

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

(підпис) Сергій ОЛІЙНИК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«01» вересня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Статистична теорія радіотехнічних систем

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації», G «Інженерія,
виробництво та будівництво»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка», G5 «Електроніка,
електронні комунікації, приладобудування та
радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: *перший (бакалаврський)*

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник:

Абрамов О.Д... доцент кафедри 501, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____
аерокосмічних радіоелектронних систем
(назва кафедри)

Протокол № 13/24-25 від «28» серпня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри


(підпис)

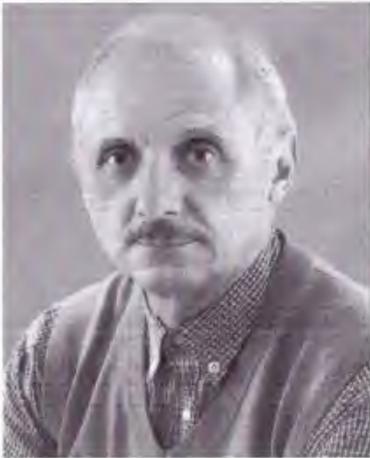
Віктор БАРОВСЬКИЙ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

_____ 
(підпис)

Павло Турковський
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Абрамов Олександр Дмитрович

Посада: доцент

Науковий ступінь: к.т.н.

Вчене звання:

Перелік дисциплін, які викладає:

Статистична теорія радіотехнічних систем

Напрями наукових досліджень:

*Дистанційні дослідження земної поверхні
радіотехнічними засобами та методами*

Контактна інформація:

o.abramov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	5 (гр. 536-ст), 6 (гр. 536, 536а), 7 (гр. 546, 546а)
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна (5 і 7 семестр): 4,5 кредитів ЄКТС / 135 годин (лекції – 32; лабораторні та/або практичні заняття – 32, самостійна робота – 71); денна (6 семестр): 2,5 кредитів ЄКТС / 75 годин (лекції – 16; лабораторні заняття – 8; практичні заняття – 8, самостійна робота – 43).</i>
Види навчальної діяльності	Лекції (5, 6, 7 семестр), лабораторні заняття (5, 6, 7 семестр), практичні (семінарські) заняття (6 семестр), РР (5, 7 семестр), самостійна робота (5, 6, 7 семестр)
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль: 6 семестр – залік, 5 та 7 семестр – іспит.
Пререквізити	Вища математика, Фізика, Вступ до фаху
Кореквізити	Основи конструювання радіоелектронних засобів, Основи теорії цифрового зв'язку, Антенні пристрої
Постреквізити	Інформаційно-вимірювальні радіотехнічні системи, Інформаційно-телекомунікаційні мережі, Статистична теорія радіотехнічних систем

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – дати знання про технологіям синтезу радіотехнічних систем та комплексах різноманітного призначення, включаючи аерокосмічного та супутникового базування, аналізу їх якісних показників.що

Завдання – вивчення основних законів, властивостей, та методів дослідження радіотехнічних сигналів та систем.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

– здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі електронних комунікацій та радіотехніки, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК) Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде мати:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності (ЗК-13).

Спеціальні компетентності (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде мати:

- здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства (ФК-1);
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ФК-3);
- готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики телекомунікацій та радіотехніки (ФК-14);
- здатність проводити розрахунки у процесі проектування телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ФК-15).

Програмні результати навчання (ПРН):

- знання теорії та методів загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності (ПРН-1);
- вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у

- відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно (ПРН-5);
- вміння схемотехнічно проектувати нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо (ПРН-6);
 - здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем авіаційного та космічного базування, систем телевізійного й радіомовлення тощо (ПРН-7);
 - вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо (ПРН-8).

4. Зміст навчальної дисципліни **Осінній семестр** **МОДУЛЬ 1**

Змістовний модуль 1.Виявлення сигналів.

Тема 1. Вступ.

Виявлення сигналів. Математичні моделі радіолокаційних задач. Загальне вирішення задачі виявлення. Виявлення повністю відомого сигналу.

Лекція 1. Вступ. Сигнал. Процес виявлення.

Практичне заняття 1

Лекція 2. Дискретні повідомлення. Часова дискретизація безперервних сигналів.

