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

_____ Костянтин ДЕРГАЧОВ
(підпис) (ініціали та прізвище)

«26» 08 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи моделювання систем авіоніки
(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів

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 _____ Костянтин ДЕРГАЧОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td>Найменування показника</td><td>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 3,5</td><td rowspan="15">Галузь знань
17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність
173 «Авіоніка»

Освітня програма
Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Обов’язкова</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 1</td><td colspan="2" rowspan="2">Навчальний рік:</td></tr>
<tr><td>Кількість змістовних модулів – 3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальні завдання:
1. «Побудова моделей літального апарату як об’єкту управління» – 5 семестр.</td><td colspan="2">2024/2025</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 48/105</td><td></td><td>5-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td></td><td>16 год.</td></tr>
<tr><td>Семестр 5</td><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>Аудиторних – 3 год.; самостійної роботи здобувача – 3,5 год.</td><td></td><td>16 год.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Лабораторні[1)]</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">16 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td></td><td>57 год.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>іспит</td></tr>
</table>

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 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.

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Фахові компетентності:

ФК4. Здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів.

ФК6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.

ПРН2. Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.

ПРН4. Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.

ПРН5. Організовувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

ПРН11. Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки; здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації.

ПРН14. Застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів.

ПРН15. Розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування.

Пререквізити:

Фізика: закони Ньютона, закон Ома, закон Фарадея, сила, енергія, закон збереження енергії.

Вища математика: диференціальне та інтегральне обчислювання; дії з комплексними числами в алгебраїчній та показовій формі; дослідження функцій та побудова їх графіків; векторна алгебра.

Вступ до фаху: предмети та об'єкт спеціальності авіоніка, сфера застосування систем авіоніки, принципи управління.

Кореквізити:

Електроніка та основи схемотехніки.

Методи обчислень та моделювання на ЕОМ.

Інформаційно-вимірювальні пристрої систем авіоніки.

Постреквізити:

Теорія автоматичного управління.

Інформаційно-вимірювальні пристрої систем авіоніки.

Приводи систем авіоніки.

Системи управління літальними апаратами.

Основи побудови автономних навігаційних систем.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 2.

Змістовний модуль 3. Особливості моделювання літального апарату як об'єкта управління.

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

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

Тема 12. Векторні рівняння просторового руху літального апарату. Поступальний рух. обертальний рух. [5, С. 56–60].

Тема 13. Основні системи координат в динаміці польоту. Інерціальні і земні системи координат. Рухомі системи координат. [5, С. 35–38, 73–76, 96–100].

Тема 14. Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату. Координати та швидкості. кути та кутові швидкості. [5, С. 26–33].

Модульний контроль.

Змістовний модуль 4. Динаміка літального апарату як твердого тіла.

Тема 15. Рівняння динаміки поступального руху літального апарату 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 літального апарату як твердого тіла. Рівняння кінематики в зв'язаній, швидкісній та траекторній системах координат. [5, С. 36–46].

Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху літального апарату як 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 літального апарату як твердого тіла. Рівняння Ейлера, Рівняння Пуассона. [5, С. 80–86].

Модульний контроль.

Змістовний модуль 5. Лінеаризовані моделі руху літака.

Тема 19. Класифікація видів руху літака. Повздовжній короткоперіодичний та довгоперіодичний рух. Боковий ізольований рух по крену та рисканню. [5, С. 178–182].

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

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

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

Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху. Структуктурні схеми, передавальні функції ЛА по управляючому впливу. [5, С. 195–198].

Тема 24. Математичні моделі ізольованих рухів по крену та рисканню. Структуктурні схеми, передаточні функції ЛА по управляючому впливу. Керованість по крену та рисканню. [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 літального апарату як об'єкту управління.					
Тема 10. Загальна структура системи управління літального апарату.	4	1	–	–	3
Тема 11. Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління.	4	1	–	–	3
Тема 12. Векторні рівняння просторового руху літального апарату.	4	1	–	–	3
Тема 13. Основні системи координат в динаміці польоту.	7	1	2	–	4
Тема 14. Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату.	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.					

