

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)

А.М. Субота
(ініціали та прізвище)

«18» серпня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи моделювання авіаційних транспортних систем

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 27 «Транспорт».

Спеціальності: 272 «Авіаційний транспорт».

Освітні програми: Інтелектуальні транспортні системи.

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2022 рік

Розробник: Пасічник С.М., доцент кафедри систем управління літальних апаратів, к.т.н.


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від “27” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

(К.Ю. 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 – 10	Галузь знань <u>27 «Транспорт»</u> Спеціальність <u>272 «Авіаційний транспорт»</u> Освітня програма Інтелектуальні транспортні системи Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Вибіркова	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік:	
Кількість змістовних модулів – 5		2022/2023	
Індивідуальні завдання: 1. «Побудова моделей об'єктів управління» – 4 семестр. 2. «Побудова моделей літального апарату як об'єкту управління» – 5 семестр.		Семестр	
Загальна кількість годин – 152/300		4-й	5-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Лекції	
		32 год.	16 год.
		Практичні	
		24 год.	24 год.
Семестр 4		Лабораторні¹⁾	
Аудиторних – 5,5 год.; самостійної роботи здобувача – 5,7 год.		32 год.	24 год.
Семестр 5		Самостійна робота	
Аудиторних – 4 год.; самостійної роботи здобувача – 3,5 год.		92 год.	56 год.
		Вид контролю	
		залік	іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 152/148.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння здобувачами методів формування і дослідження математичних моделей елементів і систем управління.

Завдання: отримання знань і практичних навичок із методик розробки лінійних і нелінійних моделей елементів і систем управління в цілому, дослідження характеристик елементів і систем, математичних моделей складних технічних об'єктів, технологіями роботи із програмними продуктами для моделювання систем управління.

Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК11. Здатність працювати автономно.

ФК1. Вміння використовувати базові знання основних національних, європейських та міжнародних нормативно-правових актів в галузі систем аеронавігаційного обслуговування авіаційного транспорту з метою постійного вдосконалювання своєї професійної діяльності.

ФК2. Вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем авіаційного транспорту.

ФК3. Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби щодо збільшення точності та надійності систем управління та інших якостей ЛА.

ФК7. Вміння визначати склад випробувального обладнання необхідного для проведення експериментів по визначенню характеристик і параметрів систем управління літальних апаратів.

ФК9. Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки, використовувати інноваційний досвід у галузі авіоніки і управління авіаційним транспортом.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Використовувати різні форми представлення систем аеронавігаційного обслуговування авіаційного транспорту та описувати їх різними методами (вербально, графічно, формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.

ПРН12. Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології в галузі систем аеронавігаційного обслуговування авіоніки.

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. Технічна механіка: кінематика і динаміка складного руху твердого тіла, рівняння Лагранжу 2-го роду.

Кореквізити:

Теорія автоматичного управління. Сервоприводи систем управління. Системи управління літальними апаратами.

3. Програма навчальної дисципліни**Модуль 1.**

Змістовний модуль 1. Основні положення моделювання динамічних об'єктів.

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Основи моделювання ОАУ». Місце дисципліни в навчальному плані.

Тема 2. Історія розвитку модельних уявлень. Етапи розвитку формування модельних уявлень та їхні характеристики. Формування модельних уявлень стосовно автоматичних систем. Положення теорії пізнання. Логічна структура пізнавального процесу.

Тема 3. Основні поняття моделювання ОАУ. Поняття моделі, властивості моделей, їхня класифікація. Визначення об'єкта керування, об'єкта автоматичного керування, автоматичної системи управління.

Тема 4. Виміри в моделюванні. Місце вимірів в моделюванні, вимірювальні шкали.

Тема 5. Мови моделювання. Класифікація, особливості та характеристики мов моделювання. Одержання інформації. Графічна мова моделювання. Натуральна мова моделювання. Математична мова моделювання Підходи до проектування автоматичних систем за допомогою моделей. Системність як узагальнені властивості матерії. Поняття системи.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Моделювання в процесі проектування систем управління.

Тема 6. Моделі об'єкта автоматичного управління. Вербальні, графічні, математичні моделі автоматичних систем, їхні властивості та особливості. Відображення характеристик систем управління за допомогою моделей. Наочні та вербальні моделі як інструментальні засоби будування лінійних математичних моделей.

Тема 7. Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей. Лінеаризація нелінійностей (графічна та аналітична), форми лінійних математичних рівнянь, передаточна функція. Пряме та зворотне перетворення Лапласа безперервних та дискретних систем. Класичний метод моделювання

часових характеристик безперервних систем. Операторний метод моделювання часових характеристик безперервних систем.

