

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

Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем
(№ 202)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

О. ГНІТЬКО

(ім'я та прізвище)

« 27 » червня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ

(назва навчальної дисципліни)

(назва вибіркового блоку)

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

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Комп'ютерний інжиніринг»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: старший викладач каф. 202, Олександр Шехов

(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)



(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 202)

(назва кафедри)

Протокол № 10 від « 27 » червня 2024 р.

Завідувач кафедри

д.т.н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Олег 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 3,5]]]	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>133 «Галузеве машинобудування»</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Комп'ютерний інжиніринг»</u> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання : РГР «Комп'ютерне моделювання динаміки руху важільного штовхача» <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 56/105		7-й
		Лекції*
		24 годин
		Практичні, семінарські*
		32 годин
		Лабораторні*
	0 годин	
	Самостійна робота	
	49 годин	
	Вид контролю	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи здобувача – 3,06	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: $56/49=1,14$.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоєння сучасних методів комп'ютерного моделювання динаміки рухів механічних систем для використання в практиці проектування промислового обладнання, а також для модернізації та оптимізації існуючого обладнання.

Завдання: навчити використовувати сучасні програмні середовища Mathcad, MATLAB/Simulink і SolidWorks Motion для дослідження динаміки руху конструкцій промислового обладнання які проектуються або модернізуються.

Компетентності, які набуваються:

- здатність до абстрактного мислення;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, ефективні кількісні методи математики, фізики, інженерних наук, а також відповідне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування;
- здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування;
- здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування;
- здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання;
- здатність розробляти плани і проекти у сфері галузевого машинобудування за невизначених умов, спрямовані на досягнення мети з урахуванням наявних обмежень, розв'язувати складні задачі і практичні проблеми підвищення якості продукції та її контролювання.

Очікувані результати навчання:

- знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.
- знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку;
- здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні;
- аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи;

- розуміти відповідні методи та мати навички конструювання типових вузлів та механізмів відповідно до поставленого завдання;
- розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування.

Пререквізити: вища математика, фізика, інженерна та комп'ютерна графіка, теоретична механіка, механіка матеріалів та конструкцій, теорія механізмів і машин, деталі машин та основи конструювання, основи моделювання технічних систем, комп'ютерні технології проектування.

Кореквізити: комп'ютерні технології проектування, проектування промислового обладнання, конструкція сучасних машин.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Математичне і структурне моделювання рухів механічних систем

Тема 1. Основні підходи до дослідження руху механічних систем

Вступ до дисципліни. Основні принципи комп'ютерного дослідження руху механічних систем. Представлення механічних систем у вигляді механічних ланцюгів. Комп'ютерна візуалізація руху механічних систем. Програмні середовища дослідження руху механічних систем.

Тема 2. Моделювання простіших рухів твердого тіла в математичному пакеті Mathcad

Постановка механічної задачі моделювання. Математична модель поступального руху твердого тіла. Побудова комп'ютерної моделі поступального руху твердого тіла. Візуалізація поступального руху твердого тіла. Математична модель обертання твердого тіла довкола нерухомої осі. Побудова комп'ютерної моделі обертального руху твердого тіла. Візуалізація обертального руху твердого тіла довкола нерухомої осі.

Тема 3. Дослідження руху плоских важільних механізмів в математичному пакеті Mathcad

Постановка задачі дослідження. Математична модель руху плоского важільного механізму. Побудова комп'ютерної моделі руху плоского важільного механізму. Принципи візуалізація руху плоского важільного механізму як системи твердих тіл.

Тема 4. Структурне моделювання руху механічних систем в пакеті MATLAB/Simulink

Начальні свідомості о пакеті **MATLAB**. Принципи моделювання механічних систем у пакеті SimMechanics. Приклад побудови моделі простої механічної системи. Бібліотека блоків SimMechanics.

Тема 5. Комп'ютерне моделювання і візуалізація руху плоских важільних механізмів в пакеті MATLAB/Simulink

Постановка задачі моделювання. Побудова моделі механізму першого класу поступального і обертового типу. Методика налаштування параметрів моделі. Перевірка адекватності. Аналіз результатів моделювання і їх прикладне використання. Побудова моделі механізму другого класу з однією групою Ассура. Топологія механізмів в пакеті Simulink.

