

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Олександр Гнисько

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«27» _____ 06 _____ 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Комп'ютерне дослідження руху

(назва навчальної дисципліни)

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)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник (и): Шехов О. В., старший викладач каф. 202
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

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

(назва кафедри)

Протокол № 10 від «26» 06 2025 р.

Завідувач кафедри д. т. н., проф.
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Олег Баранов
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

студент групи 257 

Роман ТРОФИМОВ

1. Загальна інформація про викладачів

	ПІБ: Шехов О. В.
	Посада: старший викладач K202
	Науковий ступінь:
	Вчене звання:
	Перелік дисциплін, які викладає: Технічна механіка; Технічна механіка (курсний проєкт); Комп'ютерне дослідження руху; Інженерний аналіз конструкцій (CAD, CAE).
	Напрями наукових досліджень: Класична механіка, механіка деформівного твердого тіла, розробка методик розрахунків на міцність, надійність і довговічність конструкцій, розробка теорії і методів оптимального проєктування механізмів і машин, комп'ютерне моделювання динаміки механічних і електромеханічних систем, математичне і комп'ютерне моделювання мехатронних приводів систем управління літальних апаратів
	Контактна інформація: o.shekhov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна.
Семестр	7-й 5-й для студентів за скороченим терміном).
Мова викладання	Українська.
Тип дисципліни	Обов'язкова.
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	3,5 кредитів ЄКТС / 105 годин (80 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 48; СРЗ – 25).
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні, самостійна робота.
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, захист розрахункової графічної роботи, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	ОК35. Візуалізація конструкцій, ОК22. Комп'ютерні технології проектування, ОК23. Комп'ютерні технології проектування (CAD), ОК24. Комп'ютерні технології проектування (CAD) (КП)
Кореквізити	ОК30. Устрій і проектування машин (CAD), ОК31. Устрій і проектування машин (CAD) (КП)
Постреквізити	ОК41. 3D-принтеринг, ОК42. Кваліфікаційна робота бакалавра

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – 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 проектується або модернізуються.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність особи розв'язувати складні спеціальні задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та визначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК10. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Спеціальні компетентності (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ФК1. 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.

ФК2. Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування.

ФК7. Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

ПРН5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

ПРН14. Розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Математичне і структурне моделювання рухів механічних систем

Тема 1. Основні підходи до дослідження руху механічних систем

- Темати та питання лекцій:

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.

- Практична робота 1: «Математичне моделювання кінематики точки та візуалізація її руху в Mathcad».

- Практична робота 2: «Математичне моделювання кінематики систем точок та плоских ланок та візуалізація їх руху в Mathcad».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Опанувати реалізацію алгоритму створення математичної моделі кінематики точки та візуалізації її руху у програмному середовищі Mathcad. Опанувати реалізацію алгоритмів створення математичних моделей кінематики руху систем точок та плоских ланок механізмів у програмному середовищі Mathcad.

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

- Темати та питання лекцій:

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.

- Практична робота 3: «Математичне моделювання поступальних рухів твердого тіла в Mathcad».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Розібратися з реалізацією алгоритмів створення математичних моделей кінематики простих рухів твердого тіла у програмному середовищі Mathcad.

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

- Темати та питання лекцій:

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.

- *Практична робота 4: «Математичне моделювання динаміки руху плоского важільного механізму в Mathcad».*

- *Практична робота 5: «Математичне моделювання кінематики важільного механізму штовхача в Mathcad».*

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати реалізацію алгоритму створення математичної моделі динаміки руху плоского важільного механізму у програмному середовищі Mathcad. Опанувати реалізацію алгоритму створення математичної моделі кінематики руху плоского важільного механізму штовхача у програмному середовищі Mathcad.

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

- *Теми та питання лекцій:*

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

- *Практична робота 6: «Структурне моделювання кінематики простої механічної системи в MATLAB/Simulink».*

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Розібратися з реалізацією створення структурної моделі динаміки руху фізичного маятника у програмному середовищі MATLAB/Simulink.

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

- *Теми та питання лекцій:*

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.

- *Практична робота 7: «Структурне моделювання кінематики важільних механізмів в MATLAB/Simulink».*

- *Практична робота 8: «Структурне моделювання динаміки руху плоского важільного механізму в MATLAB/Simulink».*

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати реалізацію побудови структурної (блочної) моделі кінематики плоских важільних механізмів першого класу у програмному середовищі MATLAB/Simulink. Опанувати реалізацію побудови структурної (блочної) моделі динаміки руху плоских важільних механізмів у програмному середовищі MATLAB/Simulink.