1	2	3	4	5	6
Тема 15. Рівняння динаміки поступального руху літального апарату як твердого тіла.	7	1	2	2	2
Тема 16. Рівняння кінематики поступального руху літального апарату як твердого тіла.	5	1	–	2	2
Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху літального апарату як твердого тіла.	8	1	2	2	3
Тема 18. Рівняння кінематики обертального руху літального апарату як 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 руху літака.	3	1	–	–	2
Тема 20. Методика лінеаризації рівнянь руху літака.	7	1	2	–	4
Тема 21. Лінійні рівняння поздовжнього руху.	8	1	2	2	3
Тема 22. Рівняння поздовжнього короткоперіодичного руху.	8	1	2	2	3
Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху.	8	1	2	2	3
Тема 24. Математичні моделі ізольованих рухів за креном та рисканням.	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 ЛА як об’єкту управління.	2
3	Побудова графічних моделей ЛА як об’єкту управління.	2
4	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь законів збереження.	2
5	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.	4
6	Отримання лінеаризованих математичних моделей поздовжнього та бічного руху ЛА.	2
	Разом	**16**

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Експериментальне дослідження сили аеродинамічного опору тіл різної конфігурації при зміні кута атаки.	2
2	Експериментальне дослідження сили аеродинамічного опору тіл різної конфігурації при різних швидкостях повітряного потоку.	2
3	Експериментальне дослідження аеродинамічних сил профілів крила при зміні кута атаки.	2
4	Експериментальне дослідження аналогової моделі поздовжнього руху літака.	2
5	Експериментальне дослідження аналогової моделі бічного руху літака.	4
6	Експериментальне дослідження аналогової моделі літального апарату як об’єкту автоматичного управління.	4
	Разом	**16**

8. Самостійна робота

№ з/п	**Назва теми**	**Кількість годин**
1	2	3
9	Загальна структура системи управління літального апарату.	3
10	Літальні апарати як об’єкти автоматичного управління.	3
11	Векторні рівняння просторового руху літального апарату.	3
12	Основні системи координат в динаміці польоту.	4
13	Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату.	4
14	Рівняння динаміки поступального руху літального апарату як твердого тіла.	2
15	Рівняння кінематики поступального руху літального апарату як твердого тіла.	2
16	Рівняння динаміки обертального руху літального апарату як твердого тіла.	3
17	Рівняння кінематики обертального руху літального апарату як твердого тіла.	2
18	Класифікація видів руху літака.	2
19	Методика лінеаризації рівнянь руху літака.	4
20	Лінійні рівняння продольного руху.	3
21	Рівняння продольного короткоперіодичного руху.	3
22	Лінійні рівняння бічного руху.	3
23	Математичні моделі ізольованих рухів за креном та рисканням.	3

1	2	3
24	Модульний контроль	13
	Разом	**57**

9. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахункової роботи «Побудова моделей літального апарату як об’єкту управління» – 5 семестр.

10. Методи навчання

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

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

1	2	3	4
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 звязаної системи координат літака. Розрахувати компоненти матриці за заданими кутами Ейлера-Крилова: ψ=15 град; υ=20 град; γ=8 град.1. Максимальна кількість балів – 40.

3. Зібрати схему моделювання поздовжнього руху маневреного літака. Забезпечити значення кутової швидкості тангажу ω_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 складати 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 авіоніки».
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 обчислювальноїх машини МН-7. Технічний опис.
6. Лабораторний стенд «Аеродинамічна труба». Технічний опис.
7. НМКД в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. https://drive.google.com/drive/u/2/folders/13lZvGG913sQ46EYd0mgO5XHgjXyFlUta.
8. Посилання на НМКД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3030

14. Рекомендована література

Базова

1. Кулік, А. С. Методи моделлювання 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. Квєтний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця : ПП «ТД «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/Criag/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 р.

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. Тягній, В. Г. Основи аеродинаміки та динаміки польоту. Частина І. Аерогідрогазодинаміка [Текст] / В. Г. Тягній, В. В. Ємець. – МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 280 с.

3. AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://webstor.srmist.edu.in/web_assets/srm_mainsite/files/downloads/Aircraft_ctrl_Systems.pdf. – 20.08.2023 р.

4. Кулік, А. С. Моделі плоского руху двоколісного експериментального балансуючого 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.