

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

Кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Олена ГАВРИЛЕНКО

(підпис)

(ініціали та прізвище)

«26» серпня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи моделювання об'єктів автоматизації

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма: Інженерія мобільних додатків

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент кафедри систем управління літальних апаратів, к.т.н.
Сергій ПАСІЧНИК



(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
(№ 301) систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від “26” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри канд. техн. наук, доцент 

(підпис) Костянтин ДЕРГАЧОВ
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	<p>Галузь знань <u>15 «Автоматизація та приладобудування»</u></p> <p>Спеціальність <u>151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u></p> <p>Освітня програма <u>Інженерія мобільних додатків</u></p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік:
Кількість змістовних модулів – 3		2024/2025
Індивідуальні завдання: 1. «Побудова моделей промислової системи як об'єкта управління» – 5 семестр.		Семестр
Загальна кількість годин – 48/105		5-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Лекції
Семестр 5		16 год.
Аудиторних – 3 год.; самостійної роботи здобувача – 3,5 год.		Практичні
		16 год.
		Лабораторні¹⁾
		16 год.
		Самостійна робота
	57 год.	
	Вид контролю	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 48/57.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомити здобувачів з основними поняттями, визначеннями, ідеями, принципами та методами моделювання систем управління та здійснювати за їх допомогою дослідження динамічних властивостей об'єктів автоматичного і автоматизованого управління.

Завдання: отримання навичок побудови вербальної, графічної, математичної, машинної моделей та експериментального дослідження функціональних властивостей об'єктів автоматичного управління, вирішення задач структурної і параметричної ідентифікації математичної моделі у часовій і частотній областях.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності:

ФК1. Здатність застосовувати знання математики в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації.

ФК2. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях.

ФК3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації із застосуванням інженерії мобільних додатків.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику,

теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації.

ПРН2. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.

ПРН4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації в галузі інженерії мобільних додатків та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПРН6. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Пререквізити:

Фізика. Вища математика. Вступ до фаху.

Електроніка та основи схемотехніки.

Кореквізити:

Методи обчислень та моделювання на ЕОМ.

Датчики систем автоматизації.

Дистанційно-керовані приводи систем автоматики.

Постреквізити:

Теорія автоматичного управління.

Проектування систем управління.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 2.

Змістовний модуль 3. Особливості моделювання промислової системи як об'єкта управління.

Тема 10. Загальна структура системи управління. Призначення ланок, зв'язки, вхідні впливи. [5, С. 1–8], [2 доп, С. 10–14].

Тема 11. Промислові об'єкти як об'єкти автоматичного управління. Глобальні та локальні об'єкти. [3 доп].

Тема 12. Векторні рівняння динамічного руху об'єкта автоматизації. Поступальний рух. Обертальний рух. [5, С. 56–60].

Тема 13. Основні системи координат. Рухомі системи координат. [5, С. 35–38, 73–76, 96–100].

Тема 14. Координати та швидкості. Кути та кутові швидкості. [5, С. 26–33].

Модульний контроль.

Змістовний модуль 4. Динаміка руху твердого тіла.

Тема 15. Рівняння динаміки поступального руху елемента промислової системи як твердого тіла. Проекції імпульсу на осі зв'язаної системи координат, змінні, управляючі та збурюючі сили. [5, С. 51–63], [2 доп, С. 130–150].

Тема 16. Рівняння кінематики поступального руху як твердого тіла. Рівняння кінематики в зв'язаній, швидкісній та траекторній системах координат. [5, С. 36–46].

Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Проекції моменту імпульсу на осі зв'язаної системи координат, змінні, управляючі та збурюючі моменти. [5, С. 46–52].

Тема 18. Рівняння кінематики обертального руху твердого тіла. Рівняння Ейлера, Рівняння Пуассона. [5, С. 80–86].

Модульний контроль.

Змістовний модуль 5. Лінеаризовані моделі руху елементів промислових систем.

Тема 19. Класифікація видів динамічного руху об'єктів автоматизації. Повздовжній короткоперіодичний та довгоперіодичний рух. Ізольований кутовий рух. [5, С. 178–182].

Тема 20. Методика лінеаризації рівнянь руху. Вибір опорного руху, розкладення рівнянь в ряд Тейлора. [5, С. 178–182].

Тема 21. Лінійні рівняння повздовжнього руху. Система диференціальних рівнянь повздовжнього руху, керовані, управляючі та збурюючі змінні. [5, С. 182–186].

