

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра вищої математики та системного аналізу (№ 405)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

О.Г.Ніколаєв  
(ініціали та прізвище)

«01» \_\_\_\_\_ 09 \_\_\_\_\_ 2020 р.

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: **12 «Інформаційні технології»**  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: **124 «Системний аналіз»**  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: **«Системний аналіз і управління»**  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2020 рік**

Силабус «Теорія керування» для студентів за спеціальністю

(назва дисципліни)

124 «Системний аналіз» освітньою програмою «Системний аналіз і управління»

« 09 » червня 2020 р. – 9 с.

Розробник: Головченко О.В., професор кафедри вищої математики та

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

системного аналізу, к.фіз.-мат.н., доцент

(підпис)

Силабус розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та

(назва кафедри)

системного аналізу

Протокол № 11 від «26» червня 2020 р.

Завідувач кафедри: д.фіз.-мат.н, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

О.Г.Ніколаєв

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

**Галузь знань:** 12 «Інформаційні технології»

**Спеціальність:** 124 «Системний аналіз»

**Освітня програма:** «Системний аналіз і управління»

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Форма навчання:** денна

**Семестр, в якому викладається дисципліна:** 7-й

**Дисципліна:** обов'язкова

**Загальна кількість годин/ кредитів за навчальним планом:** 120 годин/ 4 кредити ЄКТС

**Види занять:** лекції, практичні заняття

**Вид контролю:** іспит

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** визначення основних принципів і методів аналізу і синтезу систем керування динамічними об'єктами стосовно фізичних, технічних, технологічних, економічних процесів.

**Завдання:** навчитися математично описувати динамічні режими об'єктів керування в неперервному та дискретному часі, аналізувати стійкість, керованість і спостережливість динамічних систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні набути таких **компетентностей:**

### **інтегральна:**

здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

### **Загальні:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК4);
- здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово (ЗК5)
- 
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7).

### **Фахові:**

- здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів (ФК2);
- здатність формувати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії

- оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування (ФК5);
- здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з ясністю і точністю і в таких формах, які підходять для аудиторії як усно так і в письмовій формі (ФК9);
  - здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них (ФК10).

**Очікувані програмні результати навчання:**

- знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу (ПРН1);
- знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь у частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики (ПРН4);
- знати основи теорії оптимізації, оптимального керування та вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем (ПРН7).

**Міждисциплінарні зв'язки:** алгебра та геометрія, математичний аналіз, звичайні та у частинних похідних диференціальні рівняння, функціональний аналіз, варіаційне числення, фізика.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

**Змістовий модуль 1.** Дослідження і аналіз лінійних систем

##### **Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія керування»**

Предмет вивчення і задачі дисципліни „Теорія керування”. Основні етапи розвитку і становлення дисципліни. Система управління. Функціональна схема системи управління.

Кількість годин на тему – 2, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, самостійна робота – 0.

##### **Тема 2. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь**

Одновимірні та багатовимірні системи під дією детермінованих зусиль. Аналіз сигналів і систем. Зв'язок структурної схеми з диференціальним рівнянням. Диференціальні рівняння з'єднань. Зв'язок вхід-вихід. Стійкість, керованість та спостережливість системи.

Кількість годин на тему – 22, з них лекції – 8, практичні заняття – 8, самостійна робота – 6.

##### **Тема 3. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій**

Побудова перехідних функцій неперервних лінійних систем. Перехідні функції та імпульсні перехідні функції. Аналіз вихідних процесів.

Кількість годин на тему – 16, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 8.

#### **Тема 4. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень**

Одновимірні стаціонарні системи під дією детермінованих зусиль. Застосування перетворення Лапласа. Передаточні функції з'єднань. Застосування перетворення Фур'є. Частотні характеристики.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

#### **Тема 5. Одновимірні дискретні лінійні системи**

Одновимірні системи під дією детермінованих зусиль. Аналіз сигналів і систем. Зв'язок вхід-вихід. Аналіз вихідних процесів.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 6.

