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи

Анатолій ПОЛЮХІН

«22» 12 2021 р. 2330



УЗГОДЖЕНО

Декан Факультету аеронавігації,
електроніки та телекомунікацій

Сергій ЗАВГОРОДНІЙ

«20» 12 2021 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«Технології стільникових мереж 5G»

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
 Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 Освітньо-наукова програма: «Телекомунікації та радіотехніка»

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лабораторні	Самост. робота	ДЗ / РГР / К.р	КР / КПр	Форма сем. контролю
Денна / вечірня	4	150/5,0	20	30	-	100	-	-	залік – 4 с
Заочна	4	150/5,0	6	10	-	134	-	-	залік – 4 с

Індекс: НДФ-2-172/21 – ВК
 НДФ-2-172з/21 – ВК

СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021



Робочу програму навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G» розроблено на основі освітньо-наукової програми «Телекомунікації та радіотехніка», навчальних та робочих навчальних планів № НДФ-2-172/21, № РДФ-2-172/21, № НДФ-2-172з/21, № РДФ-2-172з/21 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Доктор філософії» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив
завідувач кафедри, д.т.н., проф. _____

Роман ОДАРЧЕНКО

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітньо-наукової програми «Телекомунікації та радіотехніка») – кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем, протокол № 35 від «13» 12 2021 р.

Гарант освітньо-наукової програми
«Телекомунікації та радіотехніка» _____

Максим ЗАЛІСЬКИЙ

Завідувач кафедри _____

Роман ОДАРЧЕНКО

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № 14 від «14» 12 2021 р.

Голова НМРР _____

Олександр КРИВОНОСЕНКО

УЗГОДЖЕНО

Завідувач відділу

аспірантури та докторантури


Анжела ЛЕЛЕЧЕНКО

«20» 12 2021 р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік


Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 3 з 11	

ЗМІСТ

сторінка

Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	5
1.4. Передумови вивчення навчальної дисципліни	6
2. Зміст навчальної дисципліни	6
2.1. Програма навчальної дисципліни	6
2.2. Тематичний план навчальної дисципліни	7
2.3. Самостійна робота аспірантів	7
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	7
3.1. Методи навчання	7
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	8
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті	8
4. Система оцінювання результатів навчання	8
4.1. Засоби оцінювання результатів навчальної діяльності	8
4.2. Методи контролю та схема нарахування балів	8
4.3. Критерії оцінювання досягнень аспірантів	9

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 4 з 11	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Місце дисципліни в системі професійної підготовки фахівця: ця навчальна дисципліна є вибірковою фаховою дисципліною з оволодіння глибинними знаннями зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» та спрямована на формування навичок щодо проектування, експлуатації та розробки нових технічних рішень в галузі стільникових систем зв'язку.

Метою викладання дисципліни є формування у аспірантів знань з основних технологічних рішень, які використовуються в сучасних стільникових мережах зв'язку.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення та засвоєння теоретичних математичних методів обробки сигналів в стільникових мережах зв'язку;
- вивчення основних протоколів, які використовуються для передачі даних в сучасних стільникових мережах зв'язку;
- вивчення та засвоєння архітектури стільникових мереж 5G.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

ПРН 1. Знання та уміння проводити наукові дослідження, результати яких розв'язують комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності.

ПРН 2. Уміння глибокого переосмислення наявних та створення нових ідей, цілісних знань та/або професійної практики (креативність).


ПРН 14. Концептуальні поглиблені знання методологічних і теоретичних основ побудови сучасних телекомунікаційних, інформаційних, радіотехнічних та електронних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі.

ПРН 15. Знання евристичних прийомів і алгоритмів, методів і засобів теоретичних і прикладних дисциплін, сучасних можливостей обчислювальної техніки і прикладного програмного забезпечення для розв'язання науково-прикладних задач в телекомунікаціях та радіотехніці, зокрема для авіаційно-космічної галузі, уміння їх творчого використання.

ПРН 17. Знання спеціального математичного апарату для дослідження та розвитку відомих, а також синтезу нових методів і засобів аналізу та оцінювання ефективності функціонування телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі, уміння та навички його використовувати.

ПРН 18. Знання спеціального математичного апарату для теоретичного розвитку та подальшого практичного використання методів та засобів оптимізації телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі, уміння та навички його використовувати.

ПРН 19. Теоретичні знання й практичні навички з математики, фізики, теорії інформації, оброблення сигналів, електроніки та програмування для розвитку теорії та

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 5 з 11	

методів передачі даних, зокрема для потреб авіації та космонавтики, уміння їх використовувати у наукових дослідженнях.

ПРН 25. Знання методів та засобів обробки та кодування інформаційних сигналів для удосконалення та створення нових телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема авіаційного призначення, уміння їх використовувати.

ПРН 28. Уміння та навички працювати зі спеціалізованим програмним забезпеченням для моніторингу та аналізу роботи телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема авіаційного призначення.

