

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
інформаційно-комп'ютерних
технологій

28 вересня 2022 р.,
протокол № 2



Голова Вченої ради

 Тетяна НІКІТЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Аналіз і синтез випромінюючих систем»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Схвалено на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій
у медицині та телекомунікаціях

27 09 2022 р.,
протокол № 9

В. о. завідувача кафедри

 Владислав ЧУХОВ

Гарант освітньо-професійної
програми

 Владислав ЧУХОВ

Розробник: к.т.н., в.о. завідувача кафедри комп'ютерних технологій
у медицині та телекомунікаціях ЧУХОВ Владислав

Житомир
2022 – 2023 н. р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 5	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»	нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2022	2022
Загальна кількість годин - 150		Семестр	
		1	–
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 64 самостійної роботи – 86	Освітній ступінь «магістр»	Лекції	
		32 год.	8 год.
		Практичні	
		32 год.	6 год.
		Лабораторні	
		0 год.	0 год.
		Самостійна робота	
86 год.	136 год.		
Вид контролю: екзамен			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 43 % аудиторних занять, 57 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання – 9 % аудиторних занять, 91 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Аналіз і синтез випромінюючих систем» є вивчення студентами впливу поширення радіохвиль на параметри та способи побудови антенних систем, а також основ аналізу і синтезу типових антенних систем телекомунікаційних і радіотехнічних систем.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення теоретичних основ, принципів побудови і функціонування сучасних та перспективних антенних систем;
- набуття навичок інтерпретування результатів аналізу і синтезу антенних систем, оцінювання їх адекватності та ефективності;
- вміння локалізувати та оцінювати стан проблемної ситуації на етапах дослідження, проектування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

СК3 (ФК3). Здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також технічні підходи для оптимізації телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу з метою отримання техніко-економічного вигаду.

СК5 (ФК5). Здатність розробляти, вдосконалювати та використовувати сучасне програмне, апаратне та програмно-апаратне забезпечення телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв (засобів, систем, комплексів).

СК7 (ФК7). Здатність працювати з науково-технічною літературою та іншими джерелами інформації.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

РН3 (ПРН3). Знати теоретичні основи, принципи побудови і функціонування сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів.

РН5 (ПРН5). Знати, розуміти та вміти застосовувати сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютерних методів та технологій моделювання і обробки отриманих результатів у сфері телекомунікації та радіотехніки, інтерпретувати результати досліджень, оцінювати їх адекватність та ефективність.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 4

РН8 (ПРН8). Вміти локалізувати та оцінювати стан проблемної ситуації на етапах дослідження, проектування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Вплив поширення радіохвиль на параметри та способи побудови антенних систем

Тема 1. Поширення радіохвиль у вільному просторі

Структура радіолінії. Групи радіоліній. Склад та будова атмосфери. Електричні параметри атмосфери. Рівняння для ідеальної радіолінії.

Особливості поширення радіохвиль на реальних трасах. Діапазонні особливості поширення радіохвиль.

Зони Френеля. Домінантна область простору. Земні радіохвилі. Критерій Релея. Дальність прямої видимості. Інтерференційний множник. Ділянка поверхні, суттєва для відбиття радіохвиль від Землі

Вплив тропосфери та іоносфери на поширення радіохвиль. Види та способи огляду простору у радіолокації.

Змістовий модуль 2. Основи аналізу і синтезу типових випромінюючих систем

Тема 2. Синтез рупорних антен

Особливості синтезу рупорних антен. Оптимальні рупори. Алгоритм синтезу оптимального рупора.

Тема 3. Синтез дзеркальних антен

Особливості синтезу дзеркальних антен. Алгоритм синтезу дзеркальної параболоїдної антени.

Тема 4. Антенні решітки з електричним скануванням

Основні співвідношення для лінійної антенної решітки (АР). АР з оптимальним амплітудним розподілом.