**Модульний контроль** – 2 години.

### **Модуль 2**

#### **Змістовий модуль 2. Задачі оптимального програмного керування**

##### **Тема 1. Основні поняття та постановка задач оптимального керування**

Математична модель об'єкта керування. Допустимі керування і додаткові умови. Критерій оптимальності. Постановка задач оптимального керування.

Кількість годин на тему – 4, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, самостійна робота – 2.

##### **Тема 2. Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального керування**

Варіація функціонала для задачі Майєра. Функція Гамільтона. Побудова розв'язку задачі Майєра з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Задачі Больца і Лагранжа з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Задача Майєра з довільним часом і без обмежень на правий кінець траєкторії. Задача Майєра з обмеженнями загального вигляду. Приклади застосування варіаційних методів у задачах оптимального керування.

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 6.

##### **Тема 3. Принцип максимуму Понтрягіна**

Обговорення принципу максимуму. Задача Майєра з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Приклади застосування принципу максимуму. Задача на швидкодію. Задача синтезу. Проблема синтезу оптимальних керувань. Дискретний принцип максимуму.

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 6.

#### **Змістовий модуль 3. Метод динамічного програмування**

##### **Тема 1. Динамічне програмування**

Метод динамічного програмування. Алгоритм методу динамічного програмування для задач з вільним правим кінцем траєкторії. Задачі з обмеженнями на правий кінець траєкторії. Зв'язок методу динамічного програмування з принципом максимуму Понтрягіна. Приклади застосування методу динамічного програмування.

Кількість годин на тему – 16, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 8.

**Модульний контроль за темами змістовних модулів 2 та 3 – 2 години.**

#### **4. Індивідуальні завдання**

Виконання розрахункової роботи «Дослідження неперервних систем автоматичного керування та розв'язання задач оптимального керування.»

#### **5. Методи навчання**

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

#### **6. Методи контролю**

Проведення поточного контролю у вигляді тестів, усної здачі індивідуальних робіт, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді семестрового контролю: іспит (проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску).

#### **7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти**

7.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| <b>Складові навчальної роботи</b>        | <b>Бали за одне заняття (завдання)</b> | <b>Кількість занять (завдань)</b> | <b>Сумарна кількість балів</b> |
|------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1</b>               |                                        |                                   |                                |
| Робота на лекціях                        | 0...0,5                                | 9                                 | 4,5                            |
| Робота на практичних заняттях            | 0...2                                  | 8                                 | 0...16                         |
| Самостійна робота                        | 0...1                                  | 8                                 | 0...8                          |
| Модульний контроль                       | 0...24                                 | 1                                 | 0...25                         |
| <b>Змістовний модуль 2 та 3</b>          |                                        |                                   |                                |
| Робота на лекціях                        | 0...0,5                                | 7                                 | 3,5                            |
| Робота на практичних заняттях            | 0...2                                  | 6                                 | 0...12                         |
| Самостійна робота                        | 0...1                                  | 6                                 | 0...6                          |
| Модульний контроль                       | 0...25                                 | 1                                 | 0...25                         |
| Виконання та захист розрахункової роботи | 0...20                                 | 1                                 | 0...20                         |
| <b>Всього за семестр (*)</b>             |                                        |                                   | <b>0...120</b>                 |

**(\*) Якщо кількість модульних балів у студента перевищує 100, то в якості підсумкової оцінки виставляється 100 балів.**

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та двох практичних завдань. За кожне теоретичне питання та практичне завдання студент може отримати до 25 балів. Максимальна сума всіх балів – 100.

