

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

Кафедра аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Анатолій ПОПОВ
(підпис) (ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Математичні методи моделювання і оптимальних рішень

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Силабус введено в дію з 29.08.2025

Харків – 2025 р.

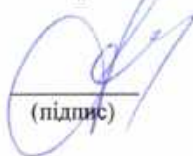
Розробник (и): Нежальська К.М., доцент кафедри 501, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

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

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

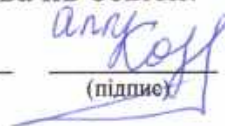
В.о. завідувача кафедри


(підпис)

Віктор БАРОВСЬКИЙ
(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

_____ студентка групи 566 _____


(підпис)

Анна КОВАЛЕВСЬКА
(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача

Фото

ПІБ: Нежальська Ксенія Миколаївна

Посада: доцент

Науковий ступінь: к.т.н.

Вчене звання:

Перелік дисциплін, які викладає:

*Сигнали та процеси, Теорія електричних кіл,
Математичні методи моделювання і оптимальних
рішень*

Напрями наукових досліджень:

*Дистанційні дослідження земної поверхні
радіотехнічними засобами та методами*

Контактна інформація:

k.nezhalska@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна</i> : 6 кредитів ЄКТС / 180 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 40, практичні – 24; СРЗ – 116)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні (семінарські) заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	Теорія електричних кіл, Сигнали та процеси, Статистична теорія радіотехнічних систем
Кореквізити	Формування та обробка зображень у оптичних та радіолокаційних системах
Постреквізити	Математичні методи моделювання і оптимальних рішень (курсова робота), Сучасні методи та системи дистанційного зондування, Проектування вбудованих систем цифрової обробки сигналів

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

Мета – дати знання про основні поняття моделювання: модель, оригінал, види моделювання, принципи та цілі моделювання, класифікацію моделей; про методи аналізу систем фільтрації регулярних та випадкових впливів; особливості моделювання процесів та систем, відповідний математичний апарат, а також знання про методи оптимізації радіотехнічних систем, та про оптимізацію прийняття статистичних рішень в цих системах.

Завдання - вивчення методів та алгоритмів моделювання регулярних процесів, моделювання випадкових процесів з різними законами розподілу ймовірностей та кореляційними властивостями. Оптимізація обробки регулярних та випадкових процесів в системах їх лінійної та нелінійної фільтрації.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

- здатність розв'язувати складні задачі та проблеми у галузі радіотехніки та електронних комунікацій, що передбачає проведення досліджень, виконання проектних та експлуатаційних робіт, та/або здійснення інновацій, та характеризується невизначеністю умов і вимог.

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

- здатність виявляти сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв'язання (ЗК-1);
- здатність аналізувати, оцінювати наявну інформацію в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності (ЗК-2);
- здатність генерувати нові ідеї (креативність), знаходити оптимальні шляхи щодо їх реалізації (ЗК-3);
- здатність до самостійного пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-4);
- здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності (ЗК-5);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-11);
- навички роботи з ПК (ЗК-15).

Спеціальні компетентності (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде мати:

- здатність виявляти адекватну сутність науково-технічних проблем в професійній галузі, та застосовувати для їх вирішення відповідні математичні, наукові і технічні методи, а також технічні засоби і комп'ютерне програмне забезпечення (ФК-1);

- здатність продемонструвати та використовувати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для підтримки проектних і дослідницьких рішень (ФК-2);
- здатність використовувати знання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій для обробки та аналізу даних (ФК-3);
- здатність розробляти фізичні, математичні й імітаційні моделі радіоелектронних пристроїв та систем, що проектуються та досліджуються, виконувати їх моделювання (ФК-10);
- здатність і вміння проведення досліджень у галузі обробки цифрових та аналогових сигналів і зображень (ФК-11);
- здатність застосовувати математичну теорію організації і планування експерименту та обробки його результатів, розробляти плани проведення досліджень, вибирати алгоритми опрацювання вимірювальної інформації, а також застосовувати необхідне програмне забезпечення для автоматизації обчислень (ФК-12).

