

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”  
кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи  
Володимир Павліков  
« 31.08 » 2021 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**СИЛАБУС**  
**ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Методи проектування систем управління**  
(назва навчальної дисципліни)

**Галузі знань:** 03 Гуманітарні науки; 05 Соціальні та поведінкові науки;  
10 Природничі науки; 12 Інформаційні технології; 14 Електрична інженерія;  
13 Механічна інженерія; 15 Автоматизація та приладобудування;  
17 Електроніка та телекомунікації

**Спеціальності:** 033 Філософія; 051 Економіка; 103 Науки про Землю;  
113 Прикладна математика; 121 Інженерія програмного забезпечення;  
122 Комп'ютерні науки; 123 Комп'ютерна інженерія; 125 Кібербезпека; 142  
Енергетичне машинобудування; 132 Матеріалознавство; 134 Авіаційна та  
ракетно-космічна; 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології; 172 Телекомунікації та радіоелектроніка; 173 Авіоніка

**Освітньо-наукові програми:** «Філософія», «Економіка», «Дистанційні  
аерокосмічні дослідження», «Прикладна математика», «Інженерія  
програмного забезпечення», «Інформаційні технології», «Комп'ютерна  
інженерія», «Кібербезпека», «Матеріалознавство», «Авіаційна та ракетно-  
космічна техніка», «Енергетичне машинобудування», «Автоматизація,  
приладобудування та комп'ютерно-інтегровані технології», «Телекомунікації  
та радіоелектроніка», «Системи автономної навігації та адаптивного  
управління літальних апаратів».

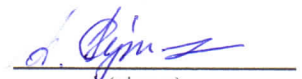
**Рівень вищої освіти:** третій (освітньо-науковий)

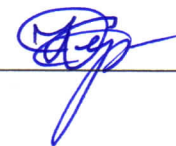
**Форма навчання:** денна

**Силабус введено в дію з 01.09.2021 року**

**Харків 2021**


Розробник: Анатолій Кулік, професор кафедри Систем управління літальних апаратів, д.т.н., професор

  
(підпис)


Гарант ОНП к.т.н., с.н.с.  К.Ю. Дергачов

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від “27” серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., с.н.с.  К.Ю. Дергачов

ПОГОДЖЕНО:  
Завідувач відділу аспірантури і докторантури  В. Б. Селевко

В.о. Голови наукового товариства студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених  С. С. Жила

## 1. Загальна інформація про викладача



**Кулік Анатолій Степанович, д.т.н., професор,  
лауреат Державної премії України**

викладає наступні дисципліни:

Теорія автоматичного управління;

Методи проектування систем управління;

Адаптивні системи управління літальними апаратами

Напрями наукових досліджень і круг професійних інтересів:

- авіоніка;
- відмовостійкі системи управління;
- раціональне управління автономними об'єктами.

E-mail: a.kulik@khai.edu

Phone: +38 (057)-788-43-01

### 1. Опис навчальної дисципліни

**Семестр, у якому викладається дисципліна - другий.**

**Обсяг дисципліни:**

7 кредитів ЄКТС (210 годин), у тому числі аудиторних занять 96 години,

самостійної роботи здобувача - 114 годин.

**Форми здобуття освіти:**

Денна.

**Дисципліна** – вибіркова.

**Види навчальної діяльності** – лекції, лабораторні та практичні роботи, самостійна робота здобувача.

**Види контролю** – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

**Мова викладання** – українська.

**Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити)** – теорія автоматичного управління, системи управління літальними апаратами, програмування на мові високого рівня.



### **3. Мета та завдання навчальної дисципліни**

#### **Мета**

Вивчення навчальної дисципліни «Методи проектування систем управління» полягає в формуванні системи знань, які дають змогу здобувачу зрозуміти особливість сучасних методів проектування, в тому числі цифрових систем, нелінійних систем, систем з неточними вимірюваннями параметрів стану об'єкта керування..

#### **Завдання**

Вивчення особливостей методів проектування сучасних систем управління.

*Після опанування дисципліни здобувач набуде наступних компетентностей:*

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань), тому системи реального часу використовуються в багатьох галузях (від військового призначення до медицини).

Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки, використовувати інноваційний досвід у галузі побудови сучасних систем управління.

*Очікується, що після опанування дисципліни здобувачем будуть досягнуті наступні результати навчання і він буде:*

Використовувати різні форми представлення систем та описувати їх різними методами (вербально, графічно, формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.

Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем.

Визначати структуру і параметри випробувального обладнання для проведення експериментів по визначенню характеристик приладів та систем управління, параметрів їх вузлів та виробів.

#### 4. Зміст навчальної дисципліни

##### Модуль 1.

**Змістовий модуль 1.** Основні етапи проектування оптимальних систем управління.

**Тема 1.** Побудова повної нелінійної математичної моделі; лінеаризація математичної моделі в стаціонарних режимах.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

**Теми практичних занять:** побудова математичних моделей відомих об'єктів автоматичного управління з урахуванням нелінійностей. Лінеаризація математичних моделей відомих об'єктів.