## 7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

**знати:**

- функціональну схему системи керування;
- постановки задач розрахунків систем керування: задача аналізу, задача синтезу, задача ідентифікації;
- методи знаходження передаточних функцій, перехідних функцій, імпульсних перехідних функцій;
- основні задачі оптимального керування;
- принцип максимуму Понтрягіна.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

**уміти:**

- відрізнати системи керування за виглядом їх математичної моделі;
- аналізувати вихідні процеси;
- досліджувати стійкість, керованість, спостережливість лінійних систем.
- застосовувати класичні варіаційні методи, принцип максимуму, методи динамічного програмування;

## 7.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання. Знаходити передаточні функції, перехідні функції, імпульсні перехідні функції. Застосовувати методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального програмного керування. Відповіді студента розкривають суть питань без достатньої повноти і обґрунтування, або у відповідях є неправильне тлумачення окремих понять та неточність у формулюванні відповідних термінів.

**Добре (75-89).** Твердо знати матеріал, захистити всі індивідуальні завдання. Розв'язувати задачі аналізу та синтезу. Знаходити передаточні функції, перехідні функції, імпульсні перехідні функції з'єднань. Застосовувати методи класичного варіаційного числення та принцип максимуму Понтрягіна в задачах оптимального керування. Вміти розв'язувати рівняння Беллмана. У відповідях студента можуть допускатися окремі помилки непринципового характеру, які не впливають на розкриття суті теоретичних питань. Завдання в цілому виконуються без помилок, але в обґрунтуванні розв'язання є певні недоліки.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

Курсову роботу не передбачено навчальним планом.

Протягом семестру студент отримує бали за накопичувальною системою згідно з таблицею наведеною в п. 12.1. Дано деякі пояснення до таблиці.

Робота на лекції – активна форма засвоєння матеріалу курсу: 0,5 бала ставиться за продумані питання, які студент задає лектору, участь в обговоренні предмета лекції, відповіді на питання, які по ходу лекції задає викладач. Активність студента може заохочуватися додатковими коефіцієнтами, які множаться на 0,5 бала.

Робота на практичному занятті оцінюється так: 2 бали за самостійно розв'язану задачу або за обґрунтовану відповідь на теоретичне питання з доведенням основних положень; 1 бал за розв'язану задачу за допомогою викладача.

Самостійна робота – 1 бал ставиться студенту за виконання домашнього завдання разом з його захистом.

Індивідуальне завдання включає виконання та захист розрахункової роботи за темами, зазначеними в назві роботи.

Модульний контроль проводиться на 8 і 16 тижнях на практичних заняттях.

### **Шкала оцінювання: бальна і традиційна**

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

### **8. Методичне забезпечення**

**Підручники, навчальні посібники, які видані в Університеті:**

1. Головченко О.В., Курпа Л.І., Ніколаєв О.Г., Ванін В.А. Вараіаційні методи. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2008.
2. Андрусенко О.М., Ванін В.А., Головченко О.В., Кошовий А.Г. Теорія керування. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2007.

**Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни:** <https://library.khai.edu> . Комплекс включає в себе такі обов'язкові складові:



- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання розрахункових та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання для контрольних заходів.

## **9. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Головченко О.В., Курпа Л.І., Ніколаєв О.Г., Ванін В.А. Вараіаційні методи. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2008.
2. Андрусенко О.М., Ванін В.А., Головченко О.В., Кошовий А.Г. Теорія керування. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2007.
3. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія керування. – К. Либідь, 2007.

### **Допоміжна**

1. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Наука, 1960.
2. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука, 1966.
3. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление. – М.: Мир, 1972.
4. Згуровский М.З. Современная теория управления. – К.: УМКВО, 1989.
5. Кротов В. Ф. Основы теории оптимального управления. – М.: Высш. шк., 1990.
6. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. М. МАИ, 1995.
7. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961.
8. Пантелеев А.В., Бортакровский А.С. Теория управления в примерах и задачах. – М.: Высш. шк., 2003.
9. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969.

## **10. Інформаційні ресурси**

**Сайт бібліотеки** Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»  
<https://library.khai.edu>