



## ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший(бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	“Авіацій на та ракетно-космічна техніка”
Статус дисципліни	Цикл професійної підготовки
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська/англійська
Інформація про керівника курсу викладачів	Лектор: к.ф.-м.н., с.н.с, Лук'янов П.В., <a href="mailto:lvptvl@ukr.net">lvptvl@ukr.net</a> Лабораторні: к.ф.-м.н.,с.н.с, Лук'янов П.В., <a href="mailto:lvptvl@ukr.net">lvptvl@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет, що вивчається, та результати навчання

В курсі «Теорія механізмів та машин» (далі ТММ) вивчаються структура механізмів (ланка, деталь, кінематична пара), будується кінематична схема механізму, визначаються надлишкові в'язі, ступінь його рухливості. На основі схеми механізму відокремлюють його структурні групи (класифікація за Ассуром, Артоболевским), вивчаються механізми за функціональною ознакою, за способом передачі руху, характером руху ланок, за конструктивною ознакою. Основними видами аналізу є кінематичний та динамічний аналіз механізмів. Кінематичний аналіз механізмів включає в себе визначення основних кінематичних характеристик механізму, передатних функцій. Для його реалізації використовують метод координат, метод діаграм, графічне диференціювання та інтегрування, побудову планів швидкості та прискорення. Динамічний аналіз містить класифікацію сил та моментів, визначення сил інерції, складання рівняння руху механізму, силовий розрахунок механізмів. В курсі ТММ розглянуті питання урівноваження механізмів, синтез механізмів, різні типи простих механізмів.

ТММ відноситься до загально інженерних і знаходиться на стику загально технічних і спеціальних дисциплін. Вона є подальшим вивченням складних задач теоретичної механіки, ДММ, технологією машинобудування, технічним кресленням.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення кредитного модулю «Теорія механізмів та машин» дозволяють їм визначати ступінь рухливості механізму, виконати його класифікацію (групи, порядки), а також здійснити

кінематичний та силовий аналіз механізму. Це все є необхідним для загального вивчення роботи механізму, машини на різних режимах їх роботи.

**Метою** навчальної дисципліни є :

- засвоєння студентами теоретичних методів класифікації механізмів, машин, виділення окремих кінематичних пар, груп та виконання структурного аналізу механізму;
- опанування аналітичних методів кінематичного та динамічного аналізу механізмів, машин, розрахунок необхідних механічних характеристик руху;
- вивчення питань урівноваження, синтезу механізмів у загальній структурі машини.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

**знання:**

- класифікації рухливості механізму та групову класифікацію;
- теоретичних методів дослідження руху механізму, машини;
- основних характеристик кінематики та динаміки механізмів, їх взаємний зв'язок;

**уміння:**

- визначати кількість кінематичних пар, ступінь рухливості, побудувати структурну схему механізму;
- використовувати методи координат, діаграм, графічне диференціювання та інтегрування, побудову планів швидкості та прискорення;
- виконувати комплексний розрахунок механізму в цілому з метою прийняття відповідного конструктивного рішення.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів навичок основ теоретичної механіки, нарисної геометрії, лінійної алгебри і аналітичної геометрії, вищої математики. Для цього студенти мають користуватись персональними комп'ютерними пакетами на кшталт CAD, MATHCAD, Maple.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
<b>Тема 1.</b> Структура механізму 1.1. Загальні поняття та означення. 1.2. Структурний аналіз механізму.	8	4	4	-	5
<b>Тема 2.</b> Класифікація механізмів та машин 2.1. Структурний класифікація механізмів. 2.2. Машина. Агрегат.	8	4	4		5
<b>Тема 3</b> Кінематичний аналіз механізму 3.1 Аналітичні методи. 3.2 Кінематичний аналіз методом	8	4	4		5

діаграм. 3.3 Метод планів у дослідженні механізмів. 3.4 Кінематичне дослідження зубчастих механізмів.					
<b>Тема 4</b> Динамічне дослідження руху машинного агрегату. 4.1 Рівняння руху механізмів. 4.2 Динаміка механізмів за неусталеного режиму роботи. 4.3 Динаміка механізмів за усталеного режиму роботи.	8	4	4		5
<b>Модульна контрольна робота</b>	8	2	-	-	3
<b>Тема 5.</b> Силовий розрахунок механізмів 4.1 Кінетостатичне дослідження груп Ассура. 4.2 Кінетостатичне дослідження плоских механізмів.	8	4	4	-	5
<b>Тема 6.</b> Урівноваження механізмів 6.1 Неврівноваженість механізмів. 6.2 Урівноваження обертових мас роторів.	4	2	2		5
<b>Тема 7.</b> Синтез плоских механізмів 7.1 Синтез кінематичних схем механізмів з нижчими парами. 7.2 Синтез механізмів з вищими парами.	4	2	2		5
<b>Тема 8.</b> Зубчасте зачеплення 8.1 Класифікація зубчастих передач. 8.2 Евольвентна циліндрична передача. 8.3 Просторові зубчасті передачі.	8	4	4		5
<b>Тема 9</b> Кулачкові механізми 9.1 Види та призначення кулачкових механізмів. 9.2 Способи замикання кулачка і штовхача. 9.3 Синтез кулачкових механізмів.	8	4	4		5
<b>Всього годин:</b>	<b>120</b>	36	36	-	48

