



# [RE-321] ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ РАДІОТЕХНІЧНИМ СИСТЕМАМ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G - Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G5 - Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 4-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4.0 кред. (Лекц. 16 год, Практик. год, Лаб. 30 год, СРС. 74 год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Чмельов В. О.</a> , Лаб.: <a href="#">Чмельов В. О.</a> , СРС.: <a href="#">Чмельов В. О.</a>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

**Опис навчальної дисципліни.** Під час навчання будуть вивчатися теоретичні основи протидії радіотехнічним системам, принципи побудови та особливості застосування засобів РЕБ для зниження ефективності роботи радіотехнічних систем, радіолокації, радіонавігації, радіокерування, радіозв'язку та інших. Вивчаються засади аналізу електромагнітної обстановки, виявлення, ідентифікація, та класифікація джерел електромагнітного випромінювання. Досліджують види, та методи формування активних завад роботі радіосистемам. Визначаються форми і способи їх застосування. Розглядаються програмно-апаратні засоби втілення систем радіопротидії. Вивчаються різні науково-технічні рішення щодо підвищення ефективності радіопротидії, проводиться її порівняльний аналіз, та визначається їх переваги і недоліки.

**Мета навчальної дисципліни.** навчити студентів за заданими тактико-технічними характеристиками об'єкту впливу вибирати вид і параметри активної завади, метод її формування, розробити систему радіопротидії, сформулювати вимоги та технічні характеристики до пристроїв, приладів, які входять до складу систему радіопротидії; проводити оцінку ефективності прийнятих технічних рішень.

**Предмет вивчення:** основи теорії протидії радіотехнічним системам, принципи побудови засобів РЕБ, їх структур. Методи протидії роботі радіотехнічним системам, адаптація систем радіопротидії до контрмір, якими намагаються знизити їх ефективність.

### **Основні завдання є :**

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння навчального матеріалу мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- сучасні тенденції розвитку засобів радіоелектронної протидії та перспективи їх використання в різних галузях;
- способи формування активних радіозавад;
- принципи створення систем радіопротидії.

#### **уміння:**

провести розрахунок основних технічних характеристик системи радіопротидії;

способи застосування систем радіопротидії для забезпечення електромагнітного прикриття;

адаптувати режими роботи системи радіопротидії відповідно особливостей роботи об'єктів впливу.

Проводити обробку експериментальних даних, отриманих шляхом статистичного моделювання на ЕОМ, для оцінки ефективності функціонування радіотехнічних комп'ютеризованих систем.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

**Пререквізити:** навчальна дисципліна базується на знаннях з таких дисциплін: "Електродинаміка та поширення радіохвиль".

**Постреквізити:** Дисципліна надає додаткові компетенції у сфері розроблення сучасних радіолокаційних систем

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Навчальний модуль № 1. Основи теорії побудови і застосування систем радіопротидії.**

**Тема 1. Основні поняття радіоелектронної протидії.**

**Тема 2. Види активних радіозавад.**

**Тема 3. Теоретичні основи побудови «надпотужних» засобів РЕП**

**Тема 4. Методологія визначення характеристик об'єкту впливу - радіотехнічної системи.**

**Тема 5. Особливості методів і засобів радіопротидії радіолокаційних систем.**

**Тема 6. Особливості методів і засобів радіопротидії бездротових систем передачі інформації.**

**Тема 7. Особливості методів і засобів радіопротидії радіокерованих рухомих об'єктів.**

**Тема 8. Формування комплексу заходів радіоелектронної протидії**

**Тема 9. Перспективи розвитку систем радіопротидії.**

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### ***Література базова:***

1. Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook by Avionics Department.
2. OCTOBER 2013 NAVAL AIR WARFARE CENTER WEAPONS DIVISION POINT MUGU, CA 93042
3. ELECTRONIC WARFARE FUNDAMENTALS. Det 8, ACC TRSS 4349 Duffer Drive, Ste 437. Nellis AFB NV 89191-700.
4. Теорія радіолокаційних систем (видання друге): підручник / Б.Ф. Бондаренко, В.В. Вишнівський, В.П. Долгушин та іню; за заг.ред. С.В. Ленкова. – К. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011.- 383с.
5. Теорія радіолокаційних та радіонавігаційних систем : навч. посіб. для студ. внз за напрямком "Радіотехніка" / Я. І. Лепіх ; Одеська нац. морська акад. Одеса : Екологія, 2008. -224 с.