Тема 6. Комп'ютерне модулювання руху механічних систем в SolidWorks Motion

Вступ. Запуск інструменту SolidWorks Motion. Функціональні можливості SolidWorks Motion. Алгоритм дослідження кінематики механізму першого класу. Створення епюр кінематичних параметрів руху механізму. Загальні зауваження до моделювання руху 3D-моделі механізму.

Тема 7. Кінематичний аналіз плоских важільних механізмів в середовищі SolidWorks Motion

Вступ. Кінематика плоского руху твердого тіла. Математична модель кінематики шарнірного чотириланкового механізму. Побудова 3D-моделі шарнірного чотириланкового механізму в SolidWorks. Налаштування інструмента SolidWorks Motion для дослідження руху 3D-моделі шарнірного чотириланкового механізму. Засоби задання стойки (нерухомої ланки) в 3D-моделі механізму.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. 3D твердотільне моделювання динаміки рухів механічних систем в SolidWorks Motion

Тема 1. Динамічний аналіз руху плоских важільних механізмів в середовищі SolidWorks Motion.

Вступ. Задання параметрів маси та інерції ланок механізмів. Задання рушійної сили й сили корисного опору. Створення дослідження руху механізму. Побудова 3D-моделі механізму другого класу з однією групою Ассура. Задання рушійної сили й сили корисного опору. Створення дослідження руху 3D-моделі механізму.

Тема 2. Імітаційне моделювання руху механізмів з урахуванням сил тертя

Тертя в поступальних та обертових нижчих кінематичних парах. Сили тертя в вищій кінематичній парі. Моделювання поступального руху твердого тіла з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion. Моделювання обертального руху твердого тіла з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion. Загальні зауваження до урахування сил тертя в SolidWorks Motion.

Тема 3. Моделювання руху механічних передач

Вступ. Загальні відомості про механічні передачі за принципом дії. Механічні спряження в SolidWorks. Побудова 3D-моделі циліндричного евольвентного зубчастого колеса зовнішнього зачеплення. Побудова 3D-моделі циліндричної евольвентної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення. Дослідження

динаміки руху зубчастої передачі. Аналіз результатів моделювання контактної взаємодії зубців зубчастих коліс.

Тема 4. Моделювання руху механічних систем на основі подій

Вступ. Постановка задачі. Модель руху механічної системи як сукупність дій, керованих датчиками. Тригери та серводвигуни. Методика створення дослідження руху. Налаштування дослідження. Приклад дослідження руху технологічної одиниці, що обробляється на кількох послідовних операціях.

Модульний контроль

Модуль 2.

Тема розрахунково-графічної роботи: Комп'ютерне моделювання динаміки руху важільного штовхача.

Створення математичної моделі кінематики руху механізму важільного штовхача пакувальної машини в Mathcad. Геометричний синтез параметрів геометрії важільного механізму штовхача. Побудова математичної моделі візуалізації руху важільного механізму і вантажа на гравітаційному спуску у Mathcad. Створення блокової моделі структури важільного механізму у пакеті MATLAB/Simulink інструментами бібліотеки SimMechanics. Налаштування дослідження руху важільного штовхача у пакеті візуального моделювання SimMechanics. Створення 3D твердотільної моделі механізму важільного штовхача, конвеєрної стрічки і гравітаційного спуску в SolidWorks. Налаштування дослідження руху в SolidWorks Motion. Створення анімації руху. Аналіз епюр параметрів динаміки руху. Порівняльний аналіз результатів моделювання динаміки руху важільного механізму штовхальника і вантажу, рушійного по похилому гравітаційному спуску в трьох пакетах.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Математичне і структурне моделювання рухів механічних систем					
Тема 1. Основні підходи до дослідження руху механічних систем	5	2	2		1
Тема 2. Моделювання простіших рухів твердого тіла в математичному пакеті Mathcad	5	2	2		1
Тема 3. Дослідження руху плоских важільних механізмів в математичному пакеті Mathcad	5	2	2		1

