


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

Кафедра **Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 2)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми/
Голова НМК __


(підпис)

О.О. Баранов
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання та дослідження технічних систем
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Робототехнічні системи та комплекси
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник: старший викладач, Степаненко Денис Романович
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)



(підпис)

Робочу програму «Моделювання та дослідження технічних систем розглянуто на засіданні кафедри (№ 202) Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем

(назва кафедри)

Протокол № 10 від « 27 » 06 2024 р.

Завідувач кафедри д.т.н. професор

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

О.О.Баранов

(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<p style="text-align: center;">Галузь знань 13 «Механічна інженерія» <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність «Прикладна механіка» <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма Робототехнічні системи та КОМПЛЕКСИ <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	<i>Обов'язкова</i>
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання РГР (Розрахунок моментів інерції ланок маніпулятора) <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 64/150		1-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 86		32 годин
		Практичні, семінарські*
		32 годин
		Лабораторні*
	___ годин	
	Самостійна робота	
86 годин	Вид контролю	
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/86

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування знань і навичок формулювання моделей технічних систем та їх дослідження, розуміння процесів, що протікають у технічних системах. Оволодіння шляхами розробки моделей технічних систем. ...

Завдання: оволодіння навичками побудови моделей технічних систем, освоєння програмного продукту MATLAB для моделювання та дослідження технічних систем.

Компетентності, які набуваються:...

1) Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науковоприкладні проблеми.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК4. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

2) Фахові компетентності спеціальності (ФК):

ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК2. Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК3. Здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи.

ФК4. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.....

Очікувані результати навчання:

РН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в галузі робототехніки. РН4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів робототехнічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації.....

Пререквізити:

Кореквізити:

Постреквізити:

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основи математичного моделювання.

Тема 1. Математичне моделювання, поняття моделі, класифікація моделей.

Предмет теорії моделювання. Роль і місце моделювання в досліджуваних системах. Класифікація моделей. Моделювання в процесах пізнання і управління. Класифікація об'єктів моделювання. Основні етапи моделювання.

Тема 2. Технологія моделювання.

Створення концептуальної моделі. Підготовка вихідних даних. Розробка математичної моделі. Вибір метода моделювання.

Тема 3. Технологія моделювання.

Вибір засобів моделювання. Перевірка адекватності і корегування моделі.

Тема 4. Моделювання компонентів, форми представлення динамічних об'єктів.

Особливості моделювання компонентів технічних систем. Форми представлення динамічних об'єктів

Тема 5. Аналогове і цифрове моделювання.

Принципи аналогового моделювання. Точність і похибка отриманих рішень. Типовий алгоритм і структура програми для розв'язання диференціальних рівнянь

Тема 6. Моделювання не лінійності електромеханічних систем.

Основні не лінійності електромеханічних систем. Інтерполяція і апроксимація нелінійностей.

Розділені різниці і інтерполяційна формула Ньютона. Моделювання сил тертя ковзання і кочення. Моделювання механічної частини електропривода з урахуванням пружності. Моделювання зазору в механічній передачі.

Тема 7. Математичне моделювання електричних машин постійного струму.

Загальні положення та допущення. Математичне моделювання двигунів постійного струму. Моделювання генератора постійного струму. Підготовка даних для моделювання двигуна постійного струму.

Тема 8. Математичне моделювання асинхронних машин.

Розрахунок параметрів асинхронних двигунів за даними каталогу. Лінеаризована модель асинхронного двигуна. Система відносних одиниць асинхронного двигуна.

Модульний контроль 1

Змістовний модуль 2. Моделі елементів та моделі паралельних розрахунків.

Тема 1. Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом.

Моделювання систем автоматичного керування з загальним суматором. Моделювання систем підпорядкованого керування.

Тема 2. Моделювання технологічних процесів і механізмів.

Моделювання механічної частини підйомної установки, електроприводів турбомеханізмів, моделювання руху механічної частини суглоба робота маніпулятора.

Тема 3. Ідентифікація параметрів електроприводів.

Апроксимація перехідних характеристик елементарними динамічними ланками. Аперіодична перехідна характеристика. Коливальна перехідна характеристика. Методи апроксимації передатною функцією з запізнюванням.

Тема 4. Моделі на основі штучних нейронних мереж.

Загальні положення. Математична модель нейрона. Налагодження нейронної мережі для розв'язання задач. Застосування апарату штучних нейронних мереж в електроприводі.