Практичне заняття 2.

Тема 2. Оптимальний алгоритм виявлення.

Оптимальний алгоритм виявлення. Якісні показники виявлення. Пороговий сигнал.

Лекція 3. Зміст розрізняючої здатності. Розрізняюча здатність РЛС з дальності.

Практичне заняття 3

Лекція 4. Оптимальний алгоритм.. Пороговий сигнал.

Лабораторне заняття 4 Виявлення сигналів. Ортогональність.

Самостійна робота.

Тема 3. Виявлення сигналу на фоні гаусовської завади.

Лекція 5. Виявлення сигналів з невідомими початковими початковою фазою та інтенсивністю. Виявлення на фоні гаусовської завади.

Лабораторне заняття 5. Виявлення сигналу на фоні завад.

Самостійна робота.

Тема 4. Розрізнювання сигналів.

Розрізнювання сигналів. Оптимальна обробка радіолокаційних сигналів. ЛЧМ та ФМ сигнали. Розрізнювальна здатність РЛС за часом та частотою.

Лекція 6. Розрізнювання сигналів.

Практичне заняття 6.

Самостійна робота .

Тема 5. Вибір форми радіолокаційних сигналів. Функція невизначеності.

Вибір форми радіолокаційних сигналів. Розрізнювальна здатність РЛС з часу та частоти. Функція невизначеності з часу та частоти.

Лекція 7. ЛЧМ та ФМ сигнали. Функція невизначеності з часу та частоти.

Розрізнювальна здатність за часом та частотою.

Практичне заняття 7.

Самостійна робота: виконання домашнього завдання 3.

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Оцінка параметрів сигналів.

Тема 6. Формулювання задачі.

Байєсовській підхід до вирішення задачі. Квадратична функція втрат та середньоквадратична похибка. Оптимальний алгоритм оцінювання параметрів. Сигнали з обмеженим спектром. Теорема відліків. Відновлення безперервного сигналу по дискретних відліках. Методи аналізу дискретних сигналів. Перетворення Фур'є від дискретного неперіодичного сигналу.

Лекція 8. Формулювання задачі оцінювання параметрів сигналів. Функція втрат та середньоквадратична похибка. Оцінка за методом максимуму правдоподібності.

Практичне заняття 8

Тема 7. Характеристики оцінок.

Характеристики оцінок. Гранична дисперсія.

Лекція 9. Характеристика оцінок. Розрахунок граничної дисперсії. Формула Крамера.

Практичне заняття 9

Змістовний модуль 3. Аномальні похибки.

Тема 8. Характеристика алгоритмів оцінювання..

Аналіз різних видів алгоритмів .

Лекція 10. Види аномальних похибок. Пошукові та слідкуючі алгоритми оцінювання радіолокаційних сигналів.

Практичне заняття 10.

Самостійна робота: виконання домашнього завдання 4. Підготовка до модульного контролю 1.

Змістовний модуль 4. Приклади реалізації алгоритмів

Тема 9. Реалізація алгоритмів до різних радіотехнічних систем.

Особливості алгоритмів при їх практичній реалізації в цифрових системах обробки інформації.

Лекція 11. Приклади реалізації оптимальних алгоритмів оцінювання параметрів сигналів в різних радіотехнічних системах.

Лабораторне заняття 11.

Самостійна робота: виконання домашнього завдання РГР.

Тема 10. Методи оцінювання основних характеристик реальних сигналів.

Оцінка початкової фази, амплітуди при невідомій початковій фазі, частоти сигналу та інших параметрів.

Лекція 12. Аналіз алгоритмі оцінок початкової фази гармонійного сигналу, амплітуди при невідомій початковій фазі.

Оцінка частоти сигналу на тлі перешкод Оцінка запізнення сигналу на тлі перешкод. Сумісна оцінка запізнення та частоти на тлі перешкод.

Лабораторне заняття 12.

Лекція 13. Сумісна оцінка запізнювання та частоти сигналу при невідомій початковій фазі.

Лабораторне заняття 13.

Тема 11. Основи теорії вимірювання змінних у часі параметрів.

Основні відомості до фільтрації процесів.