АР з керованою діаграмою направленості (ДН): лінійні та двовимірні АР. Способи електричного керування положенням антенного променя. Багатопробленеві АР. Спотворення форми ДН при скануванні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 5

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції	практичні	самостійна робота	усього	лекції	практичні	самостійна робота
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Вплив поширення радіохвиль на параметри та способи побудови антенних систем								
Тема 1. Поширення радіохвиль у вільному просторі	67	16	16	35	57	3	4	50
<i>Разом за змістовий модуль 1</i>	67	16	16	35	57	3	4	50
Змістовий модуль 2. Основи аналізу і синтезу типових випромінюючих систем								
Тема 2. Синтез рупорних антен	20	4	2	14	28	1	2	25
Тема 3. Синтез дзеркальних антен	24	4	6	14	27	2	0	25
Тема 4. Антенні решітки з електричним скануванням	39	8	8	23	38	2	0	36
<i>Разом за змістовий модуль 2</i>	83	16	16	51	93	5	2	86
ВСЬОГО	150	32	32	86	150	8	6	136

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 6

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Нормовані опори та провідності	2	0
2	Вхідні опори фідерів антен	2	0
3	Визначення напруженості поля у діапазоні гектометрових хвиль	2	0
4	Розрахунок зони впевненого прийому	2	0
5	Розрахунок робочих частот для радіозв'язку у діапазоні коротких хвиль	2	0
6	Висоти підйому антен та домінуюча область простору (частина 1)	2	0
7	Висоти підйому антен та домінуюча область простору (частина 2)	2	0
8	Висота підйому антени над землею поверхнею та супутні параметри (частина 1)	2	2
9	Висота підйому антени над землею поверхнею та супутні параметри (частина 2)	2	2
10	Синтез рупорної антени	2	2
11	Розрахунок дзеркальної антени (частина 1)	2	0
12	Розрахунок дзеркальної антени (частина 2)	2	0
13	Розрахунок дводзеркальної антени	2	0
14	Випромінювання рівномірної лінійної решітки вібраторів (частина 1)	2	0
15	Випромінювання рівномірної лінійної решітки вібраторів (частина 2)	2	0
16	Випромінювання двовимірної антенної решітки	2	0
РАЗОМ		32	6

6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Поширення радіохвиль у вільному просторі

- Опрацювання лекційного матеріалу
- Питання для самостійного вивчення у темі 1: плоскі хвилі при довільній орієнтації у просторі [2]; Закони Снеліуса [2].
- Підготовка до практичних занять №1 – 8.
- Підготовка до КМР №1.

Тема 2. Синтез рупорних антен

- Опрацювання лекційного матеріалу
- Питання для самостійного вивчення у темі 2: спеціальні функції [2, 4].
- Підготовка до практичного заняття №9.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 7

Тема 3. Синтез дзеркальних антен

1. Опрацювання лекційного матеріалу
2. Підготовка до практичних занять №10 – 12.

Тема 4. Антенні решітки з електричним скануванням

1. Опрацювання лекційного матеріалу
2. Підготовка до практичних занять №13 – 16.
3. Підготовка до КМР №2.

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання для самостійної роботи студентів не передбачено навчальним планом.

8. Методи навчання

Методами навчання під час викладання дисципліни є: лекції (теорія), практичні заняття, самостійна робота, консультації.

9. Методи контролю

Під час вивчення дисципліни застосовуються поточний, модульний контроль і підсумковий контроль знань студентів. Останній здійснюється у формі екзамену.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни різного характеру і рівня складності, засвоєння якого відповідно перевіряється під час поточного контролю і на заліку. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою.

1. *Поточний контроль.* В процесі поточного контролю здійснюється перевірка запам'ятовування та розуміння програмного матеріалу, набуття вміння і навичок конкретних розрахунків та обґрунтувань, набуття навичок практичної роботи.

Об'єктами поточного контролю знань студента є:

- 1) систематичність та активність роботи на практичних заняттях;
- 2) виконання завдань для самостійного опрацювання;
- 3) виконання модульної роботи (контрольних занять).

При контролі систематичності та активності роботи на лекційних заняттях оцінці підлягають: рівень знань продемонстрований в усних відповідях на практичних заняттях, результати контролю.