Тема 5. Імітаційне моделювання.

Загальні положення методу. Формування значень випадкових величин. Моделювання дискретних розподілів.

Тема 6. Кінцеві автомати. Способи представлення.

Кінцеві автомати. Автомати. Марковані графи.

Тема 7. Графи операцій. Графи переходів.

Графи розрахунків. P/V системи. та інші.

Тема 8. Сітка Петрі.

Сітки Петрі. Розширені сітки Петрі

Модульний контроль 2

Модуль 2.

Індивідуальне завдання РГР. Розрахунок моментів інерції ланок маніпулятора.

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. Основи математичного моделювання.					
Тема 1. Математичне моделювання, поняття моделі, класифікація моделей.	6	2	-	-	4
Тема 2. Технологія моделювання.	8	2	2	-	4
Тема 3. Технологія моделювання.	6	2	-	-	4
Тема 4. Моделювання компонентів, форми представлення динамічних об'єктів.	8	2	2	-	4
Тема 5. Аналогове і цифрове моделювання.	6	2	-	-	4
Тема 6. Моделювання не лінійності електромеханічних систем.	8	2	2	-	4
Тема 7. Математичне моделювання електричних машин постійного струму.	10	2	4	-	4
Тема 8. Математичне моделювання асинхронних машин.	6	2	-	-	4
Модульний контроль 1	2	-	2	-	-
Разом за змістовним модулем 1	54	16	12	-	26
Змістовний модуль 2. Моделі елементів та моделі паралельних розрахунків.					
Тема 1. Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом.	10	2	4	-	4
Тема 2. Моделювання технологічних процесів і механізмів.	8	2	2	-	4
Тема 3. Ідентифікація параметрів електроприводів.	10	2	4	-	4
Тема 4. Моделі на основі штучних нейронних мереж.	8	2	-	-	6
Тема 5. Імітаційне моделювання.	10	2	4	-	4
Тема 6. Кінцеві автомати. Способи представлення.	8	2	2	-	4
Тема 7. Графи операцій. Графи	6	2	-	-	4

переходів.					
Тема 8. Сітка Петрі.	8	2	2	-	4
Модульний контроль 2	2	-	2	-	-
Разом за змістовним модулем 2	70	16	20	-	34
Усього годин	130	32	32	-	56
Модуль 2					
Індивідуальне завдання (РГР)		-	-	-	20
Усього годин	150	32	32		86

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Знайомство з програмним середовищем MATLAB Simulink	2
2	Побудова моделей простих елементів в бібліотеці Simulink.	2
3	Вивчення та дослідження основних блоків Simscape	2
4	Вивчення та дослідження основних блоків Simscape	4
5	Вивчення та дослідження основних блоків Simhydraulic	2
6	Вивчення та дослідження основних блоків Simmechanics	2
7	Створення та дослідження моделі приводу ДПТ	4
8	Моделювання П, ПИ, ПИД регуляторів	4
9	Моделювання три ланкового маніпулятора.	8
10	Вивчення та дослідження мережі Петрі	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Оцінка і моделювання випадкових процесів	6
2	Моделювання випадкових сигналів	8
3	Оптимізація систем при випадкових обуреннях	6
4	Оптимальні слідкуючі системи, замкнуті системи	8
5	Аналогове і цифрове моделювання	6
6	Моделювання не лінійності електромеханічних систем	8
7	Математичне моделювання асинхронних машин	6
8	Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом	8
9	Моделювання систем електропривода	8
10	3д моделювання	22
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Індивідуальне завдання РГР (Розрахунок моментів інерції ланок маніпулятора)...	20
	Разом	20

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

Виконання та захист практичних робіт, письмовий модульний контроль, фінальний контроль (іспит) у вигляді підсумку балів за семестр, семестровий контроль (іспит). Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту у вигляді письмового іспиту (комплексне завдання). При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...4	5	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...4	5	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Модуль 2			
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних, наприклад, «Математична модель. Класифікація математичних моделей», «Сітки Петрі та їх недоліки» та одного практичного завдання, наприклад «Намалювати просту модель з поступальним тертям, використовуючи блоки бібліотеки Simscape».