Тема 8. Моделювання об'єктів за допомогою лінійних математичних моделей. Атрибути моделі ОАУ, дослідження реакції ОАУ на вхідний вплив за допомогою диференціальних рівнянь, використання методу простору станів при моделюванні ОАУ, ідентифікація параметрів математичних моделей, приклади.

Тема 9. Моделювання як експериментальний процес одержання інформації. Особливості цифрових систем керування. Моделі АЦП та ЦАП. Схеми автоматизації експериментальних випробувань.

Модульний контроль.

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.

Тема 11. Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління. Глобальні та локальні об'єкти.

Тема 12. Векторні рівняння просторового руху літального апарату. Поступальний рух. Обертальний рух.

Тема 13. Основні системи координат в динаміці польоту. Інерціальні і земні системи координат. Рухомі системи координат.

Тема 14. Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату. Координати та швидкості. Кути та кутові швидкості.

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 вісі зв'язаної системи координат, змінні, управляючі та збурюючі сили.

Тема 16. Рівняння кінематики поступального руху літального апарату як твердого тіла. Рівняння кінематики в зв'язаній, швидкісній та траєкторній системах координат.

Тема 17. Рівняння динаміки обертального руху літального апарату як твердого тіла. Проекції моменту імпульсу на вісі зв'язаної системи координат, змінні, управляючі та збурюючі моменти.

Тема 18. Рівняння кінематики обертального руху літального апарату як твердого тіла. Рівняння Ейлера, Рівняння Пуассона.

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 ристанню.

Тема 20. Методика лінеаризації рівнянь руху літака. Вибір опорного руху, розкладення рівнянь в ряд Тейлора.

Тема 21. Лінійні рівняння продольного руху. Система диференціальних рівнянь повздовжнього руху, керовані, управляючі та збудуючі змінні.

Тема 22. Рівняння продольного короткоперіодичного руху. Структурні схеми, передаточні функції ЛА по управляючому впливу.

Тема 23. Лінійні рівняння бічного руху. Структурні схеми, передаточні функції ЛА по управляючому впливу.

Тема 24. Математичні моделі ізольованих рухів по крену та рисканню. Структурні схеми, передаточні функції ЛА по управляючому впливу. Керованість по крену та рисканню.

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 1					
Змістовний модуль 1. Основні положення моделювання динамічних об'єктів.					
Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Основи моделювання ОАУ».	2	2	–	–	–
Тема 2. Історія розвитку модельних уявлень.	9	2	–	–	7
Тема 3. Основні поняття моделювання ОАУ.	14	4	–	–	10
Тема 4. Виміри в моделюванні.	15	4	–	–	11
Тема 5. Мови моделювання.	23	4	4	4	11
Модульний контроль.	5				5
Разом за змістовним модулем 1	68	16	4	4	44
Змістовний модуль 2. Моделювання в процесі проектування систем управління.					
Тема 6. Моделі об'єкта автоматичного управління.	27	4	8	4	11
Тема 7. Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей.	27	4	4	8	11
Тема 8. Моделювання систем за допомогою лінійних математичних моделей.	27	4	4	8	11
Тема 9. Моделювання як експериментальний процес одержання інформації.	27	4	4	8	11
Модульний контроль.	4				4
Разом за змістовним модулем 1	112	16	20	28	48
Разом за модулем 1	180	32	24	32	92
Контрольний захід	–	–	–	–	–
Модуль 2					
Змістовний модуль 3. Особливості моделювання літального апарату як об'єкту управління.					

1	2	3	4	5	6
Тема 10. Загальна структура системи управління літального апарату.	4	1	–	–	3
Тема 11. Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління.	4	1	–	–	3
1	2	3	4	5	6
Тема 12. Векторні рівняння просторового руху літального апарату.	4	1	–	–	3
Тема 13. Основні системи координат в динаміці польоту.	9	1	2	2	4
Тема 14. Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату.	9	1	2	2	4
Модульний контроль.	5				5
Разом за змістовним модулем 3	35	5	4	4	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.	7	1	2	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.	7	1	2	2	2
Модульний контроль.	4				4
Разом за змістовним модулем 4	33	4	8	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.	12	1	4	4	3
Тема 21. Лінійні рівняння продольного руху.	8	1	2	2	3
Тема 22. Рівняння позовжнього 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	52	7	12	12	21
Разом за модулем 2	120	16	24	24	56
Контрольний захід	–	–	–	–	–
Усього годин	300	48	48	56	148