При контролі виконання завдань для самостійного опрацювання оцінці підлягають: самостійне опрацювання тем в цілому чи окремих питань, проведення контрольних робіт.

При виконанні модульних (контрольних) завдань оцінці підлягають: тести, виконання письмових завдань під час проведення контрольних робіт, інші завдання.

2. *Система підсумкового контролю*

Формою підсумкового контролю з дисципліни є екзамен. Екзамен проводиться в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 8

усній формі. Студент має право отримати оцінку за результатами модульного контролю, якщо він виконав всі види навчальної роботи без порушення встановлених термінів і отримав позитивну (за національною шкалою) підсумкову оцінку.

Якщо студент отримав незадовільну оцінку або не згоден з оцінкою за результатами модульного контролю, він повинен скласти екзамен.

3. Перелік екзаменаційних завдань

Теоретичні питання, наведені у білетах, добираються з тематичного плану дисципліни, лекційного матеріалу, переліку питань для самостійного вивчення дисципліни, питань самостійної роботи студентів.

10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота				Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		
T1	T2	T3	T4	100
54	15	15	16	

Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

11. Рекомендована література

Основна література

- Constantine A. Balanis Antenna theory: analysis and design – Fourth edition. – John Wiley & Sons, Inc, 2016. – 1095 p.
- Robert J. Mailloux Phased Array Antenna Handbook – Second edition. – Artech House inc, 2005. – 515 p.
- Kyohei Fujimoto Mobile Antenna Systems Handbook – Third edition. – Artech House inc, 2008. – 790 p.
- Zhi Ning Chen, Kwai-Man Luk Antennas for Base stations in wireless Communications. – The McGraw-Hill Companies, 2009. – 399 p.
- The Electrical Engineering And Applied Signal Processing Series: MIMO System Technology For Wireless Communications / Edited by Alexander Poularikas. – Taylor & Francis Group, 2006. – 395 p.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 9

6. Kin-Lu Wong Compact and Broadband Microstrip Antennas John Wiley & Sons, Inc, 2002. – 340 p.

6. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 2. Випромінювання та поширення радіохвиль Підручник для студентів ВНЗ / В. М. Шокало, В. І. Правда, В. А. Усін, В. С. Вунтесмері, Д. В. Грецьких; під ред. В. М. Шокало та В. І. Правди. – Харків: ХНУРЕ; Колегіум, 2009. – 436 с.

Допоміжна література

1. Слободянюк П. В. Теорія і практика управління використання радіочастотного ресурсу / П. В. Слободянюк, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний, В. Г. Сайко; за ред. В. Г. Кривутци. – К.: ДУІКТ, 2012. – 596 с.

2. Манойлов В. П. Широкопasmові рупорні антени зі складною формою поперечного перерізу / В. П. Манойлов, В. В. Павлюк, Р. Л. Ставісюк. – Житомир: ФОП О. О. Євенок, 2016. – 212 с.

3. Захарія Й. А. Методи прикладної електродинаміки. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 352 с.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. www.iec.ch – Міжнародна електротехнічна комісія.

2. www.itu.int – Міжнародний союз з телекомунікацій.

3. www.cenelec.org – Європейський комітет стандартизації в області електротехніки.

4. <http://www.rtt.ua/> – Концерн радіомовлення, радіозв'язку та телебачення.

5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1208-2005-%D0%BF> – Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України» №1208 від 15 грудня 2005 р.

6. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-iv> – Закон України «Про телекомунікації» №1280-IV від 18 листопада 2003 р.

7. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/3759-12> – Закон України «Про телебачення і радіомовлення» № 3759-ХІІ від 21 грудня 1993 р.

8. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1770-14> – Закон України «Про радіочастотний ресурс» №1770-III від 1 червня 2000 р.

10. <http://www.zeonbud.com.ua/> – ТОВ «Зеонбуд»

11. <https://www.rohde-schwarz.com> – компанія «Rohde & Schwarz», продукція бездротового зв'язку, контрольно-вимірювальне обладнання для радіовимірювань, телерадіомовлення ті мультимедіа, керування повітряним рухом, радіозв'язок, кібербезпека

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 10

та мережеві технології.