ПРН 29. Уміння синтезувати за допомогою сучасних технологій нові функціональні вузли та структури в області телекомунікацій та радіотехніки.

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» повинен набути такі компетентності:

ЗК 1. Здатність проводити наукові дослідження, результати яких розв'язують комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності.

ЗК 2. Здатність глибокого переосмислення наявних та створення нових ідей, цілісних знань та/або професійної практики (креативність).

ЗК 3. Здатність знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, системно використовувати концептуальні та методологічні знання в галузі чи на межі галузей знань або професійної діяльності.

ЗК 6. Здатність критично аналізувати (бути критичним та самокритичним), оцінювати і синтезувати нові та комплексні ідеї.

ФК 1. Здатність використовувати у науковій та науково-педагогічній діяльності концептуальні поглиблені знання методологічних і теоретичних основ побудови сучасних телекомунікаційних, інформаційних, радіотехнічних та електронних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі.

ФК 4. Здатність використовувати спеціальний математичний апарат для дослідження та розвитку відомих, а також синтезу нових методів і засобів аналізу та оцінювання ефективності функціонування телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі.

ФК 5. Здатність використовувати спеціальний математичний апарат для теоретичного розвитку та подальшого практичного використання методів та засобів оптимізації телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема для авіаційно-космічної галузі.


ФК 6. Здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички з математики, фізики, теорії інформації, оброблення сигналів, електроніки та програмування для розвитку теорії та методів передачі даних, зокрема для потреб авіації та космонавтики.

та радіотехнічних систем, зокрема авіаційного призначення.

ФК 10. Здатність використовувати знання, уміння та навички розроблення систем управління телекомунікаційними мережами для їх оптимізації та синтезу їх нових функціональних можливостей.

ФК 12. Здатність використовувати методи та засоби обробки та кодування інформаційних сигналів для удосконалення та створення нових телекомунікаційних та радіотехнічних систем, зокрема авіаційного призначення.

ФК 16. Здатність синтезувати за допомогою сучасних технологій нові функціональні вузли та структури в області телекомунікацій та радіотехніки.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 6 з 11	

1.4. Передумови вивчення навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Технології стільникових мереж 5G»

базується на таких дисциплінах, як: «Оптимізація та синтез мережевих структур телекомунікацій», «Системно-синергетичне моделювання об'єктів досліджень та математичні методи обробки даних в телекомунікаціях та радіотехніці».

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Програма навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального модуля, а саме: навчального модуля №1 «Сучасні стільникові мережі зв'язку», який є логічно завершеним, самостійним, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Модуль № 1 «Сучасні стільникові мережі зв'язку 5G».

Інтегровані вимоги модуля №1:

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» повинен **знати:**

- еволюцію стільникових мереж зв'язку;
- вимоги та переваги стільникових мереж 5G;
- ключові технології стільникових мереж 5G;
- архітектуру стільникових мереж 5G;
- основні процедури стільникових мереж 5G;
- обладнання стільникових мереж 5G;
- основні напрямки досліджень в галузі стільникових мереж зв'язку.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» повинен **уміти:**

- виконати математичний опис поставленої задачі;
- удосконалювати за потреби архітектуру стільникових мереж 5G;
- моделювати стільникові мережі 5G.

Навчальна дисципліна передбачає вивчення шести тем:

Тема 1. Покоління стільникового зв'язку. Історія виникнення. Принципи організації стільникового зв'язку. Еволюція стільникових мереж. Вимоги до стільникових мереж різних поколінь


Тема 2. Методи мультиплексування в стільникових мережах. TDMA. CDMA. MIMO. OFDM.

Тема 3. Стандарти стільникових мереж. Стандарти 3GPP. Стандарти IEEE. Стандарти ITU.

Тема 4. Стільникові мережі LTE. Огляд основних стандартів. Методи передачі даних. Вимоги до мереж. Основні технічні характеристики.

Тема 5. Стільникові мережі 5G. Новий радіоінтерфейс. Архітектура ядра мережі. Нумерології 5G. Технологія network slicing. Віртуалізація мережевих ресурсів. Керування мережею 5G.

Тема 6. Розвиток стільникових мереж. Концепція 6G. Формування вимог. Розроблення стандартів.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 7 з 11	

2.2. Тематичний план навчальної дисципліни

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна/вечірня форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС
Модуль №1 "Сучасні стільникові мережі зв'язку 5G"									
1.1	Покоління стільникового зв'язку	4 семестр				4 семестр			
		20	2	2	16	27	2	2	23
1.2	Методи мультиплексування в стільникових мережах	24	2	2	16	24	-	2	22
1.3	Стандарти стільникових мереж	26	2	2	16	24	2	-	22
1.4	Стільникові мережі LTE	24	2	2	16	24	-	2	22
1.5	Стільникові мережі 5G	22	2	2	16	22	-	-	22
1.6	Розвиток стільникових мереж	28	2	2	16	29	2	2	23
1.7	Модульна контрольна робота №1	6	2	-	4	-	-	-	-
Усього за модулем №1		150	20	30	100	150	6	10	134
Усього за навчальною дисципліною		150	20	30	100	150	6	10	134

2.3. Самостійна робота аспірантів


Самостійна робота з дисципліни складається з написання реферату за тематикою дисципліни. Темі рефератів розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми, затверджується на засіданні кафедри та доводяться до відома аспірантів.