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

- Темі та питання лекцій:

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

- Практична робота 9: «Дослідження руху 3D твердотільних моделей механізмів першого класу в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати навички запуску інструменту SolidWorks Motion у програмному середовищі SolidWorks, а також з елементами лінійки інструментів Motion та їх налаштуванням. Опанувати створення 3D-моделей механізмів першого класу для дослідження динаміки їх руху. Розібратися з методиками налаштування дослідження і переглядом результатів моделювання.

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

- Темі та питання лекцій:

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.

- Практична робота 10: «Дослідження кінематики 3D твердотільної моделі важільного механізму другого класу в SolidWorks Motion».

- Практична робота 11: «Дослідження динаміки руху 3D твердотільної моделі важільного механізму другого класу в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати побудову 3D-моделі шарнірного чотириланкового механізму і методику виконання дослідження його кінематики. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі важільного механізму другого класу в SolidWorks Motion і методику виконання дослідження динаміки його руху. Підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 1

- Темі та питання лекцій:

Проведення модульного контролю.

- Практична робота 12: «Імітаційне моделювання поступального руху твердого тіла по нерухомої поверхні з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі руху твердого тіла по

нерухомій поверхні з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion і методику виконання дослідження динаміки його руху.

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

Тема 8. Динамічний аналіз руху плоских важільних механізмів в середовищі SolidWorks Motion

- Теми та питання лекцій:

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.

- Практична робота 13: «Імітаційне моделювання обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion».

- Практична робота 14: «Дослідження динаміки коливань 3D твердотільної моделі одномасової механічної системи, яка рухається поступово, в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі з урахуванням сил тертя в SolidWorks Motion і методику виконання дослідження динаміки його руху. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі одномасової механічної системи, що рухається поступово, для дослідження динаміки коливального руху в SolidWorks Motion.

Тема 9. Імітаційне моделювання руху механізмів з урахуванням сил тертя

- Теми та питання лекцій:

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.

- Практична робота 15: «Дослідження динаміки коливань 3D твердотільної моделі одномасової механічної системи, яка обертається навколо нерухомої осі, в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі одномасової механічної системи, що обертається навколо нерухомої осі, для дослідження динаміки коливального руху в SolidWorks Motion.

Тема 10. Дослідження коливальних процесів руху механічних систем в SolidWorks Motion

- Теми та питання лекцій:

Основні відомості о коливаннях механічних систем. Коливання механічних систем з одним ступнем вільності. Пружні елементи. Побудова 3D-моделі одномасової динамічної системи, що рухається поступово. Налаштування інструмента SolidWorks Motion для дослідження руху одномасової динамічної системи. Побудова 3D-моделі одномасової динамічної системи, що рухається обертальне. Створення дослідження руху 3D-моделі одномасової динамічної системи.

- Практична робота 16: «Імітаційне моделювання контактної взаємодії твердих тіл в SolidWorks Motion».

- Практична робота 17: «Дослідження кінематики 3D твердотільної моделі зубчастої передачі в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Ознайомлення з налаштуванням інструменту «Контакт». Опанувати побудову 3D твердотільної моделі вільного падіння сферичної кулі та її контактної взаємодії з нерухомою твердою плитою в SolidWorks Motion. Опанувати побудову 3D твердотільної моделі зубчастої передачі для динаміки її руху з урахуванням контактної взаємодії зубців зубчастих коліс у SolidWorks Motion.

Тема 11. Моделювання руху механічних систем під час ударних навантажень

- Теми та питання лекцій:

Механічний удар. Основні відомості теорії механічного удару. Принципи математичного моделювання удару в механічних системах. Дослідження ударних взаємодій в SolidWorks Motion. Задання та налаштування контакту в інструменті SolidWorks Motion. Аналіз результатів моделювання контактної взаємодії.

- Практична робота 18: «Створення 3D твердотільних моделей механічних передач в SolidWorks Motion».

- Самостійна робота здобувача освіти:

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Ознайомлення з методикою використання механічних спряжень при побудові при побудові 3D твердотільних моделей механічних передач в SolidWorks Motion. Опанувати методику побудови 3D твердотільної моделі простих зубчастих передач з нерухомими осями обертання.

Тема 12. Моделювання руху механічних передач

- Теми та питання лекцій:

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.

- *Практична робота 19: «Створення 3D твердотільної моделі важільного механізму штовхача технологічної лінії пакувального обладнання в SolidWorks Motion. Методика налаштування дослідження руху».*

- *Практична робота 20: «Методи створення анімації 3D твердотільної моделі механічної конструкції в SolidWorks Motion».*

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати методику побудови прямокутних циліндричних евольвентних зубчастих коліс і побудову з цих коліс простих зубчастих передач. Опанувати методику дослідження динаміки руху циліндричної евольвентної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення в SolidWorks Motion. Опанувати методику створення анімації 3D твердотільної моделі механічної конструкції в SolidWorks Motion.