Тема 22. Рівняння короткоперіодичного руху. Структурні схеми, передавальні функції по управляючому впливу. [5, С. 187–195].

Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху. Структурні схеми, передавальні функції за управляючим впливом. [5, С. 195–198].

Тема 24. Математичні моделі ізольованого кутового руху. Структурні схеми, передаточні функції по управляючому впливу. Поняття керованості. [5, С. 198–202, 246–254].

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 2					
Змістовний модуль 3. Особливості моделювання промислової системи як об'єкта управління.					
1	2	3	4	5	6
Тема 10. Загальна структура системи управління. Призначення ланок, зв'язки, вхідні впливи.	4	1	–	–	3
Тема 11. Промислові об'єкти як об'єкти	4	1	–	–	3

автоматичного управління. Глобальні та локальні об'єкти.					
Тема 12. Векторні рівняння динамічного руху об'єкта автоматизації. Поступальний рух. Обертальний рух.	4	1	–	–	3
Тема 13. Основні системи координат. Рухомі системи координат	7	1	2	–	4
Тема 14. Координати та швидкості. Кути та кутові швидкості.	5	1	–	–	4
Модульний контроль.	5				5
Разом за змістовним модулем 3	29	5	2		22
Змістовний модуль 4. Динаміка літального апарату як твердого тіла.					
Тема 15. Рівняння динаміки поступального руху елемента промислової системи як твердого тіла.	7	1	2	2	2
Тема 16. Рівняння кінематики поступального руху як твердого тіла.	5	1	–	2	2
Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху твердого тіла.	8	1	2	2	3
Тема 18. Рівняння кінематики обертального руху твердого тіла.	5	1	–	2	2
Модульний контроль.	4				4
Разом за змістовним модулем 4	29	4	4	8	13
Змістовний модуль 5. Лінеаризовані моделі руху літака.					
Тема 19. Класифікація видів динамічного руху об'єктів автоматизації.	3	1	–	–	2
Тема 20. Методика лінеаризації рівнянь руху.	7	1	2	–	4
Тема 21. Лінійні рівняння поздовжнього руху.	8	1	2	2	3
Тема 22. Рівняння короткоперіодичного руху	8	1	2	2	3
Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху.	8	1	2	2	3
Тема 24. Математичні моделі ізольованого кутового руху.	9	2	2	2	3
Модульний контроль.	4				4
Разом за змістовним модулем 5	47	7	10	8	22
Разом за модулем 2	105	16	16	16	57

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачено	–

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

1	Перетворення систем координат з використанням матриць направляючих косинусів.	4
2	Побудова вербальної моделі об'єкту управління.	2
3	Побудова графічних моделей об'єкту управління.	2
4	Побудова математичної моделі ізольованого руху з використанням рівнянь законів збереження.	2
5	Побудова математичної моделі ізольованого руху з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.	4
6	Отримання лінеаризованих математичних моделей поздовжнього та бічного руху елемента об'єкта автоматизації.	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Експериментальне дослідження сили опору тіл різної конфігурації.	2
2	Експериментальне дослідження сили опору руху тіл різної конфігурації при різних швидкостях потоку.	2
3	Експериментальне дослідження моделей руху складних механічних ланцюгів.	2
4	Експериментальне дослідження аналогової моделі поздовжнього руху об'єкта автоматизації.	2
5	Експериментальне дослідження аналогової моделі бічного руху об'єкта автоматизації.	4
6	Експериментальне дослідження аналогової моделі об'єкта автоматизації як об'єкта автоматичного управління.	4
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
2	Тема 10. Загальна структура системи управління.	3
3	Тема 11. Промислові об'єкти як об'єкти автоматичного управління.	3
4	Тема 12. Векторні рівняння динамічного руху об'єкта автоматизації.	3
5	Тема 13. Основні системи координат.	4
6	Тема 14. Координати та швидкості. Кути та кутові швидкості.	4
7	Тема 15. Рівняння динаміки поступального руху елемента промислової системи як твердого тіла.	2
8	Тема 16. Рівняння кінематики поступального руху як	2

	твердого тіла.	
9	Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху твердого тіла.	3
10	Тема 18. Рівняння кінематики обертального руху твердого тіла.	2
11	Тема 19. Класифікація видів динамічного руху об'єктів автоматизації.	2
12	Тема 20. Методика лінеаризації рівнянь руху.	4
13	Тема 21. Лінійні рівняння поздовжнього руху.	3
14	Тема 22. Рівняння короткоперіодичного руху.	3
15	Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху.	3
16	Тема 24. Математичні моделі ізольованого кутового руху.	3
17	Модульний контроль	13
	Разом	57

9. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахункової роботи «Побудова моделей промислової системи як об'єкта управління» – 5 семестр.