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачено	–

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Графічна лінеаризація статичних характеристик ОАУ.	4
2	Аналітична лінеаризація нелінійних рівнянь математичної моделі ОАУ.	4
3	Форми запису математичної моделі динаміки ОАУ.	4
4	Вирішення лінеаризованих рівнянь математичної моделі ОАУ в часовій області.	4
5	Вирішення лінеаризованих рівнянь математичної моделі ОАУ в частотній області.	4
6	Побудова аналогової моделі стендового ОАУ.	4
7	Перетворення систем координат з використанням матриць направляючих косинусів.	4
8	Побудова вербальної моделі ЛА як об'єкту управління.	4
9	Побудова графічних моделей ЛА як об'єкту управління.	4
10	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь законів збереження.	4
11	Побудова математичної моделі ізольованого руху ЛА з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.	4
12	Отримання лінеаризованих математичних моделей поздовжнього та бічного руху ЛА.	4
	Разом	48

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вивчення функціональних можливостей лабораторного стенду.	4
2	Моделювання динамічних ланок з використанням операційних підсилювачів.	4
3	Експериментальне дослідження статичних характеристик стендового ОАУ.	4
4	Експериментальне дослідження часових характеристик стендового ОАУ.	4
5	Експериментальне дослідження частотних характеристик стендового ОАУ.	4
6	Експериментальне дослідження аналогової моделі стендового ОАУ методом послідовного інтегрування.	4
7	Експериментальне дослідження аналогової моделі стендового ОАУ методом блочного інтегрування.	4

1	2	3
8	Моделювання виконавчих органів ОАУ з використанням електродвигуна СЛ-267.	4
9	Експериментальне дослідження сили аеродинамічного опору тіл різної конфігурації при зміні кута атаки.	4
10	Експериментальне дослідження сили аеродинамічного опору тіл різної конфігурації при різних швидкостях повітряного потоку.	4
11	Експериментальне дослідження аеродинамічних сил профілів крила при зміні кута атаки.	4
12	Експериментальне дослідження аналогової моделі поздовжнього руху літака.	4
13	Експериментальне дослідження аналогової моделі бічного руху літака.	4
14	Експериментальне дослідження аналогової моделі літального апарату як об'єкту автоматичного управління.	4
	Разом	56

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Історія розвитку модельних уявлень.	7
2	Основні поняття моделювання ОАУ.	10
3	Виміри в моделюванні.	11
4	Мови моделювання.	11
5	Моделі об'єкта автоматичного управління.	11
6	Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей.	11
7	Моделювання систем за допомогою лінійних математичних моделей.	11
8	Моделювання як експериментальний процес одержання інформації.	11
9	Модульний контроль	9
10	Загальна структура системи управління літального апарату.	3
11	Літальні апарати як об'єкти автоматичного управління.	3
12	Векторні рівняння просторового руху літального апарату.	3
13	Основні системи координат в динаміці польоту.	4
14	Основні пілотажно-навігаційні параметри польоту літального апарату.	4

1	2	3
15	Рівняння динаміки поступального руху літального апарату як твердого тіла.	2
16	Рівняння кінематики поступального руху літального апарату як твердого тіла.	2
17	Рівняння динаміки обертального руху літального апарату як твердого тіла.	3
18	Рівняння кінематики обертального руху літального апарату як твердого тіла.	2
19	Класифікація видів руху літака.	2
20	Методика лінеаризації рівнянь руху літака.	3
21	Лінійні рівняння продольного руху.	3
22	Рівняння продольного короткоперіодичного руху.	3
23	Лінійні рівняння бічного руху.	3
24	Математичні моделі ізольованих рухів за креном та ристанням.	3
25	Модульний контроль	13
	Разом	148

9. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахункової роботи за темою «Побудова моделей об'єктів управління» – 4 семестр.

2. Виконання розрахункової роботи за темою «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 та заліку.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Семестр 4

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
1	2	3	4
Змістовний модуль 1			

1	2	3	4
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	1	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...5	1	0...5
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	7	0...35
Виконання і захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Виконання і захист РР	0...4	1	0...4
Усього за семестр			0...100

5 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
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	0...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: $\psi=15$ 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:

Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «Основи моделювання об'єктів 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. Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

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

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

3. Задовільно (60÷74 бали) виставляється здобувачеві:

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. 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 «Основи моделювання авіаційних транспортних систем».
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.

Допоміжна

1. Математичне моделювання нерівноважних процесів у складних системах [Текст] : монографія / Ю. Білушак [та ін.]. – Л. : Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача, 2019. – 256 с.

15. Інформаційні ресурси

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