#### 4. *Навчальні матеріали та ресурси*

##### 1. Базова література.

- 1.1 О.П. Захвайко. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій. -Київ-НТУУ «КПІ» -2010-242с..
- 1.2 Я.Т. Кіницький. Короткий курс теорії механізмів і машин.-«Афіша»-2004-278с.

1.3 О.А. Кірієнко, Л.Г.Овсієнко. Теорія механізмів і машин: Побудова кінематичної схеми плоского механізму та його структурний аналіз. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.- Київ НТУУ “КПІ” 2010-33с.

1.4 В.М. Арендаренко, І.А.Дудніков. Теорія механізмів і машин в прикладах і задачах.- Полтава-2020-174с.

1.5 О.В.Солова, І.М. Купчук. Практикум з теорії механізмів і машин.- Вінниця ВНАУ 2020-252с.

## 2.Додаткова література

2.1 Лук'янов П.В. Теорія машин та механізмів. Практичні заняття. –Київ,КПІ,2022,104с.

2. 2 Стрілець В.М., Похильчук І.О.,Стрілець О.Р. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія механізмів і машин». -Рівне НУВГП,2014-34с.

2.3 Теорія механізмів та машин. Лабораторний практикум. –Київ –НАУ.-2011-35с.

2.4 Д.В.Бабенко, Н.А.Доценко, О.А.Горбенко. Теорія механізмів і машин: практикум для навчання в умовах інформаційно-освітнього середовища.-Миколаїв -МНАУ -2019-168с.

2.5 Вірник М.М, Булига Ю.В. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум.- Вінниця: ВНТУ, 2004 - 100 с.

### Інформаційне забезпечення.

- Сайт НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" <http://kpi.ua>.
- Сайт ІАТ <http://iat.kpi.ua>.
- Сайт каф. АРБ <http://arb.kpi.ua>.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття.

Таблиця 2

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>Основні положення</b>	
1	<b>Лекція 1.</b> Вступ. Структура механізму . Загальні поняття та означення.: ланка, деталь, кінематична пара, кінематичний ланцюг, рухливість кінематичного ланцюга. Завдання на СРС:дослідити рухливість кривошипно-шатунного механізму. <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 9-16.
2	<b>Лекція 2.</b> Кінематична схема механізму. Пасивні (надлишкові) в'язі та ланки. Поняття про групу Ассура. Класифікація груп Ассура. Структурний аналіз та структурна класифікація механізмів. Завдання на СРС: дослідити механізм згідно класифікації Ассура.