Складові білету семестрового іспиту	Бали за одне завдання	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Теоретичне питання 1	0...20	1	0...20
Теоретичне питання 2	0...30	1	0...30
Практичне завдання	0...50	1	0...50
Всього за семестровий іспит			0...100

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Знати основні поняття та закони кінематики і динаміки маніпуляторів. Знати технологію моделювання. Знати основу моделювання приводів маніпуляторів. Виконати та захистити практичні роботи. Вміти самостійно формулювати однорідні матриці простих та складних перетворень, формулювати пряму та зворотню задачі кінематики маніпулятора. Вміти формувати модель маніпулятора (механіка, приводи, система керування) в системі MatLab Simulink.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування. Вміти самостійно вирішувати пряму та зворотню задачі кінематики маніпулятора. Робити моделі приводів маніпулятора, механічної частини та системи керування. За допомоги викладача налаштовувати роботу моделі маніпулятора. Аналізувати та пояснювати результат роботи моделі.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

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	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Функціональні системи й інформаційно-вимірювальні комплекси аерокосмічної техніки. Ч.2 / А.М. Субота, С.М. Фірсов. – Навч. посібник до лабораторного практикуму. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. – 55 с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2006/Funkcionalini_sistemi_j_informacijno-vimirjuvalini_kompleksi_aerokosmichnoyi_tehniki_Ch2.pdf

2. Сисоєв, Ю. О. Елементи систем автоматичного керування роботизованим виробництвом / Ю. О. Сисоєв. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 136 с. (у друку, є електронна версія).

Сайт дисципліни <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2306>

14. Рекомендована література

Базова

1. Азарсков В. М., Гаєв Є. О. Сучасне програмування для інженерів, Ч. 1, "Програмування та математика з MATLAB". Навч. посібник, вид. 2. К.: НАУ, 2019. – 300 с.

2. Автоматизація виробничих процесів [Текст] : підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. – Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.

3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов та ін.; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2014. – 186 с.

4. Дубовой В.М. Моделювання систем контролю та керування. – Вінниця: ВНТУ, 2005 <https://zavantag.com/docs/374/index-208295-1.html>

5. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем: Підручник [текст] / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, О.В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 410с. <https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling/%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD>

%D0%B8%D0%B9_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%95%D0%9C%D0%A1. pdf

6. MATLAB Simulink SimMechanics User's Guide COPYRIGHT 2001 – 2009 by The MathWorks. Ink. – 290 p.

7. Maxon motor [Електронний ресурс] Компанія Maxon motor. Режим доступу: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/products>

8. Corke P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB.– Springer, 2011.– 558 page.
https://www.academia.edu/43653746/Vision_and_Control_FUNDAMENTAL_ALGORITHMS_IN_MATLAB

9. Melchiorri C. Kinematic Model of Robot Manipulators. Presentation. Università di Bologna. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.lar.deis.unibo.it/people/cmelchiorri/Files_Robotica/FIR_04_Kinem.pdf

Допоміжна

1. Пономаренко В.С. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямку підготовки «комп'ютерні науки» освітньо-кваліфікаційного рівня магістр / Укл. С. В. Мінухін, І. О. Золотарьова, С. В. Знахур, О. В. Дорохов. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2001. – 48 с. (Укр. Мов.)
<https://drive.google.com/file/d/1PHd8ZegdQiOH6Rz76G0wUnETYqDruT4/view?usp=sharing>

2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / [Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О. Р. Бойко та інші]; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с.
<https://drive.google.com/file/d/1IjNZTRmfVNZjVkv8oPtqZVRjwIQfw6/view?usp=sharing>

3. Губарев О.П., Левченко О.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Програмовані контролери в системах керування гідро-пневмоавтоматики” (частина 2) студентам, що навчаються за фахом “Гідролічні і пневматичні машини”.– Київ, НТУУ “КПІ”, 2006.- 52 с. <https://drive.google.com/file/d/1mb88uBReG-gjr70SSZnfWofsd-dYKzM/view?usp=sharing>

4. TP201 Electropneumatics Basic level Workbook / Markus Pany, Sabine Scharf, Ralph-Christoph Weber, Frank Ebel - Festo Didactic SE, Rechbergst. 3,73770 Denckendorf, Germany, 2016. – 121 с. - <https://www.festo-didactic.com/inten/services/printed-media/workbooks/pneumatics/electropneumatics,basic-level-tp201-workbook-541090.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj44NjMuNTM2MA>.

5. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.

6. Лазарев Ю. Ф. Довідник з MATLAB / Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 132 с.

7. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.

8. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k202.tilda.ws/>

Сайт дисципліни <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2306>