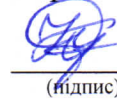


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ

(ініціали та прізвище)

« 28 » серпня 2023 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 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 – 9	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> Спеціальність <u>173 «Авіоніка»</u> Освітня програма Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік:	
Кількість змістовних модулів – 5			
Індивідуальні завдання: 1. «Побудова моделей об'єктів управління» – 4 семестр. 2. «Побудова моделей літального апарату як об'єкту управління» – 5 семестр.		2023/2024	
Загальна кількість годин – 128/270		Семестр	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		4-й	5-й
Семестр 4		Лекції	
Аудиторних – 5 год.; самостійної роботи здобувача – 5,3 год.		32 год.	16 год.
Семестр 5		Практичні	
Аудиторних – 3 год.; самостійної роботи здобувача – 3,5 год.		16 год.	16 год.
		Лабораторні¹⁾	
		32 год.	16 год.
		Самостійна робота	
		85 год.	57 год.
		Вид контролю	
		залік	іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 128/142.

*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.

Вивчення дисципліни підтримує такі курси:

Теорія автоматичного управління. Приводи систем авіоніки. Інформаційно-вимірювальні пристрої авіоніки. Системи управління літальними апаратами. Проектування систем управління. Кваліфікаційна робота бакалавра.

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. [1, С. 12–39].

Тема 3. Основні поняття моделювання ОАУ. Поняття моделі, властивості моделей, їхня класифікація. Визначення об'єкта керування, об'єкта автоматичного керування, автоматичної системи управління. [1, С. 61–66], [3, С. 9–15].

Тема 4. Виміри в моделюванні. Місце вимірів в моделюванні, вимірювальні шкали. [6].

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. [1, С. 71–76], [2, С. 26–30], [3, С. 30–36].

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. [1, С. 77–87], [2, С. 765–772].

Тема 7. Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей.

Лінеаризація нелінійностей (графічна та аналітична), форми лінійних математичних рівнянь, передаточна функція. Пряме та зворотнє перетворення Лапласа безперервних та дискретних систем. Класичний метод моделювання часових характеристик безперервних систем. Операторний метод моделювання часових характеристик безперервних систем. [1, С. 61–71], [3, С. 125–139], [1 доп, С. 63–70], [4 доп].

Тема 8. Моделювання об'єктів за допомогою лінійних математичних моделей. Атрибути моделі ОАУ, дослідження реакції ОАУ на вхідний вплив за допомогою диференційних рівнянь, використання методу простору станів при моделюванні ОАУ, ідентифікація параметрів математичних моделей, приклади. [2, С. 651–663], [3, С. 162–180].

Тема 9. Моделювання як експериментальний процес одержання інформації. Особливості цифрових систем керування. Моделі АЦП та ЦАП. Схеми автоматизації експериментальних випробувань. [4].

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. [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 траєкторній 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 продольного 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 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.	2	2	–	–	–
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	61	16	4	4	37
Змістовний модуль 2. Моделювання в процесі проектування систем управління.					
Тема 6. Моделі об'єкта автоматичного управління.	23	4	4	4	11
Тема 7. Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей.	27	4	4	8	11
Тема 8. Моделювання систем за допомогою лінійних математичних моделей.	25	4	2	8	11
Тема 9. Моделювання як експериментальний процес одержання інформації.	25	4	2	8	11
Модульний контроль.	4				4

Разом за змістовним модулем 1	104	16	12	28	48
Разом за модулем 1	165	32	16	32	85
Контрольний захід	–	–	–	–	–
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.					
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
Контрольний захід	–	–	–	–	–
Усього годин	270	48	32	48	142

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.	2
2	Аналітична лінеаризація нелінійних рівнянь математичної моделі ОАУ.	2
3	Форми запису математичної моделі динаміки ОАУ.	2
4	Вирішення лінеаризованих рівнянь математичної моделі ОАУ в часовій області.	2
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.	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	32

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	4

	стендового ОАУ.	
5	Експериментальне дослідження частотних характеристик стендового ОАУ.	4
1	2	3
6	Експериментальне дослідження аналогової моделі стендового ОАУ методом послідовного інтегрування.	4
7	Експериментальне дослідження аналогової моделі стендового ОАУ методом блочного інтегрування.	4
8	Моделювання виконавчих органів ОАУ з використанням електродвигуна СЛ-267.	4
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	48

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Основні поняття моделювання ОАУ.	10
2	Виміри в моделюванні.	11
3	Мови моделювання.	11
4	Моделі об'єкта автоматичного управління.	11
5	Інструментальні засоби побудови лінійних математичних моделей.	11
6	Моделювання систем за допомогою лінійних математичних моделей.	11
7	Моделювання як експериментальний процес одержання інформації.	11
8	Модульний контроль	9
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
1	2	3
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 ристанням.	3
24	Модульний контроль	13
	Разом	142

9. Індивідуальні завдання

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

2. Виконання розрахункової роботи «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 розрахунково-графічних робіт відповідно до змістовних модулів і тем, семестровий

контроль – у вигляді заліку (семестр 4) та іспиту (семестр 5).

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
Змістовний модуль 1			
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
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-Крілова: $\psi=15$ град; $\nu=20$ град; $\gamma=8$ град.1. 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 «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.

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 «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 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/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.

Допоміжна

1. Рациональне 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.