	Література: [ 1.1 ] с. 20-26.
3	<p><b>Лекція 3.</b> Класифікація механізмів за функціональною ознакою. Класифікація механізмів за способом передачі руху. Класифікація механізмів за характером руху ланок. Класифікація механізмів за конструктивною ознакою (за типом механізму). Машина. Агрегат. Кінематичний аналіз механізму. Основні кінематичні характеристики механізмів. Передатні функції та відношення.</p> <p>Завдання на СРС: Приклади дослідження деяких типових механізмів.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 27-35.</p>
<b>КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ</b>	
4	<p><b>Лекція 4.</b> Аналітичні методи кінематичного аналізу. Основні кінематичні характеристики механізмів. Передатні функції та відношення. Приклади дослідження деяких типових механізмів.</p> <p>Завдання на СРС: виконати кінематичний аналіз кривошипно-шатунного механізму.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 36-44.</p>
5	<p><b>Лекція 5.</b> Графічне диференціювання. Графічне інтегрування. Перевірка правильності виконаних побудов. Метод планів у кінематичному дослідженні механізму. Плани механізму. Плани швидкостей і прискорень.</p> <p>Завдання на СРС: побудувати плани швидкостей та прискорень кривошипно-шатунних механізмів.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 45-52.</p>
6	<p><b>Лекція 6.</b> Методика побудови планів швидкостей і прискорень для різних типів груп Ассура.</p> <p>Завдання на СРС: побудувати план швидкостей та прискорень для групи Ассура 2 порядку.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 54-60.</p>
7	<p><b>Лекція 7.</b> Кінематичне дослідження зубчастих механізмів. Визначення передатних відношень в багатоланкових зубчастих механізмах. Графіки розподілу швидкостей обертальних ланок. Дослідження багатоланкових зубчастих механізмів з застосуванням графіків розподілу швидкостей. Класифікація сил, які дають на механізм, та методи їх визначення. Рушійні сили і моменти. Сили і моменти опору. Сили тяжіння. Сили інерції.</p> <p>Завдання на СРС: побудувати графіки розподілу швидкостей зубчастих механізмів.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 61-68.</p>
8	<p><b>Лекція 8.</b> Сили і моменти, прикладені до стояка ззовні. Реакції (тиски) в кінематичних парах. Рівняння руху механізмів. Механічні характеристики машин. Динамічна модель машинного агрегату. Побудова динамічної моделі: зведення сил. Жорсткий важіль Жуковського.</p> <p>Завдання на СРС: дослідити важіль Жуковського.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 69-79.</p>
9	<p><b>Лекція 9.</b> Побудова динамічної моделі: зведення мас. Рівняння руху в інтегральній та диференціальній формі. Динаміка механізмів за неусталеного режиму роботи. Поняття про неусталений режим роботи. Приклади динамічного дослідження різних типів машинних агрегатів за неусталеного режиму роботи.</p> <p>Завдання на СРС: дослідити неусталений режим роботи кривошипно-коромислового механізму.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 80-87.</p>
10	<p><b>Лекція 10.</b> Приклади динамічного дослідження різних типів машинних агрегатів за неусталеного режиму роботи (продовження). Динаміка механізмів за усталеного режиму роботи. Регулювання руху машини. Нерівномірність руху механізму за усталеного режиму роботи.</p> <p>Завдання на СРС: Визначення коефіцієнту нерівномірності руху механізму.</p> <p>Література: [ 1.1 ] с. 88-96.</p>
11	<p><b>Лекція 11</b> Шляхи мінімізації коефіцієнта нерівномірності руху. Динамічний синтез маховика за методом Мерцалова. Збільшення середньої швидкості руху. Регулювання руху шляхом зближення роботи рушійних сил і сил опору.</p>

	<p><u>Завдання на СРС:</u> збільшити середню швидкість руху маховика.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 97-103.</p>
	<b>СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ</b>
12	<p><b>Лекція 12.</b> Кінетостатичне дослідження груп Ассура. Умова статичної визначності кінематичного ланцюга. Плани сил структурної групи. Кінетостатичне дослідження плоских механізмів. Силовий розрахунок типових механізмів методом планів сил. Кінетостатичний розрахунок початкової ланки. Визначення урівноважувальних сил та моментів методом жорсткого важеля Жуковського.  <u>Завдання на СРС:</u> приклади застосування методу жорсткого важеля Жуковського.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 104-111.</p>
13	<p><b>Лекція 13. Урівноваження механізмів.</b> Неврівноваженість механізмів. Види неуврівноваженості механізмів. Статичне та моментне врівноваження механізмів на стадії проектування. Урівноважування обертових мас (роторів). Неврівноваженість ротора та її види.  <u>Завдання на СРС:</u> Статичне і динамічне балансування виготовлених роторів.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 114-124.</p>
14	<p><b>Лекція 14. Синтез плоских механізмів.</b> Синтез кінематичних схем механізмів з нижчими парами. Умова існування кривошипа в чотириланкових механізмах (правило Грасгофа). Приклади синтезу чотириланкових механізмів. Синтез механізмів з вищими парами. Основна теорема зачеплення. Основна теорема зачеплення для плоских механізмів (теорема Віліса). Графічні методи синтезу спряжених профілів. Метод послідовних положень профілів.  <u>Завдання на СРС:</u> Спосіб Рело.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 125-134.</p>
15	<p><b>Лекція 15. Зубчасте зачеплення.</b> Класифікація зубчастих передач. Евольвентна циліндрична передача: загальні відомості, геометрія евольвентного зачеплення, методи виготовлення зубчастих коліс.  <u>Завдання на СРС:</u> приклади виготовлення зубчастих коліс.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 135-145.</p>
16	<p><b>Лекція 16.</b> Визначення розмірів зачеплення. Косозубе зачеплення. Елементи зовнішнього евольвентного зачеплення.  <u>Завдання на СРС:</u> Розрахунок евольвентного зачеплення.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 146-156.</p>
17	<p><b>Лекція 17.</b> Вплив зміщення інструменту на форму зубців при їх нарізанні. Показники якості зачеплення: коефіцієнт перекриття, коефіцієнт ковзання, коефіцієнт питомого тиску. Інтерференція зубчастих профілів. Підрізання та загострення зубців.  <u>Завдання на СРС:</u> Вибір коефіцієнтів зміщення. Блокуючі контури.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 156-166.</p>
18	<p><b>Лекція 18</b> Просторові зубчасті передачі. Евольвентна конічна передача. Передачі з мимобіжними осями. Гіпоїдна та гвинтова передачі. Черв'ячна передача.  <u>Завдання на СРС:</u> Розрахунок черв'ячної передачі.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 167-176.</p>
19	<p><b>Лекція 19 Кулачкові механізми.</b> Види та призначення кулачкових механізмів. Плоскі кулачкові механізми. Просторові механізми. Способи замикання кулачка і штовхача: силове замикання, геометричне замикання. Основні переваги та недоліки кулачкових механізмів. Геометрія кулачка.  <u>Завдання на СРС:</u> Кінематичний аналіз кулачкових механізмів.  <u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 177-186.</p>