Тема 4. Структурне моделювання руху механічних систем в пакеті MATLAB/Simulink	5	2	2		1
Тема 5. Комп'ютерне моделювання і візуалізація руху плоских важільних механізмів в пакеті MATLAB/Simulink	5,5	2	2		1,5
Тема 6. Комп'ютерне модулювання руху механічних систем в SolidWorks Motion	5	2	2		1
Тема 7. Кінематичний аналіз плоских важільних механізмів в середовищі SolidWorks Motion	5	2	2		1
Модульний контроль	5	2	2		1
Разом за змістовним модулем 1	40,5	16	16		8,5
Змістовний модуль 2. 3D твердотільне моделювання динаміки рухів механічних систем в SolidWorks Motion					
Тема 1. Динамічний аналіз руху плоских важільних механізмів в середовищі SolidWorks Motion	8	2	4		2
Тема 2. Імітаційне моделювання руху механізмів з урахуванням сил тертя	8,5	2	4		2,5
Тема 3. Моделювання руху механічних передач	7,5	2	4		1,5
Тема 4. Моделювання руху механічних систем на основі подій	6,5	2	2		2,5
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	32,5	8	16		8,5
Усього годин					
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	32				32
Контрольний захід					
Усього годин	105	24	32		49

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Математичне моделювання кінематики точки і систем точок й візуалізація їх руху в Mathcad.	2
2	Математичне моделювання поступальних рухів твердого тіла в Mathcad.	2
3	Математичне моделювання динаміки руху плоского важільного механізму в Mathcad. Математичне моделювання кінематики важільного механізму штовхача в Mathcad.	2
4	Структурне моделювання кінематики простої механічної системи в MATLAB/Simulink.	2
5	Структурне моделювання динаміки руху плоского важільного механізму в MATLAB/Simulink.	2
6	Структурне моделювання кінематики руху плоского важільного механізму штовхача в MATLAB/Simulink.	2
7	Дослідження руху 3D твердотільних моделей механізмів першого класу в SolidWorks Motion.	2
8	Дослідження кінематики 3D твердотільної моделі важільного механізму другого класу в SolidWorks Motion.	2
9	Дослідження інструментів SolidWorks Motion для створення простих рухів 3D механічних систем.	2
10	Моделювання ковзання повзуна по горизонтальній площині.	2
11	Дослідження динаміки коливань 3D твердотільної моделі одномасової механічної системи, яка рухається поступово, в SolidWorks Motion.	2
12	Імітаційне моделювання контактної взаємодії твердих тіл в SolidWorks Motion.	2
13	Створення анімації складання і розбирання редуктора.	2
14	Створення 3D твердотільних моделей механічних передач в SolidWorks Motion	2
15	Моделювання руху механічних систем на основі подій в SolidWorks Motion	2
16	Проведення модульного контролю М2.	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Створення математичних моделей кінематики точки і систем точок в Mathcad.	1
2	Створення математичних моделей кінематики твердого тіла і систем твердих тіл в Mathcad.	1
3	Створення математичних моделей кінематики важільних механізмів в Mathcad.	1
4	Створення структурних моделей важільних механізмів з блоків бібліотеки SimMechanics в MATLAB/Simulink.	1
5	Моделювання і візуалізація динаміки руху плоских важільних механізмів в MATLAB/Simulink.	1,5
6	Створення 3D твердотільних моделей простих механізмів та дослідження руху в SolidWorks Motion.	1
7	Дослідження кінематики 3D твердотільних моделей важільних механізмів в SolidWorks Motion.	1
8	Дослідження динаміки руху 3D твердотільних моделей важільних механізмів в SolidWorks Motion.	1
9	Імітаційне моделювання руху твердих тіл урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion.	1
10	Дослідження коливальних рухів механічних систем в SolidWorks Motion	1
11	Створення 3D твердотільних моделей механічних систем для моделювання їх руху при ударних навантаженнях.	1
12	Створення 3D твердотільних моделей механічних передач для моделювання їх руху при робочих навантаженнях.	1,5
13	Методика створення анімацій руху механічних систем в SolidWorks Motion.	1,5
14	Методика створення дослідження руху механічних систем на основі подій.	2,5
15	Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Комп'ютерне моделювання динаміки руху важільного штовхача»	32
	Разом	49

