

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


(підпис) Сергій ПАСІЧНИК
(ім'я та прізвище)

«25» серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Літальний апарат як об'єкт управління
(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік


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



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри систем управління літальних апаратів
Протокол № 1 від “25” серпня 2023 р.

Завідувач кафедри канд. техн. наук, доцент



(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>27 «Транспорт»</u></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>272 «Авіаційний транспорт»</u></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма «Інтелектуальні транспортні системи»</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік:
Кількість змістовних модулів – 3		2023/2024
Індивідуальні завдання: 2. «Побудова моделей літального апарату як об'єкту управління» – 5 семестр.		Семестр
Загальна кількість годин аудиторних/усього – 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 авіаційних транспортних систем та здійснювати за їх допомогою дослідження динамічних властивостей ЛА як об'єкту управління.

Завдання: отримання навичок побудови вербальної, графічної, математичної, машинної моделей та експериментального дослідження функціональних властивостей об'єктів авіаційних транспортних систем, вирішення задач структурної і параметричної ідентифікації математичної моделі у часовій і частотній областях, формування у здобувачів фахових знань і практичних навичок із застосування законів аеромеханіки та принципів розрахунку і отримання аеродинамічних характеристики для літальних апаратів.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності:

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК7. Здатність працювати автономно.

ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу..

Фахові компетентності:

ФК2. Здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкцій, параметрів та характеристик.

ФК3. Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.

ФК10. Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

ФК11. Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

ФК20. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань аналізу та синтезу систем управління об'єктами авіаційної техніки, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач проектування систем і приладів авіаційної техніки.

Очікувані результати навчання:

ПРН3. Застосовувати сучасні інформаційні технології, технічну літературу, бази даних, інші ресурси та сучасні програмні засоби для розв'язання спеціалізованих складних задач авіаційного транспорту.

ПРН11. Аналізувати побудову і функціонування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, елементів, фактори, що впливають на їхні характеристики та параметри.

ПРН12. Визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірjuвального експерименту з оцінкою його результатів.

ПРН19. Здійснювати технічне діагностування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи ефективні засоби, відповідні технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи.

ПРН20. Розробляти проектно-конструкторську та технологічну документацію зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи спеціалізовані сучасні програмні засоби.

ПРН26. Використовувати професійно-орієнтовані знання з математики, фізики, електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки і програмування при проектуванні підсистем і приладів для об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН27. Виконувати аналіз і комп'ютерне моделювання підсистем і приладів об'єктів авіаційної техніки, синтез систем управління та вибір технічних засобів їх реалізації, використовуючи професійний математичний апарат та комп'ютерно-інтегровані технології і відповідні програмні середовища

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: предмет та об'єкт спеціальності «Авіаційний транспорт», сфера застосування авіаційних систем, принципи управління.

Вивчення дисципліни підтримує такі курси:

Теорія автоматичного управління. Приводи авіаційних систем. Навігаційні прилади авіаційного транспорту. Системи управління об'єктами авіаційного транспорту. Комп'ютерні системи забезпечення життєвого циклу повітряних суден. Атестаційний екзамен.

3. Програма 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, входні впливи. [5, С. 1–8], [2 доп, С. 10–14].

Тема 11. Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління. Глобальні та локальні об'єкти. [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 диференціальних рівнянь повздовжнього руху, керовані, управляючі та збурюючі змінні. [5, С. 182–186].

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

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

Тема 24. Математичні моделі ізольованих рухів по крену та рисканню. Структурні 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 ЛА	4	1	–	–	3
Тема 11. Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління.	4	1	–	–	3
Тема 12. Векторні рівняння просторового руху ЛА.	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.					
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 ристанням.	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

Примітка: Наскрізна нумерація в рамках дисципліни

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачено	—

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
7	Перетворення систем координат з використанням матриць направляючих косинусів.	4
8	Побудова вербальної моделі ЛА як об'єкту управління.	2
9	Побудова графічних моделей ЛА як об'єкту управління.	2
10	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь законів збереження.	2
11	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.	4
12	Отримання лінеаризованих математичних моделей поздовжнього та бічного руху ЛА.	2
	Разом	16

Примітка: Наскрізна нумерація в рамках дисципліни

7. Теми лабораторних занять

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

Примітка: Наскрізна нумерація в рамках дисципліни

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
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 поздовжнього руху.	3
21	Рівняння поздовжнього короткоперіодичного руху.	3
22	Лінійні рівняння бічного руху.	3
23	Математичні моделі ізольованих рухів за креном та ривками.	3
24	Модульний контроль	13
	Разом	57

Примітка: Наскрізна нумерація в рамках дисципліни

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи № 2 «Побудова моделей літального апарату як об'єкту управління» – 5 семестр.

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді опитування та тестування на практичних заняттях, захисту лабораторних робіт, захисту індивідуальних розрахункових робіт відповідно до змістовних модулів і тем, семестровий контроль – у вигляді іспиту (семестр 5).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

5 семестр

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

1. Відмінно (90÷100 балів) виставляється здобувачеві:

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «ЛА як об'єкт управління». Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати практичне та лабораторне завдання.

1.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

2. Добре (75÷89 балів) виставляється здобувачеві:

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління. 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 здобувачеві:

3.1 Який слабо володіє теоретичним матеріалом, має мінімум знань та умінь, допускає помилки у вирішенні практичних завдань. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички вирішення завдань з побудови моделей об'єктів управління.

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	Незараховано

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «ЛА як об'єкт управління».
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. 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>

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 «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/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 р.
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. Тягній, В. Г. Основи аеродинаміки та динаміки польоту. Частина I. 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 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.