20	<p><b>Лекція 20 Синтез кулачкових механізмів.</b> Динамічний синтез кулачкових механізмів. Механізм з поступально рухомим штовхачем, оснащеним роликом. Механізм з обертальним штовхачем.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Синтезувати механізм із поступальним та обертальними штовхачами.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 187-195.</p>
----	---

### Практичні заняття.

Головна мета практичних занять – це дослідження особливостей застосування методів аналітичної механіки для аналізу механізмів та машин.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Визначення кінематичних пар, рухливості механізму.	4
2	Структурний аналіз механізму,[2.1].	4
3	Кінематичний аналіз механізму, передатні функції,[2.1].	4
4	Кінематичний аналіз важільних механізмів методом планів,[2.1].	4
5	Силовий розрахунок механізмів,[2.1].	4
6	Синтез зубчастих зачеплень,[2.1].	2
7	Визначення зведеної сили та моменту сил,[2.1].	4
8	Визначення моменту інерції маховика,[2.1].	2
9	Статичне врівноваження механізмів,[2.1].	4
10	Синтез зубчастої передачі,[2.1].	2
11	Кінематичний аналіз плоских кулачкових механізмів,[2.1].	2

### Лабораторні заняття.

Кредитний модуль «Теорія механізмів та машин» не містить лабораторних робіт.

### Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою. Об'єм та тематика самостійної роботи студентів викладена в Таблиці 2.

## **6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку не відпрацювання студентом усіх передбачених занять до заліку він не допускається; пропущені заняття обов'язково мають бути відпрацьовані. Форму і час відпрацювання студент та викладач взаємно погоджують.

### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

## **7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання [https://document.kpi.ua/files/2020\\_1-273.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf)

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до конкретних цілей теми з метою перевірки ступеню та якості засвоєння матеріалу. На всіх заняттях застосовується об'єктивний контроль теоретичної підготовки та засвоєння практичних навичок для перевірки підготовленості здобувача вищої освіти до заняття. В процесі поточного контролю оцінюється самостійна робота студента щодо повноти виконання завдань, рівня засвоєння навчальних матеріалів, оволодіння практичними навичками аналітичної, дослідницької роботи тощо. Результати поточного контролю заносяться в Систему Кампус КПІ імені Ігоря Сікорського.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менш, ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 24 балів). Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менш, ніж 28 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 42 бали).

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за таке:

1. практичні заняття;
2. залік.

### **1. Практичні заняття**

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів дорівнює 5 балів x 11 = 55 балів.



Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 5;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 3...4;
- не підготовлений – 0.

## 2. Залік

Ваговий бал – 45.

Максимальна кількість балів дорівнює 45 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання - 45;
- неповне виконання завдання - 3...40;
- роботу виконано незадовільно - 0.

### ***Штрафні та заохочувальні бали:***

– творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...3 балів;

- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +1...+3 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–5 балів.

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 5.

### ***Розрахунок шкали (R) рейтингу:***

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 55 + 45 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингові бали, <i>RO</i> цінка	за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## ***8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)***

При переведенні студента з іншого вузу оцінки з дисципліни можуть перерахуватись за умов відповідності даній програмі.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено доцентом** кафедри АРБ, к.ф-м.н., П.В. Лук'янов

**Ухвалено** кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.2023)

**Погоджено** Методичною комісією ІАТ (протокол №6 від 22.06.2023)