9. Індивідуальні завдання

1. Розрахунково-графічна робота «Комп'ютерне моделювання динаміки руху важільного штовхача».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій (при необхідності) і самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення контролю участі у лекціях та виконання практичних завдань. Проведення поточного модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

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			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Робота на практичних заняттях	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Виконання та захист РГР	0...33	1	0...33
Всього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з одного теоретичного питання з максимальною кількістю 20 балів і двох практичних завдань з максимальною кількістю 30 або 50 балів за кожне питання (сума – 100 балів).

Приклад запитань

Теоретичні питання:

1. Основні принципи комп'ютерного дослідження руху механічних систем (20 балів).

2. Подання механічних систем у вигляді механічних ланцюгів. Наведіть приклад (20 балів).

3. Наведіть блок-схему структури динамічної моделі механізму для дослідження динаміки його руху у математичному пакеті Mathcad (20 балів).

Практичні питання:

1. Створіть в програмі Mathcad математичну модель руху твердого тіла по нерухомій горизонтальній опорній поверхні під дією постійної сили (рис. 1). Розмірами твердого тіла можна нехтувати. Рух твердого тіла розглядати як рух матеріальної точки масою m , що відбувається в площині OXY . Дано: параметр $h=1$ м; маса тіла $m=5$ кг; модуль сили $F=100$ Н; кут $\alpha=15^\circ$; початкове положення центру мас тіла $x_0=1$ м; початкова швидкість тіла $\dot{x}_0=0$ м/с; коефіцієнт тертя $f=0,2$; час спостереження за рухом $T_n=2$ с.

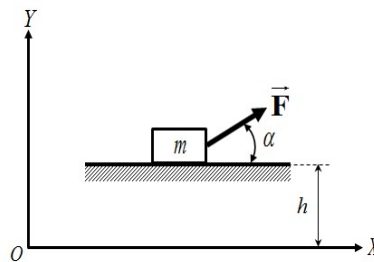


Рис. 1

Визначте кінематичні функції руху тіла – положення, швидкості і прискорення тіла. Побудуйте графіки цих функцій на тимчасовій шкалі $t \in [0, T_n]$.

Визначте динамічну функцію руху тіла - нормальну складову реакції поверхні. Побудуйте графік цієї функції на тимчасовій шкалі $t \in [0, T_n]$.

Створіть анімацію руху твердого тіла для тимчасової шкали $t \in [0, T_n]$ (30 балів).

2. Створіть в програмі Matlab/Simulink модель руху простого механізму, кінематична схема якого показана на рис. 2. Час спостереження за рухом механізму $T_n=5$ с.

У початковий момент часу ланки займають горизонтальне положення. Ланка 1 обертається за законом $\varphi(t) = \varphi_0 + \frac{2}{5}\pi t$, де кут $\varphi(t)$ вимірюється в рад. Ланки вважаються тонкими стержнями. Довжини ланок і їх маси рівні: $L_1 = l_{OA} = 0,4$ м; $L_2 = l_{AB} = 0,2$ м; $m_1 = 2$ кг; $m_2 = 1$ кг.

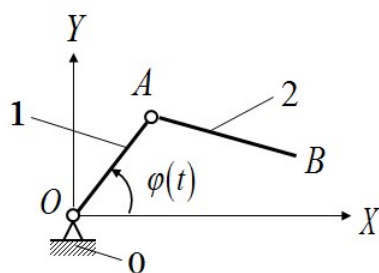


Рис. 2

Створіть анімацію руху твердого тіла для тимчасової шкали $t \in [0, T_n]$. Виведіть графік траєкторії руху точки B (30 балів).

3. Створіть модель руху плоского механізму, кінематична схема якого показана на рис. 1, в SolidWorks Motion. Час спостереження за рухом механізму = 5 с.