Тема 13. Створення анімації руху механічних систем в SolidWorks Motion

- *Теми та питання лекцій:*

Вступ. Засоби створення анімації в інструменті SolidWorks Motion. Технологія анімації. Тимчасова шкала. Налаштування початкового положення. Зміна кольору компонента. Зміна зовнішнього вигляду компонента. Анімація на основі камери.

- *Практична робота 21: «Моделювання руху механічних систем на основі подій в SolidWorks Motion. Перше заняття».*

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати використання способів створення анімації в інструменті SolidWorks Motion. Ознайомлення. Ознайомлення з поняттям «рух на основі подій». Опанувати методику створення діаграми Ганта в SolidWorks Motion.

Тема 14. Моделювання руху механічних систем на основі подій

- *Теми та питання лекцій:*

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.

- *Практична робота 22: «Моделювання руху механічних систем на основі подій в SolidWorks Motion. Друге заняття».*

- *Практична робота 23: «Моделювання руху механічних систем на основі подій в SolidWorks Motion. Третє заняття».*

- *Самостійна робота здобувача освіти*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати методики дослідження руху на основі подій, що виконувались на практичних заняттях 22 і 23.

Модульний контроль 2

- *Теми та питання лекцій:*

Проведення модульного контролю.

- *Практична робота 24:* «Дослідження руху плоских механізмів на основі блочних моделей SolidWorks».

- *Самостійна робота здобувача освіти:*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування запитань до викладача. Опанувати створення блочних моделей SolidWorks. Опанувати методику створення руху блочних моделей SolidWorks.

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.

- *Самостійна робота здобувача освіти*

Опрацювання матеріалу шаблону розрахунково-графічної роботи. Формування запитань до викладача. Редагування розділів шаблону відповідно до заданих початкових даних завдання. Оформлення розрахунково-графічної роботи та підготовка до її захисту.

5. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) на тему «Комп'ютерне моделювання динаміки руху важільного штовхача». Метою роботи є комп'ютерне моделювання та порівняльний аналіз динаміки руху важільного штовхача, виконаного у трьох програмних середовищах – Mathcad, Matlab і SolidWorks Motion. Особливостями виконання роботи є наступне:

– моделювання динаміки руху штовхача виконується за допомогою трьох різних комп'ютерних моделей;

– комп'ютерне моделювання в середовищах Mathcad і Matlab виконається шляхом налаштування відповідних шаблонів моделі, а в середовищі SolidWorks Motion - шляхом самостійної побудови 3D твердотільної моделі конструкції штовхача важеля у SolidWorks і подальшого дослідження її руху у SolidWorks Motion;

– аналіз результатів моделювання проводиться шляхом порівняння графіків зміни за часом кінематичних параметрів штовхача, отримані при моделюванні у трьох програмних середовищах.

6. Методи навчання

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

7. Методи контролю

Проведення контролю участі у лекціях та виконання практичних завдань. Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), захист розрахункової графічної роботи, модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Активність під час лекції	0...1	7	0...7
Активність під час практичного заняття	0...1	12	0...12
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Активність під час лекції	0...1	7	0...7
Активність під час практичного заняття	0...1	12	0...12

Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання та захист РГР	0...32	1	0...32
Всього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту складається з одного теоретичного питання з максимальною кількістю 20 балів і двох практичних завдань з максимальною кількістю 40 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.

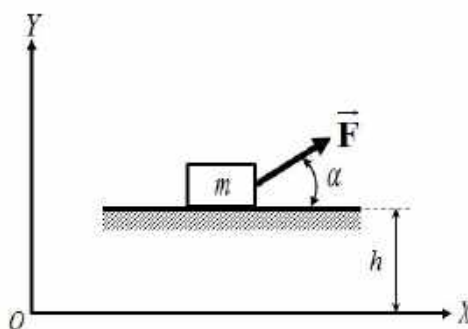


Рис. 1

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 цій функцій на тимчасовій шкалі $t \in [0, T_n]$.

Створіть анімацію руху твердого тіла для тимчасової шкали $t \in [0, T_n]$ (40 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.

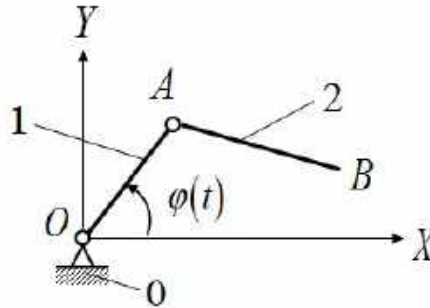


Рис. 2

Створіть анімацію руху твердого тіла для тимчасової шкали $t \in [0, T_n]$. Виведіть графік траєкторії руху точки B (40 балів).