Програмні результати навчання (ПРН):

- знати і розуміти сучасні фізико-математичні та технічні методи дослідження та аналізу складних технічних систем, об'єктів та процесів, що застосовуються в інженерній і дослідницькій практиці (ПРН-1);
- вміти формулювати мету і завдання дослідження, складати план дослідження, вести бібліографічний пошук із застосуванням сучасних інформаційних технологій, використовувати сучасні методи наукового дослідження (ПРН-2);
- вміти аналізувати інженерні задачі, процеси і системи, обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; застосовувати необхідний математичний апарат та алгоритми при дослідженні та проектуванні радіотехнічних пристроїв, систем та комплексів (ПРН-3);
- знати принципи побудови і функціонування радіоелектронних систем та комплексів та їх математичні моделі. Розуміти методи синтезу радіотехнічних систем на основі критеріїв оптимальності, методи оптимального виявлення, розрізнення і розпізнавання сигналів в радіотехнічних системах, методи оцінювання параметрів сигналів. Вміти визначати критерії оптимальності проектування радіотехнічних систем. Вміти формулювати вимоги до технічних параметрів, проводити розрахунок і побудову, проводити розрахунок радіоелектронних систем та комплексів (ПРН-4);
- знати методологію наукових досліджень, процес і підходи до обробки теоретичної та практичної інформації; знати порядок апробації основних елементів наукової новизни. Вміти формулювати мету і завдання дослідження, складати план дослідження, вести бібліографічний пошук із застосуванням сучасних інформаційних технологій, використовувати сучасні методи наукового дослідження (ПРН-7);

- вміти розробляти фізичні, математичні й імітаційні моделі радіоелектронних пристроїв та систем що проектуються та досліджуються, виконувати їх моделювання з використанням сучасних апаратно-програмних середовищ (ПРН-8);
- знати сутність і зміст, особливості педагогічної моралі, категорій, норм, принципів, функції у процесі педагогічної діяльності, характеристики педагогічного процесу вищої школи, форми організації навчального процесу та використання педагогічних технологій (ПРН-15).

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Моделювання, моделі сигналів та систем.

Тема 1. Основні поняття моделювання та методи аналізу систем.

Предмет курсу. Структура курсу. Основні поняття моделювання: модель, оригінал, види моделювання, принципи та цілі моделювання, класифікація моделей. Методи аналізу систем фільтрації регулярних та випадкових впливів.

Лекція 1. Вступ. Основні поняття.

Лекція 2. Методи аналізу систем фільтрації регулярних та випадкових впливів. Метод диференційних рівнянь.

Лекція 3. Метод Лапласа. Метод перетворень Фур'є. Метод імпульсних характеристик.

Практичне заняття 1. Модель радіотехнічної системи.

Практичне заняття 2. Метод диференційних рівнянь.

Практичне заняття 3. Метод перетворень Фур'є.

Практичне заняття 4. Метод перетворень Лапласа.

Практичне заняття 5. Метод імпульсних характеристик.

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

Тема 2. Метод простору станів.

Метод простору станів задля аналізу систем фільтрації регулярних та випадкових впливів. Перехідна матриця станів, її значення та властивості, її побудова. Дискретне представлення методу простору станів.

Лекція 4. Метод простору станів.

Лекція 5. Схемна модель фільтра, який описується диференційним рівнянням.

Лекція 6. Розв'язання векторно-матричного диференційного рівняння. Перехідна матриця системи.

Лекція 7. Побудова перехідної матриці.

Лекція 8. Представлення рішень диференційних рівнянь в дискретній формі.

Практичне заняття 6. Метод простору станів.

Практичне заняття 7. Модульний контроль 1.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять, підготовка до модульного контролю 1.

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Оптимальна фільтрація та оптимальні фільтри.

Поняття оптимальної фільтрації. Вінерівська фільтрація, фізична реалізованість фільтрів, помилки фільтрації.

Тема 3. Вінерівська фільтрація

Лекція 9. Оптимальний фільтр Вінера.

Лекція 10. Алгоритм для отримання аналітичного виразу частотної характеристики фізично реалізованого фільтру Вінера.

Лекція 11. Розрахунок помилок оптимальної лінійної фільтрації.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій.

Тема 4. Калманівська фільтрація.

Калманівська фільтрація. Рівняння Ріккаті, запис рівнянь, розв'язання рівнянь. Процедура синтезу оптимальних фільтрів. Марківські процеси. Рівняння Стратоновича.

Лекція 12. Оптимальна лінійна фільтрація в просторі станів (фільтри Калмана-Б'юсі).

Лекція 13. Виведення диференційного рівняння для помилок фільтрації рівняння Ріккаті в оптимальному фільтрі Калмана.

Лекція 14. Деякі способи розв'язання рівняння Ріккаті.