12. <http://kvantefir.com/> – НВП «Квант-Ефір», обладнання для телерадіомовлення
13. <https://www.kathrein.com/> – Kathrein, антени, антенна техніка
14. www.schwarzbeck.com – компанія «Schwarzbeck»
15. www.ets-lindgren.com – компанія «TS-Lindgren»
16. www.teseq.com – компанія «Teseq»
17. www.aaronia.de – компанія «Aaronia»
18. <https://tera.pro> – «ТЕРАПРО», обладнання для телерадіомовлення
19. <http://vigintos.com/> – «Vigintos Elektronika», обладнання для телерадіомовлення
20. www.ied.org.ua – Інститут електродинаміки Національної академії наук України.
21. www.ire.kharkov.ua – Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова.
22. www.nbu.gov.ua/ – Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.
23. www.lib.zt.ua/ – Житомирська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олега Ольжича.
24. www.lib.ztu.edu.ua/ – бібліотека Державного університету «Житомирська політехніка».
25. www.akoninc.com – AKON, Inc, електронні пристрої з цифровим керуванням для діапазону частот 0,5...40 ГГц.
26. www.minicircuits.com – компанія Mini-Circuits, ВЧ та НВЧ пристрої.
27. www.flann.com – Flann Microwave, антени, НВЧ пристрої, тестове та вимірювальне обладнання для діапазону частот 2...170 ГГц.
28. www.etiworld.com – Electromagnetic Technologies Industries (ET Industries), компоненти та системи ВЧ та НВЧ діапазонів.
29. www.eclipsemicrowave.com – Eclipse Microwave, Inc , НВЧ компоненти.
30. www.ditom.com – DiTom Microwave, феритові пристрої для діапазону частот 250 МГц... 40 ГГц.
31. www.aml-microtec.com – AML Microtechnique Lorraine, НВЧ пристрої та вироби для бортової авіаційної та космічної апаратури.
32. www.barryind.com – Barry Industries, пасивні електронні компоненти.
33. www.datadelay.com – Data Delay Devices, Inc. (DDD), лінії затримки, генератори, помножувачі частоти, фільтри.
34. www.emifiltercompany.com – EMI Filter Company, фільтри.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7 -2022
	Екземпляр № 1	Арк 10 / 11

35. www.ionbeammilling.com – Ion Beam Milling, прецизійні радіочастотні елементи.
36. www.ums-gaas.com – United Monolithic Semiconductors, ВЧ та НВЧ мікросхеми.
37. www.rogerscorp.com – Rogers Corporation, радіоматеріали.
38. www.semiconductorenclosures.com – Semiconductor Enclosures, Inc. (SEI), корпуси для НВЧ та оптоелектронних пристроїв, керамічні підложки, кристали на підложці.
39. www.precidip.com – PRECI-DIP, контакти та з'єднувачі.
40. www.passiveplus.com – Passive Plus Inc, НВЧ компоненти.
41. www.coaxicom.com – Coaxial Components Corporation (COAXICOM, коаксіальні радіочастотні компоненти.
42. www.diamondantenna.com – Diamond Antenna & Microwave Corporation, обертові зчленування.
43. www.megaphase.com – MegaPhase, НВЧ та оптичні кабелі і роз'єми
44. www.microtech-inc.com – Microtech, Inc., хвилеводи, хвилеводні пристрої.
45. www.ni-microwavecomponents.com – National Instruments, вимірювальна апаратура, радіочастотні компоненти та пристрої.
46. www.signalhound.com – Test Equipment Plus, тестове обладнання.
47. <https://romsat.ua/> – «ROMSAT» – українська компанія, яка спеціалізується на комплексних поставках обладнання систем телебачення та телекомунікації.
48. <https://www.amos-spacescom.com> – Spacescom, оператор супутникових послуг.
49. <https://www.ses.com> – SES, оператор супутникових послуг.