Лекція 14. Формулювання задачі до вимірювання змінних параметрів. Моделі повідомлень на базі стохастичних диференціальних рівнянь.

Лабораторне заняття 14.

Самостійна робота: виконання домашнього завдання.

Тема 12. Вирішення задачі вимірювання змінних параметрів.

Часова дискретизація рівнянь спостереження та повідомлення. Види фільтрів.

Лекція 15. Загальне вирішення задачі фільтрації у дискретному часі. Фільтр Калмана.

Лекція 16. Лінійна фільтрація у безупинному часі. Аналоговий фільтр Калмана. Огляд важливіших напрямків розвитку сучасної статистичної теорії інформаційних систем

Практичне заняття 11.

Практичне заняття 12.

Самостійна робота: підготовка до модульного контролю 2.

Весняний семестр МОДУЛЬ 3.

Змістовний модуль 1. Класифікація повідомлень і сигналів.

Тема 1. Безперервні та дискретні повідомлення.

Поняття повідомлення. Безперервні та дискретні повідомлення.

Лекція 1. Класифікація повідомлень і сигналів. Безперервні та цифрові повідомлення. Часова дискретизація безперервних сигналів. Теорема Котельникова та її наслідки. Квантування повідомлень.

Практичне заняття 1. Математична модель повідомлення.

Практичне заняття 2. Радіосигнали, огибаюча, повна фаза частоти вузькосмугового сигналу.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять.

Тема 2. Стохастичні сигнали

Загальні відомості до розподілу радіосигналів.

Лекція 2. Вирішення задачі розподілу сигналів. Стохастичні сигнали. Опис за допомогою n -мірної щільності ймовірності. Нормальні процеси. Моделі перешкод. Функція правдоподібності.

Практичне заняття 3. Перетворення Вінера-Хінчина та його властивості. Щільність ймовірності нормальної перешкоди.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять.

Змістовний модуль 2. Розподіл сигналів.

Тема 3. Загальні відомості до розподілу сигналів.

Теорія статистичних рішень. Застосування теорії статистичних рішень до оптимального приймання цифрових сигналів.

Лекція 3. Вирішення задачі оптимального розподілу двох сигналів.

Практична робота 4. Лабораторна робота 1: Оптимальне розрізнення двох повністю відомих сигналів.

Лекція 4. Алгоритми оптимального розподілу до конкретних сигналів.

Практичне заняття 5. Вирішення задач до оптимального розділення.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять.

Практична робота 6. Лабораторна робота 1: Оптимальне розрізнення двох повністю відомих сигналів.

Тема 4. Якість розподілу. Ймовірність похибки при оптимальному розподілу.

Розподіл сигналів з невідомими початковими фазами. Якість розподілу. Розподіл сигналів з невідомими початковою фазою та інтенсивністю.

Лекція 5. Розподіл сигналів з невідомою початковою фазою, з невідомими початковою фазою та інтенсивністю.

Практичне заняття 6.

Лабораторна робота 2. Розрізнення двох сигналів з невідомими початковими фазами.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять.

Модуль 4

Тема 5. Схемні методи до розділення сигналів.

Формування кореляційного інтегралу.

Лекція 6. Схемні методи формування комплексного кореляційного інтегралу.

Лабораторна робота 2. Розрізнення двох сигналів з невідомими початковими фазами.

Тема 6. Особливості розподілу сигналів з КІМ.

Розподіл М сигналів. .

Лекція 7. Поліпшення якості розподілу при використанні ортогональних сигналів. Розподіл М сигналів.

Практичне заняття 7.

Модульний контроль 3.

Тема 7. ФМ-шумоподібні сигнали.

Поняття ФМ-шумоподібних сигналів. Їх властивості.

Лекція 8. ФМ-шумоподібні сигнали. Їх властивості, практичні схеми їх формування. Використання ФМ-шумоподібних сигналів до підвищення характеристик РТС..

Практичне заняття 8.

5. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему: «Розрахунок та моделювання особливостей розподілу сигналів в радіотехнічних системах».