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, захисту індивідуальних розрахунково-графічних робіт відповідно до змістовних модулів і тем, фінальний контроль – у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Семестр 5

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
1	2	3	4
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	2,5	0...2,5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	1	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...6	1	0...6
Модульний контроль	0...5	1	0...5

Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	2	0...12
Виконання і захист практичних робіт	0...6	2	0...12
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 5			
Робота на лекціях	0...1	3,5	0...3,5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	3	0...18
Виконання і захист практичних робіт	0...6	3	0...18
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Виконання і захист РР	1...5	1	0...5
Усього за семестр		0...100	

Білет для іспиту складається з теоретичних та практичних запитань. Наприклад:

1. Векторні рівняння просторового руху літального апарату. Максимальна кількість балів – 20.

2. Отримати матрицю направляючих косинусів для переходу від нормальної рухомої системи координат до зв'язаної системи координат літака. Розрахувати компоненти матриці за заданими кутами Ейлера-Крилова: $\psi=15$ град; $\nu=20$ град; $\gamma=8$ град. Максимальна кількість балів – 40.

3. Зібрати схему моделювання поздовжнього руху маневреного літака. Забезпечити значення кутової швидкості тангажу $\omega_z = 20$ рад/с. Максимальна кількість балів – 40.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60–74). Мати мінімум знань та умінь. Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання, мати не впевнені практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління.

Добре (75–89). Твердо знати мінімум, виконати усі завдання. Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання з оцінкою «добре», мати практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління. Правильно вирішувати практичні завдання з графічної лінеаризації статичних характеристик, аналітичної лінеаризації нелінійних рівнянь, аналітично отримувати характеристики об'єктів моделювання, виконувати масштабування лінеаризованих рівнянь математичної моделі.

Відмінно (90–100). Твердо знати базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни. Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», мати тверді практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління.

Вільно користуватися навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміти логічно і чітко скласти свою відповідь, вирішувати практичні та лабораторні завдання.

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	Незараховано

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Основи моделювання об'єктів автоматизації».
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання практичних робіт.
4. Робочі зошити для виконання розрахунково-графічних робіт.
5. Універсальний лабораторний стенд на базі аналогової обчислювальної машини МН-7. Технічний опис.
6. НМКД в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. <https://drive.google.com/drive/u/2/folders/13lZvGG913sQ46EYd0mgO5XHgjXyFlUta>.
7. Посилання на НМКД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8059>

14. Рекомендована література

Базова

1. Кулік, А. С. Методи моделювання об'єктів автоматичного управління [Текст] : навч. посібник / А. С. Кулік, С. М. Пасічник. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Е. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 168 с.
2. Моделювання та оптимізація систем [Текст] : підручник / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця : ПП «ГД «Едельвейс», 2017. – 804 с.
3. Онисик, С. Моделювання об'єктів керування. Поняття. Тлумачення. Моделі. Дослідження [Текст] / С. Онисик. – Львів : Львівська політехніка, 2019. – 292 с.
4. Electrical System Elements [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://engineering.nyu.edu/mechatronics/Control_Lab/Craig/Craig_RPI/2002/Week2/Physical_Modeling_Electrical_2002.pdf. – 6.10.2023 р.
5. Raol, J. R. Flight mechanics modeling and analysis [Текст] / J. R. Raol, J. Singh. – Second edition. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2023. – 566 p.

6. Стельмашонок, Е. В. Моделювання процесів і систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/174078/tehnika/naturni_metodi_modelyuvannya#55. – 20.08.2023.

Допоміжна

1. Раціональне управління працездатністю макетного блока електродвигунів-маховиків [Текст] : монографія / В. Г. Джулгаков, К. Ю. Дергачов, А. С. Кулік та ін. ; за заг. ред. А. С. Куліка. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 224 с.

2. Кулік, А. С. Моделі плоского руху двоколісного експериментального балансуєчого зразка [Текст] / А. С. Кулік, К. Ю. Дергачов, С. М. Пасічник // Проблеми керування та інформатики. – 2022. –№ 4. – С. 18–34.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: <http://k301.khai.edu/СУЛА> – Кафедра систем управління літальних апаратів.