При здійсненні самостійної роботи аспіранти мають керуватися відповідними методичними рекомендаціями кафедри.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

Основним методом навчання є комунікативний метод. Для успішного засвоєння матеріалу лекційні заняття рекомендується проводити з використанням мультимедійного обладнання. З метою активації навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» під час вивчення дисципліни під час проведення практичних занять застосовуються такі методи та технології навчання: робота в малих групах, проблемна дискусія, мозкова атака, презентація, комп'ютерне моделювання.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 8 з 11	

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Theodore, S. Rappaport. "Wireless communications: principles and practice." PHI, (2002).

3.2.2. Rodriguez, Jonathan. Fundamentals of 5G mobile networks. John Wiley & Sons, 2015.

Допоміжна література

3.2.3. Wong, V. W., Schober, R., Ng, D. W. K., & Wang, L. C. (Eds.). (2017). Key technologies for 5G wireless systems. Cambridge university press.

3.2.4. Luo, Fa-Long, and Charlie Jianzhong Zhang, eds. Signal processing for 5G: algorithms and implementations. John Wiley & Sons, 2016.

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1 Методичні розробки кафедри (в електронному вигляді).

3.3.2. <http://5gtours.eu/>

3.3.3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/5G>

4. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

4.1. Засоби оцінювання результатів навчальної діяльності

Діагностика навчальних досягнень аспірантів здійснюється шляхом обов'язкового виконання аспірантами таких видів початкової діяльності:

- робота на практичному занятті,
- виконання модульної контрольної роботи.


4.2. Методи контролю та схема нарахування балів

4.2.1. Оцінювання окремих видів виконаної здобувачем вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів	
	Очна форма навчання	Заочна форма навчання
	Модуль №1 «Сучасні стільникові мережі зв'язку 5G»	
Виконання та захист практичних робіт	76×10 = 70	146×5=70
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	42 балів	-
Підсумкова семестрова контрольна робота	-	30
Виконання модульної контрольної роботи №1	30	-
Усього за модулем № 1	100	100
Усього за дисципліною	100	

4.2.2. Переведення підсумкової рейтингової оцінки в балах в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS здійснюється відповідно до табл. 4.2.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 9 з 11	

Таблиця 4.2

Відповідність підсумкової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90 – 100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82 – 89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75 – 81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67 – 74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60 – 66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35 – 59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1 – 34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

4.2.3. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, індивідуального навчального плану здобувача вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» та до академічної довідки про виконання освітньо-наукової програми.

4.3. Критерії оцінювання досягнень аспірантів

4.3.1. Критерієм успішного проходження здобувачем вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» оцінювання є досягнення ним мінімальних рівнів оцінок за кожним запланованим видом навчальної діяльності.

Виконані види навчальної роботи зараховуються здобувачу вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії», якщо він отримав за них позитивну оцінку (за національною шкалою) відповідно до даних табл. 4.3.


Таблиця 4.3

Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи в балах оцінкам за національною шкалою

Рейтингова оцінка в балах				Оцінка за національною шкалою
Виконання та захист практичної роботи (очна форма)	Виконання та захист практичної роботи (заочна форма)	Поточна модульна оцінка	Контрольна модульна оцінка	
9 – 10	13 – 14	63 – 70	27 – 30	Відмінно
8	11 – 12	53 – 62	23 – 26	Добре
6 – 7	9 – 10	42 – 52	18 – 22	Задовільно
менше 6	менше 9	менше 42	менше 18	Незадовільно


4.3.2. Здобувач вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» допускається до виконання модульної контрольної роботи за умови наявності у нього поточної модульної рейтингової оцінки величиною не менше 60% максимальної поточної модульної рейтингової оцінки.

Слід мати на увазі, що отримання аспірантом лише мінімальних оцінок за виконання окремих видів навчальної роботи з певного модуля може виявитися

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 10 з 11	

недостатнім для отримання допуску до виконання модульної контрольної роботи та потребуватиме виконання ним додаткового індивідуального завдання, захистити його з позитивною оцінкою в балах, яка буде додана до поточної модульної рейтингової оцінки.

4.3.3. У разі отримання незадовільних контрольної модульної чи семестрової рейтингових оцінок здобувач вищої освіти освітнього-наукового ступеня «Доктор філософії» повинен повторно пройти відповідний контроль в установленому порядку. При повторному його проходженні максимальна величина рейтингової оцінки в балах не повинна перевищувати максимальне значення оцінки «Добре» за національною шкалою.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Технології стільникових мереж 5G»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.06-01-2021
		стор. 11 з 11	

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата Введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				