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

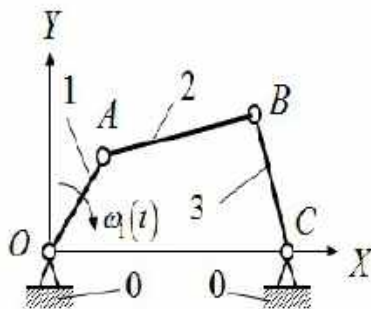


Рис. 3

У початковий момент часу ланки займають горизонтальні положення уздовж осі + X. Ланка 1 обертається з 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 (40 балів).

Таблиця 8.3 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Якісні критерії оцінювання.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- 1) основні принципи комп'ютерного дослідження руху механічних систем;
- 2) принципи візуалізації динаміки руху матеріальної точки і твердого тіла в середовищі математичного пакету Mathcad;
- 3) алгоритм візуалізації динаміки руху плоского важільного механізму, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, в середовищі математичного пакету Mathcad;
- 4) принципи моделювання руху механічних систем в пакеті Simulink/SimMechaniks;
- 5) структура бібліотеки блоків пакету Simulink/SimMechaniks;
- 6) моделювання динаміки руху плоского важільного механізму, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, в середовищі пакету Simulink/SimMechaniks;
- 7) інструмент SolidWorks Motion програми SolidWorks і його функціональні рівні дослідження руху 3D твердотільних геометричних моделей механічних систем;
- 8) запуск інструменту SolidWorks Motion програми SolidWorks і панель інструментів MotionManager;
- 9) алгоритм дослідження динаміки руху плоского важільного механізму 1-го класу за допомогою інструментів панелі інструментів MotionManager;
- 10) алгоритм дослідження динаміки руху плоского важільного механізму 2-го класу за допомогою інструментів панелі інструментів MotionManager;
- 11) моделювання вільних коливань механічних систем з урахуванням дії сил тертя в інструменті SolidWorks Motion програми Solid;
- 12) алгоритм дослідження ударної взаємодії за допомогою інструменту SolidWorks Motion програми SolidWorks;

- 13) алгоритм моделювання динаміки руху прямокутної циліндричної евольвентної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення за допомогою інструменту SolidWorks Motion програми SolidWorks;
- 14) технологія створення анімації дослідження руху механічної системи за допомогою інструменту SolidWorks Motion програми SolidWorks;
- 15) дослідження руху механічних систем з рухами, керованими подіями.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

- 1) виконувати дослідження динаміки руху матеріальної точки у середовищі математичного пакету Mathcad;
- 2) виконувати дослідження динаміки руху твердого тіла, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, у середовищі математичного пакету Mathcad;
- 3) виконувати дослідження динаміки руху плоского важільного механізму, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, у середовищі математичного пакету Mathcad;
- 4) створювати і налаштовувати структурну модель динаміки руху плоских важільних механізмів 1-го класу в пакеті Simulink/SimMechanics;
- 5) створювати і налаштовувати структурну модель динаміки руху плоских важільних механізмів 2-го класу в пакеті Simulink/SimMechanics;
- 6) створювати 3D твердотільну геометричну модель плоского важільного механізму 1-го класу, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, і виконувати дослідження її динаміки руху в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 7) створювати 3D твердотільну геометричну модель плоского важільного механізму 2-го класу, ступінь рухливості якого дорівнює одиниці, і виконувати дослідження її динаміки руху в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 8) створювати 3D твердотільну геометричну модель механічної системи і виконувати дослідження її вільних коливань з урахуванням сил тертя в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 9) створювати 3D твердотільну геометричну модель механічної системи і досліджувати ударні взаємодії, які відбуваються в ній, в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 10) створювати 3D твердотільну геометричну модель прямокутної циліндричної евольвентної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення і виконувати дослідження її динаміки руху в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 11) виконувати налаштування керування руху механічної системи елементами тимчасової шкали;

- 12) створювати і налаштовувати датчики та серводвигуни;
- 13) створювати 3D твердотісну геометричну модель механічної системи і виконувати дослідження її руху на основі подій в середовищі програми SolidWorks за допомогою інструменту SolidWorks Motion;
- 14) створювати епюри кінематичних і динамічних параметрів руху 3D твердотісної геометричної моделі механічної системи, яка досліджується;
- 15) виконувати налаштування дослідження динаміки руху 3D твердотісної геометричної моделі механічної системи за допомогою інструменту SolidWorks Motion програми SolidWorks;

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти 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.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу, з одного боку, та робота на комп'ютері під час практичних занять, з іншого боку, передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання заняття виконується шляхом самостійного виконання здобувачем шаблону практичного заняття з наступною відправкою файлу шаблону на вказаний викладачем мережевий ресурс. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих

морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. О.В. Шехов: 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_Proektuvannya.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

11. 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-delyuvannyaproses-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>.

12. 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>.