##### ***Література додаткова:***

1. Serhii Zhuk, Viacheslav Chmelov, Oleksandr Tereshchenko Development of an adaptive multi-channel correlation sidelobe canceller for active noise interference based on the Gram-Schmidt orthogonalization procedure // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies" Vol. 6 No. 5 (132) (2024): Applied physics. 33-40 с. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.319253> (SCOUPUS)
2. Чмельов В. О., Назаров І. С. ПІДХОДИ ДО УДО-СКОНАЛЕННЯ МЕ-ТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ДРОНІВ НА ФОНІ АДІТИВ-НИХ ШУМІВ // XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи» (РТПСАС) . Київ, 27 - 28 листопада 2024 р.: матеріали конференції — Київ, 2024. 72-75 с.

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Лекційні заняття**

**Лекція 1.** . Предмет і зміст дисципліни. Загальна засади теорії Радіопротидії. Поняття радіозавад. Класифікація радіозавад

Література: [1,2,]

*Завдання для СРС.* Вивчення стандартів діапазонів частот радіотехнічних систем. Основні параметри радіозавад, їх особливості.

**Лекція 2.** Методи формування загороджувальних радіозавад. Формування імітаційних завад. Побудова комплексних завад Принцип побудови надпотужних радіозавад для виведення з раду радіотехнічних систем.

Література: [1,3]

*Завдання для СРС.* Ефективність дії засобу радіопротидії. Теорія р-п переходу, його стійкість до зовнішнього електромагнітного впливу.

**Лекція 3.** Теоретичні основи радіоелектронної розвідки для виявлення об'єктів впливу. Методи спектрального аналізу сигналів радіотехнічних систем. Визначення характеристичних параметрів сигналів, законів модуляції радіосигналу.

Література: [2]

*Завдання для СРС.* Статистичні критерії виявлення сигналів радіосистем. Алгоритм виявлення Відтворення спектру сигналу по результатам спостереження..

**Лекція 4.** Вивчення радіолокаційних систем як об'єкту радіопротидії. Системи захисту радіолокаційних систем від негативної дії активних радіозавад

Література: [4,5]

*Завдання для СРС.* Основні параметри радіолокаційних систем, Просторова селекція джерел електромагнітного випромінення.

**Лекція 5.** Теоретичні основи побудови радіозавад для порушення роботи радіолокаційної системи. Аналіз засобів бездротових систем передачі інформації. Визначення вразливих місць та критичних умов для їх ефективної роботи.

Література: [3,1]

*Завдання для СРС.* Кореляційний прийом радіосигналу. Показники якості передачі інформації.

**Лекція 6.** Формування радіозавад для створення несприятливих умов передачі даних в мережі радіозв'язку. Формування імітаційної завади для засобів радіозв'язку.

Література: [1,2]

*Завдання для СРС.* Співвідношення сигнал/шум, як критична умова передачі даних. Метод перевантаження пропускну здатності системи зв'язку.

**Лекція 7.** Виявлення дистанційної системи радіокерування безпілотними платформами. Способи порушення систем радіонавігаційного забезпечення руху безпілотних платформ.

Література: [3]

*Завдання для СРС.* Система LoRa передачі команд для FPV- дрона. Підмінна координат GPS- навігації.

**Лекція 8..** Метод створення комбінованих завод системі дистанційного радіокерування. Методологія планування організаційно-технічних заходів радіопротидії.

Література: [1,4,6]

*Завдання для СРС.* Складні радіосигнали. Розробка комплексних планів застосування засобів радіопротидії

**Лекція 9.** Адаптація системи радіопротидії до умов і задач радіоелектронного прикриття. Моніторинг електромагнітної обстановки. Тенденції розвитку систем радіопротидії. Нові сфери застосування.