**Теми лабораторних занять:** дослідження об'єктів автоматичного управління в середовищі MatLab з урахуванням типових нелінійностей. Дослідження лінійних моделей в середовищі MatLab та порівняння лінійних та нелінійних моделей однієї системи.

**Тема 2.** Формування критерію якості функціонування системи.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** вивчення відомих критеріїв якості на прикладі однієї з моделей теми 1.

**Тема 3.** Синтез оптимальної за заданим критерієм системи управління з використанням сучасних методів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Розв'язання дискретної задачі динамічного програмування Белмана на прикладі відомого об'єкта автоматичного управління.



**Теми лабораторних занять:** дослідження об'єктів автоматичного управління в середовищі MatLab з урахуванням розв'язання дискретної задачі.

**Тема 4.** Аналіз синтезованої системи на відповідність технічним вимогам; повний аналіз системи на нелінійній моделі та уточнення параметрів регулятора.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Використання методів аналізу на відповідність технічним вимогам, які задавалися на етапі синтезу системи автоматичного управління.

**Теми лабораторних занять:** Математичне моделювання нелінійної моделі з використанням уточнення параметрів синтезованого регулятора.

**Модульний контроль 1** - Основні етапи проектування оптимальних систем управління.

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі) за матеріалами лекцій та лабораторних/практичних занять змістовного модуля №1.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю. Підготовка до модульного контролю.*

**Змістовий модуль 2.** Методи теорії оптимального управління.

**Тема 1.** Методи класичного варіаційного обчислення. Принцип максимуму Понтрягіна. Зв'язок принципу максимуму та класичного варіаційного обчислення.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Використання методів принципу максимуму Понтрягіна для синтезу оптимального керування літальним апаратом. Використання варіаційного обчислення в порівнянні з принципом максимуму Понтрягіна.

**Теми лабораторних занять:** Математичне моделювання системи управління літальним апаратом, синтезованої методами варіаційного обчислення.

**Тема 2.** Численні методи визначення оптимального управління. Метод динамічного програмування. Властивості оптимальної траєкторії, принцип оптимальності.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Тема 3.** Динамічне програмування. Функціональне рівняння Беллмана. Оптимальні по діагностиці алгоритми управління.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Використання методу динамічного програмування, пошук оптимального по діагностиці алгоритму управління безпілотного літального апарату.

**Тема 4.** Системи, оптимальні щодо витрати ресурсів та витрати енергії. Визначення оптимального алгоритму критерію витрати ресурсів. Умови вродженості оптимального з витрат ресурсів управління. Оптимізація за критерієм витрати енергії.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Синтез регулятора лінеаризованої системи руху квадрокоптера за квадратичним критерієм. Вивчення впливу різних критеріїв на математику регулятора.

**Теми лабораторних занять:** Дослідження системи управління бокового руху літального апарата, синтезованого за критеріями мінімізації витрат енергетичних ресурсів літального апарата.

**Тема 5.** Системи, оптимальні за квадратичним критерієм. Рівняння Ріккати, його властивості. Лінійні диференціальні задачі з управлінням та з обмеженнями квадратичного типу, де розв'язання рівняння Ріккати дає нам вигляд оптимального управління.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*



- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

**Змістовий модуль 3.** Проектування оптимальних систем при неповному та неточному вимірі вектора стану.

**Тема 1.** Загальна багатофункціональна структура проектування системи управління. Методи формування субоптимального закону управління за неповної інформації.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Теми практичних занять:** Аналіз та налаштування регулятора оптимальної системи неповної структури, аналіз можливої глибини неповного опису об'єкта управління.

**Теми лабораторних занять:** Математичне моделювання оптимального регулятора системи в неповною структурою.

**Тема 2.** Аналіз та налаштування регулятора оптимальної системи на нелінійній моделі. Імітаційне моделювання систем у нормальних та аварійних режимах роботи. Методи уточнення параметрів регулятора.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

**Модульний контроль 2** – Методи теорії оптимального управління, Проектування оптимальних систем при неповному та неточному вимірі вектора стану

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі) за матеріалами лекцій та лабораторних/практичних занять змістовного модуля №1.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю. Підготовка до модульного контролю.*

### **5. Індивідуальні завдання**

Не передбачено навчальним планом.

### **6. Методи навчання**

Словесні, наочні, практичні.