Лекція 15. Приклади оптимальних фільтрів Калмана-Б'юсі.

Лекція 16. Синтез найпростішого двомірного фільтру Калмана.

Лекція 17. Синтез систем оптимальної нелінійної фільтрації входних впливів.

Лекція 18. Відомості з теорії марківських випадкових процесів.

Лекція 19. Виведення рівняння Стратоновича для апостеріорної щільності ймовірності. Розв'язання рівняння Стратоновича.

Лекція 20. Структура оптимального нелінійного фільтра. Синтез структури оптимального дискримінатора.

Практичне заняття 8. Розрахунок заданого присторою методом простору станів.

Практичне заняття 9. Моделювання заданого присторою методом простору станів.

Практичне заняття 10. Розрахунок фільтра на основі заданої формуючої схеми.

Практичне заняття 11. Моделювання фільтра на основі заданої формуючої схеми.

Практичне заняття 12. Модульний контроль 2.

Самостійна робота: повторення матеріалу лекцій, опрацювання матеріалу практичних занять, підготовка до модульного контролю 2.

5. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему: «Розрахунок та моделювання фільтра на основі заданої формулюючої схеми».

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 3			
Модуль 1			
Робота на лекціях	0,5	8	4
Робота на практичних заняттях	1,5	7	10,5
Модульний контроль	27	1	27
Модуль 2			
Робота на лекціях	0,5	12	6
Робота на практичних заняттях	1,5	5	7,5
Розрахункова робота	18	1	18
Модульний контроль	27	1	27
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (*залік в першому семестрі та іспит в другому семестрі*) 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. Виконати та захистити розрахункову роботу. Знати основи синтезу та аналізу систем фільтрації. Вміти аналізувати найпростішу радіотехнічну систему.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань, виконати усі завдання в обумовлений викладачем строк. Виконати та захистити розрахункову роботу з поясненнями. Знати принципи синтезу та аналізу систем фільтрації, основи їх побудови та моделювання. Вміти аналізувати радіотехнічну систему різними методами.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Активно працювати на практичних заняттях. Виконати та відмінно захистити розрахункову роботу з поясненнями. Досконально знати та вміти самостійно аналізувати роботу систем фільтрації. Володіти теоретичними знаннями та практичними навичками щодо синтезу систем фільтрації.

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, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу

інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброочесності. Виявлення ознак академічної недоброочесності 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-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

- 1) Фільтрація регулярних та випадкових впливів в динамічних радіосистемах літальних апаратів. Волосюк В.К., Нежальська К.М.
- 2) Матеріали в системі Ментор
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1532>

11. Рекомендована література

Базова

- 1) Богданова Н. В., Богданов О. В.. Математичне моделювання систем і процесів. 2022, Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. 85 с.
- 2) Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів. Навчальний посібник. 2017. Київ, НАУ. 326 с.

Допоміжна

- 1) Математичні методи моделювання: навчальний посібник / О.П. Чорний, В.К. Титюк, Н.М. Істоміна та ін. ; заг. ред. О.П. Чорний. – Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2016. – 234 с. : іл.
- 2) Математичне моделювання динамічних систем і процесів: Інструктивно-методичні матеріали для самостійної роботи здобувачів закладів вищої освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки/ Укладачі: Таміла Коломієць, Василь Михайленко, Анатолій Погоруй, Світлана Постова, Анатолій Франовський,. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2024. 60 с.
- 3) Mason, Ali. Ordinary Differential Equations with Applications. GB: EDTECH, 2018.-284p.
- 4) Mickens, Ronald E. Mathematical Modeling with Differential Equations. USA, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2022.-270p.
- 5) Kapur, J. N.. Mathematical Modeling. GB, Mercury Learning and Information. 2023. – 300 p.

- 6) Differential Equations: Methods and Applications. USA, STATES ACADEMIC Press, 2022.–241p.
- 7) Sundnes, Joakim. Solving Ordinary Differential Equations in Python. Germany, Springer Nature Switzerland, 2023.-114p.
- 8) Differential Equations: An Introduction, Murphy & Moore Publishing, 2022. – 242 p.

12. Інформаційні ресурси

- 1) Матеріали, MIT OCW, <https://ocw.mit.edu/courses/2-004-systems-modeling-and-control-ii-fall-2007/>
- 2) Матеріали, MIT OCW, <https://ocw.mit.edu/courses/2-003-modeling-dynamics-and-control-i-spring-2005/>