Література: [1,2,3]

*Завдання для СРС.* Оцінка ефективності системи радіопротидії. Радіоелектронне прикриття.

### Лабораторні заняття

•	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1.	Лабораторна робота «Методи виявлення і пеленгації радіотехнічних систем»	4
2.	Лабораторна робота «Спектральний аналіз сигналів джерел електромагнітного випромінення»	4
3.	Лабораторна робота «Виявлення і радіопротидія роботі бездротової камери спостереження»	4
4.	Лабораторна робота «Виявлення радіомережі передачі даних. Формування загороджувальної завади для системи зв'язку»	4
5.	Лабораторна робота «Придушення системи супутникової навігації у визначеній локації»	4
6.	Лабораторна робота «Виявлення і порушення роботи системи дистанційного радіокерування»	4
7.	Лабораторна робота «Дослідження методів формування активно-шумової завади »	4
8.	Лабораторна робота «Порушення роботи системи мобільного зв'язку у визначеному районі»	4
9.	Лабораторна робота «Способи формування комплексної прицільної завади»	4
	Всього	36

### 6. Самостійна робота студента

	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Вивчення стандартів діапазонів частот радіотехнічних систем.	1
2	Основні параметри радіозавад, їх особливості.	1
3	Ефективність дії засобу радіопротидії.	1
4	Теорія р-п переходу, його стійкість до зовнішнього електромагнітного впливу.	1
5	Статистичні критерії виявлення сигналів радіосистем. Алгоритм виявлення.	1
6	Відтворення спектру сигналу по результатам спостереження.	1

7	Основні параметри радіолокаційних систем,	1
8	Просторова селекція джерел електромагнітного випромінення.	1
9	Кореляційний прийом радіосигналу.	1
10	Показники якості передачі інформації.	1
11	Співвідношення сигнал/шум, як критична умова передачі даних.	1
12	Метод перевантаження пропускної здатності системи зв'язку.	1
13	Система LoRa передачі команд для FPV- дрона.	1
14	Підмінна координат GPS- навігації.	1
15	Складні радіосигнали.	1
16	Розробка комплексних планів застосування засобів радіопротидії	1
17	Оцінка ефективності системи радіопротидії.	1
18	Радіоелектронне прикриття.	1
19	Підготовка звіту з лабораторної роботи	22
20	Підготовка до модульної контрольної роботи	6
21	Підготовка до Заліку	10
	Всього	66

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Рекомендовані методи навчання:** вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, виконання лабораторних робіт. Студенту рекомендується вести докладний конспект лекцій. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять, контрольних заходів, заліку та іспиту. Метою лабораторних робіт є: поглиблення і закріплення теоретичних знань, набуття навиків моделювання з використанням обчислювальної техніки, набуття навиків оцінки достовірності отриманих результатів та оформлення документів. Програмне забезпечення реалізоване в обчислювальному середовищі для наукових і інженерних розрахунків Matlab, Mathcad.

**Правила відвідування занять.** Відвідування лекцій, лабораторних занять оцінюється. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових контрольних заходів. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентами лабораторних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

На лекції заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. задають в кінці лекції у відведений для цього час.

**Призначення заохочувальних та штрафних балів.** Заохочувальні бали виставляються за: активну участь у конкурсах робіт, підготовку та публікацію наукових статей і тезисів доповідей на наукових конференціях, участь в науково-дослідній роботі на тему, що відповідає темам дисципліни. **Кількість заохочуваних балів не більше 10;**

Штрафні бали можуть виставлятися за несвоєчасний захист лабораторних робіт. **Кількість штрафних балів не більше 10.**

**Академічна доброчесність** Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Норми етичної поведінки** Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Навчання іноземною мовою** Навчальна дисципліна передбачає її вивчення на українській мові..