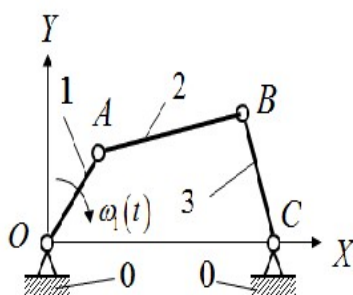


Рис. 3

У початковий момент часу ланки займають горизонтальні положення уздовж осі + X. Ланка 1 обертається с постійною кутовою швидкістю $\omega_1 = 0,5\pi$ рад/с.

Ланки вважаються тонкими стержнями. Довжини ланок і їх маси рівні: $L_1 = l_{OA} = 0,1$ м; $L_2 = l_{AB} = 0,4$ м; $L_3 = l_{BC} = 0,1$ м; $L_0 = l_{OC} = 0,4$ м; $m_1 = 1$ кг; $m_2 = 4$ кг; $m_3 = 1$ кг.

Створіть анімацію руху механізму для тимчасової шкали $t \in [0, T_n]$.

Виведіть епюри зміни кутових швидкостей ланок 2 і 3, а також епюру кута повороту ланки 3 (50 балів).

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. До іспиту допускається здобувач, який виконав і здав розрахункову графічну роботу. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 19 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 12 балів. Бути присутнім не менше ніж на половині лекцій і практичних занять.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 24 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 15 балів. Бути присутнім не менше ніж на 75% лекцій і практичних занять.

Відмінно (90-100). Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 30 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 18 балів. Бути присутнім не менше ніж на 90% лекцій і практичних занять.

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. Курс «Комп'ютерне дослідження руху» у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2742>.

2. Комп'ютерні технології проектування [Електронний ресурс]: / навч. Посіб. / В. Ф. Несвіт. – Харків.: Нац. Аерокосм. Ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. Авіац. Ін-т», 2018. – 53 с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Nesvit_Kompyuterni_Tekhnolohiyi_Pr_oektuvannya.pdf.

3. Моделювання та аналіз електромеханічних систем в MATLAB. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 – "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" спеціалізації "Електромеханічні системи автоматизації і електропривод") / Укл.: О.І.Толочко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 235 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/51599/1/LR_Mod_Analyse_2017.pdf.

14. Рекомендована література

Базова

1. Соколенко А. І., Яровий В. Л., Піддубний В. А., Васильківський К. В., Шевченко О. Ю. Моделювання процесів пакування./ За редакцією Соколенка А. І./ Підручник. — Вінниця: Нова Книга, 2004. - 272 с.

https://www.studmed.ru/sokolenko-a-yaroviy-v-l-p-ddubniy-v-a-delyuvannyaprocess-v-pakuvannya_49a8c272ea0.html.

2. Кіницький Я. Т., Харжевський В. О., Марченко М. В. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad. Навчальний посібник. — Хмельницький РВЦ ХНУ, 2014. — 324 с. <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/5044>.

3. М.Д. Гераїмчук, Ю.Ф. Лазарєв, Т.О. Толочко Моделювання систем у середовищі MATLAB-SIMULINK: Комп'ютерний практикум. – К.:, 2006. – 175с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30394>.

4. Зінко Р.В. Системи 3D моделювання: навчальний посібник / Р.В. Зінко, В.Г. Топільницький. — Львів.: Галицька Видавнича Спілка, 2017. – 150с http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Zinko_2017.pdf.

Допоміжна

1. Мацюк І. М., Шляхов Е. М., Зібров К. А. Кінематичне і динамічне дослідження плоских важільних механізмів: Навчальний посібник. — Д.: Національний гірничий університет, 2009. — 99 с. r.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/929/Учебное%20пособие%20по%20ТММ%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

2. Системи 3D моделювання: Навчальний посібник/ Пальчевський Б.О.,Валецький, Б.П., Вараніцький Т.Л. / Луцьк:, 2016 – 176с. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-3/3D%20pidruchnik_2016.pdf.

3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с. <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-02/Інженерна%20графіка%20в%20SolidWorks.pdf>.

15. Інформаційні ресурси

1.Сайт кафедри: k202@d2.khai.edu.
2. Сайт компанії DASSAULT SYSTEMES «SOLIDWORKS Web Help»: <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx>.
3. Сайт компанії PTC: <http://mathcad.com.ua/index.php>.
4. Сайт компанії MathWorks: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>.