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліку та іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 5 та 7			
Модуль 1			
Робота на лекціях	0,625	14	8,75
Виконання лабораторних робіт	5	1	5
Разрахункова робота	15	1	15
Модульний контроль	21	1	25
Модуль 2			
Робота на лекціях	0,625	18	11,25
Виконання лабораторних робіт	5	2	10
Модульний контроль	25	1	25
Усього за семестр			0...100
Семестр 6			
Модуль 3			
Робота на лекціях, практич. занят. та лабораторних роботах	3	10	30
Виконання лабораторних робіт	6	2	12
Модульний контроль	25	1	25
Модуль 4			
Робота на лекціях, практичних заняттях та лабораторних роботах	3	6	18
Модульний контроль	15	1	15
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (залік в шостому семестрі та іспит в п'ятому і сьомому семестрах) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до заліку або іспиту. Під час складання семестрового заліку та іспиту здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку та іспиту складається з двох теоретичних питань та двох задач. Максимум балів за теоретичне питання – 32, за задачу – 18 (сума – 100 балів).

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи, виконати та захистити розрахункову роботу. Знати основи спектрального аналізу та цифрової обробки сигналів. Вміти аналізувати найпростішу радіотехнічну систему.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань, виконати усі завдання в обумовлений викладачем строк. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Виконати та захистити розрахункову роботу з поясненнями. Зробити та здати власноруч розв'язані домашні завдання. Знати та вміти виконувати спектральний аналіз сигналів. Знати та вміти реалізовувати перетворення сигналів при їх цифровій обробці. Вміти аналізувати найпростішу радіотехнічну систему за різними показниками.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Відпрацювати та захистити безпомілково всі лабораторні роботи з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Виконати та відмінно захистити розрахункову роботу з поясненнями. Зробити та здати власноруч розв'язані домашні завдання з вірними рішеннями. Досконально знати та вміти виконувати спектральний аналіз сигналів, реалізовувати перетворення сигналів при їх цифровій обробці. Вміти аналізувати будь-яку радіотехнічну систему за різними показниками.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі

освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenty/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

- 1) Основи статистичної теорії радіотехнічних систем / Абрамов О.Д., Фалькович С.Я., Инкарбаева О.С., Колесніков Д.В. – Методичний посібник. - Х: - Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2024 . – 44 с.
- 2) Статистична теорія радіотехнічних систем / Абрамов О.Д., Нежалський Р.В., Фалькович С.Е. - Методичний посібник з лаб. практикуму. - Х: - Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2005. – 41 с.
- 3) Статистична теорія радіотехнічних систем. Основні задачі та приклади їх розв'язання / Абрамов О.Д., Лесной В.О., Панасенко Ф.Ю. – Методичний посібник. - Х: - Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2021. – 56 с.

Осінній семестр

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2844>

Весняний семестр

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8038>

11. Рекомендована література

Базова

- 1) Основи статистичної теорії інформаційно-вимірювальних радіотехнічних систем: підручник /П.Ю.Костенко,С.Я.Флькович –Х. :ХНУПС.-2021. - 612 с.
- 2) Мандзій, Б. А. Сигнали та процеси у радіотехніці. - «Львівська політехніка», 2019. - 240 с.

Допоміжна

- 1) Гумен, М. Б. Основи теорії процесів в інформаційних системах: підручник (у 2-х кн.). / М. Б. Гумен, В. М. Співак, С. К. Мещанінов, Г. Г. Власюк, Т. Ф. Гумен. – 2-е вид., зі змінами і доповн. – К: Кафедра, 2017. – 281 с.
- 2) Теорія сигналів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.О. Попов. – Електронні текстові данні (1 файл: 7399 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.

12. Інформаційні ресурси

- 1) Курс EdX, ІІТ Bombay, Gadre Vikram M., “Signal and systems” part 1-2, 2015 (<https://www.edx.org/course/signals-systems-part-1-iitbombayx-ee210-1x-2> та <https://www.edx.org/course/signals-systems-part-2-iitbombayx-ee210-2x-2>)
- 2) Матеріали, MIT OCW, Alan V. Oppenheim, “Signal and systems”, 1987 (<https://ocw.mit.edu/resources/res-6-007-signals-and-systems-spring-2011/index.htm>)
- 3) Матеріали, MIT OCW, Dennis Freeman, “Signal and systems”, 2011 (<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-003-signals-and-systems-fall-2011/index.htm>)