Студенти мають можливість отримати знання з окремих тем та розділів навчальної дисципліни на навчальних курсах платформи Coursera (<https://www.coursera.org>), Prometheus (<https://prometheus.org.ua>) та ін., у якості змішаного чи додаткового навчання згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

### **8.1. Види контролю**

Поточний контроль: здійснюється шляхом опитування на лабораторних заняттях та при виконанні МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: Залік.

8.1. Календарна проміжна атестація студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 8 балів. Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 22 балів.

### **8.2 Рейтингова система оцінювання результатів навчання.**

PCO першого типу передбачає оцінювання результатів навчальної діяльності здобувача впродовж семестру – проходження або виконання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю (далі – PCO-1).

### **8.2. Рейтингова система оцінювання результатів навчання.**

1. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.

2. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю та заохочувальних/штрафних балів.

3. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

**4.** Положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни.

**5.** РСО з дисципліни, семестровий контроль з якої передбачений у вигляді екзамену, складається з двох складових: стартової – призначена для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру; екзаменаційної – призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені (п. 3.17 ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського).

### **8.3. Критерії нарахування балів.**

1. В семестрі виконуються 9 лабораторних робіт. Сума балів за виконання та захист звіту з лабораторної роботи – 10 балів.

2. Виконання та захист лабораторних робіт – **9x10=90 балів.**

3. Модульний контроль МКР – **10 бали.**

4. Складання заліку – **100 балів.**

**Модульний контроль (МКР)** має 2 питання.

За кожне питання окремо вираховуються бали.

В результаті оцінка за МКР:

- повна відповідь - **10 балів**

- повна відповідь з неістотними помилками - 8 балів

- повна відповідь з істотними помилками - 6 балів

- неповна відповідь - 4 бали,

- зміст відповідь не відноситься до суті питання, або відсутня відповідь на питання МКР - 0 балів,

### **Звіт з виконання лабораторної роботи.**

Студент не допускається до захисту, якщо звіт не оформлений відповідно до вимог.

В результаті захисту звіту:

- повна відповідь - **10 балів**

- повна відповідь з неістотними помилками - 8 бали

- повна відповідь з істотними помилками - 6 бали



- неповна відповідь - 4 бали,

- зміст відповідь не відноситься до суті лабораторної роботи, або результати дослідження, під час виконання лабораторної роботи, не отримані - 0 балів.

### **Оцінка залікової контрольної роботи ( $R_E$ ).**

Студенти дають письмово відповіді на запитання.

Система оцінювання відповіді на питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 95-100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації, або незначні неточності) – 85- 94 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 80% потрібної інформації, або незначні неточності) – 75-84 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 70% потрібної інформації та деякі помилки) – 65-74 балів;
- «достатньо» 60-64 неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації та грубі помилки)
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 бали, **залік вважається не зданий.**

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (позиції 1-3) протягом семестру ( $R_C$ ) складає: 100 балів.

PCO з дисципліни, семестровий контроль з якої передбачений у формі заліку, для очної форми навчання розробляється за типом PCO-1 і включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру.

Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів.

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, застосовується варіант: «жорстка» РСО – попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за семестрове індивідуальне завдання) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Оцінки за освітній компонент визначаються згідно з таблицею:

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою**

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни;
- попередня рейтингова оцінка з дисципліни доводиться до студентів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі;
- календарна атестація студентів з дисципліни проводиться викладачами за значенням поточного рейтингу студента на час атестації  $t$ . Якщо значення цього рейтингу не менше 50% від максимально можливого ( $R_t$ ) на час атестації  $RD_t \geq 0,5R$ , студент вважається задовільно атестованим. В іншому випадку - в атестаційній відомості виставляється «не атестований».
- Дистанційний курс за адресом: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6372>

### **Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

Лабораторні стенди для дослідження теоретичних засад дисципліни розміщені у 215 аудиторії кафедри радіотехнічних систем, навчальний корпус №17

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Чмельов В. О.](#);

**Ухвалено** кафедрою РТС (протокол № 06/2025 від 24.06.2025 )

**Погоджено** методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06/2025 від 25.06.2025 )