## 7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

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

| Складові навчальної роботи             | Бали за одне заняття | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--|----------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1</b>             |                      |                            |                         |
| Робота на лекціях                      | 0...2                | 3                          | 0...6                   |
| Виконання і захист практичних робіт    | 0...3                | 3                          | 0...9                   |
| Виконання і захист лабораторних робіт. | 0...5                | 2                          | 0...10                  |
| Модульний контроль                     | 0...10               | 1                          | 0...10                  |
| <b>Разом модуль 1</b>                  |                      |                            | <b>0...35</b>           |
| <b>Змістовний модуль 2</b>             |                      |                            |                         |
| Робота на лекціях                      | 0...1                | 4                          | 0...4                   |
| Виконання і захист практичних робіт    | 0...5                | 2                          | 0...10                  |
| Модульний контроль                     | 0...16               | 1                          | 0...16                  |
| <b>Разом модуль 2</b>                  |                      |                            | <b>0...30</b>           |
| <b>Змістовний модуль 3</b>             |                      |                            |                         |
| Робота на лекціях                      | 0...2                | 5                          | 0...10                  |
| Виконання і захист практичних робіт    | 1...5                | 5                          | 0...25                  |
| <b>Разом модуль 3</b>                  |                      |                            | <b>0...35</b>           |
| <b>Усього за семестр</b>               |                      |                            | <b>0...100</b>          |

Іспит проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для іспиту складається з 1 теоретичного питання, 1 теоретично-

практичного питання та одного практичного питання. За повну правильну відповідь на два перших запитання студент отримує по 30 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 40 балів.

## **9. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру**

### **1. Відмінно (90÷100 балів) виставляється здобувачу:**

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до курсу «Методи проектування систем управління». Виконав та захистив всі практичні, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи з методами проектування систем управління. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати теоретичне та практичне завдання.

1.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання, які були поставлені перед ним.

### **2. Добре (75÷89 балів) виставляється здобувачу:**

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистив всі практичні, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи зі структурами систем реального часу. Правильно розв'язує практичні завдання, його відповіді не є чіткими.

2.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

### **3. Задовільно (60÷74 бали) виставляється здобувачу:**

3.1 Який слабо володіє теоретичним матеріалом, має мінімум знань та умінь, допускає помилки у вирішенні практичних завдань. Захистив всі практичні, виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички роботи зі схемотехніки та архітектури систем реального часу.

3.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе за неточні та неповні відповіді на теоретичні та практичні запитання.

## 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 |

### 9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

### 10. Рекомендована література.

#### Базова.

1. Барсов В.І. Математичні методи та технічні засоби АСУ. Підручник для студентів ВНЗ. - Х.: МОН, УПА, 2012. – 302 с.
2. Бесекерській В.А., Попов О.П. «Теорія систем автоматичного управління» - 4-е вид., Перераб. і доп. - СПб.: Професія, 2003. - 747 с.
3. Методи синтезу систем автоматичної стабілізації та позиціонування [Текст] : навч. посібник / А. Є. Басова, А. С. Кулік, С. М. Пасічник, Н. М. Харіна. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. Ін-т», 2019. - 192 с.
4. Збірник задач із систем автоматичного управління / О.В.Гордін, К.Ю.Дергачов, В.Г.Джуглаков та ін.; під заг.ред. А.С.Куліка, В.Ф.Сімонова. – Харків, Нац.аерокосм.ун-т «Харк.нац.ін-т», 2009 – 206 с.
5. Motions models of a two-wheeled experimental sample. / A.Kulik, K.Dergachov, S.Pasichnik, S.Yashyn // Radioelektronic and computer system – 2021/ - №1. – С.40-49.



6. Ладанюк, А. П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами : навч. посіб. / А. П. Ладанюк, К. С. Архангельська, Л. О. Власенко — К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
7. Жукевич А.Б. Синтез систем управління електроприводами з ковзними режимами. - Сб.статей: «Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології», №92, 2021. – С.121-136.
8. Опорний конспект лекцій з дисципліни “Теорія автоматичного управління” для студентів ОКР «бакалавр», 6050201 – «Системна інженерія» / Укл.: Николайчук Я.М., Возна Н.Я.– Тернопіль: Гал-друк, 2015. – 59 с.

### **Допоміжна**

1. Сайт кафедри 301: **k301.khai.edu**.
2. Мокін, Б. І. Математичні методи ідентифікації динамічних систем : навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 260 с.
3. Фурман І.О., Малиновський М.Л., Джулгаков В.Г. та ін. Мікроелектронні засоби програмного керування / Під заг. Ред. І.О. Фурмана: Підручник для студентів ВНЗ. Харків: Факт, 2007. – 486 с.
4. Жукевич А.Б. Синтез і напівнатурне моделювання системи управління гідроприводу з ковзними режимами.- Сб.статей: «Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології», №87, 2020. – С.121-136.
5. Жукевич А.Б. Запуск сервера і зберігання даних для автоматизації виробничих підприємств на прикладі хмарних технологій. - МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Integrated Computer Technologies In Mechanical Engineering» ICTM-2019 – с.119-122.
6. Жукевич А.Б. Комплексний контроль працездатності пасажирського ліфта за допомогою штучного інтелекту. МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering» ICTM-2020. – с. 17-21.