



# ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

| Рівень вищої освіти                         | Перший (бакалаврський)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Галузь знань                                | G «Інженерія, виробництво та будівництво»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Спеціальність                               | G9 "Прикладна механіка"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Освітня програма                            | Автоматизовані та роботизовані механічні системи НН ММІ,<br>Технології машинобудування НН ММІ,<br>Конструювання та дизайн машин НН ММІ,<br>Технології виробництва літальних апаратів НН ММІ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Статус дисципліни                           | Нормативна                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Форма навчання                              | очна(денна)/дистанційна/змішана                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Рік підготовки, семестр                     | 2 курс, 4 семестр (весняний),                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Обсяг дисципліни                            | 4 кредити ЄКТС, Лекції – 44 год., практичні – 14 год.,<br>лабораторні – 16 год., СРС – 46 год.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Залік, МКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Розклад занять                              | <a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.т.н., професор, Данильченко Юрій Михайлович,<br><a href="mailto:yumd@i.ua">yumd@i.ua</a> .<br>Лабораторні і практичні заняття:<br>к.т.н., ст. викладач, Петришин Андрій Ігорович,<br><a href="mailto:m.p3shka.a.i@gmail.com">m.p3shka.a.i@gmail.com</a> ,<br>к.т.н.,ст. викладач, Проценко Павло Юрійович, <a href="mailto:pavel07@i.ua">pavel07@i.ua</a><br>к.т.н., асистент Заставський Костянтин Олегович,<br><a href="mailto:zastavskiy.kostiantyn@lil.kpi.ua">zastavskiy.kostiantyn@lil.kpi.ua</a> |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://classroom.google.com/u/0/c/NTYxNDI2MzE3MTEz?hl=uk">https://classroom.google.com/u/0/c/NTYxNDI2MzE3MTEz?hl=uk</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

### 1. Програма навчальної дисципліни

#### Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Теорія механізмів і машин» (ТММ) складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» за спеціальністю G9 "Прикладна механіка".

**Метою вивчення навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з методами дослідження існуючих механізмів (аналіз механізмів) та проектування схем механізмів за заданими їх властивостями.**

Як теоретична основа спеціальних курсів з проектування та дослідження машин і механізмів різних галузей промисловості ТММ розглядає в першу чергу ті питання, які є загальними при дослідженні та проектуванні механізмів незалежно від того, в якій машині цей механізм застосовується, виявляє загальні основи будови, кінематики та динаміки механізмів і машин.

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є засвоєння принципу дії механізмів, що використовуються у народному господарстві з метою забезпечення надійності та працездатності відповідного технологічного обладнання підприємства. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

**Програмні результати навчання:** Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни є формування компетентностей (за переліком освітньо-професійної програми спеціальності 131 – Прикладна механіка) у студента першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня «бакалавр»:

**- Загальних:**

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2 «Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності»

**Спеціальних**

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

**Завершитись навчання повинно наступними програмними результатами:**

РН6. Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.

РН10. Знати конструкції, методики вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації приводів верстатного і робототехнічного обладнання.

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

Дисципліна модуля ТММ пов'язана з дисциплінами: «Вища математика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Теоретична механіка». В свою чергу освітній компонент ТММ забезпечує теоретичну та практичну підготовку для вивчення дисциплін «Теорія механізмів і машин. Курсова робота», «Деталі машин і основи конструювання», «Деталі машин і основи конструювання. Курсовий проект», «Дипломне проектування», а також ряду дисциплін циклу професійної підготовки відповідно до освітніх програм.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

| Форма навчання | Всього   |       | Розподіл навчального часу та видами занять |        |        |     | Семестр. атестація |
|----------------|----------|-------|--------------------------------------------|--------|--------|-----|--------------------|
|                | кредитів | годин | Лекції                                     | Практ. | Лабор. | СРС |                    |
| Денна          | 4        | 120   | 44                                         | 14     | 16     | 46  | 100 балів<br>Залік |

### Тема 1.1. Основні поняття ТММ

Вступ. Зміст дисципліни ТММ та її значення для інженерної освіти. Зв'язок ТММ з іншими галузями знань. Історія розвитку науки про механізми та машини. Машина. Механізм. Прилад. Апарат. Знаряддя праці. Механічний пристрій. Ланка механізму. Вхідні та вихідні ланки. Початкові, ведучі та ведені ланки. Кінематична пара. Класифікація кінематичних пар за числом степенів вільності та числом зв'язків Алгоритм визначення класу кінематичної пари. Нижчі та вищі кінематичні пари. Кінематичні ланцюги. Кінематична схема механізму. Масштабний коефіцієнт ТММ. Структурна схема механізму. Алгоритм побудови структурної схеми механізму.

### Тема 1.2. Основні види механізмів

Самостійне вивчення – 1 год.

Плоскі та просторові механізми з нижчими парами. Кулачкові, зубчасті, фрикційні механізми. Механізми з гнучкими зв'язками. Рядові, ступінчасті, планетарні, хвильові передачі. Гідравлічні та пневматичні механізми.

### **Тема 1.3. Структурний аналіз механізмів**

Число степенів вільності просторового механізму. Формула Сомова-Малишева. Число степенів вільності плоского механізму. Формула Чебишева. Зв'язки механізму. Надлишкові (пасивні) зв'язки. Усунення надлишкових зв'язків зміною класу кінематичних пар. Місцеві рухомості (зайві степені вільності). Заміна вищих кінематичних пар нижчими. Алгоритм заміни вищої кінематичної пари нижчими. Утворювання механізмів шляхом нашарування структурних груп (груп Ассура). Механізм 1-го класу. Структурна група або група Ассура. Класифікація механізмів. Механізми паралельної структури

### **Тема 1.4. Кінематичний аналіз механізмів**

Задачі кінематичного аналізу механізмів. Аналоги швидкостей та прискорень. Послідовність кінематичного аналізу механізмів. Плани механізму. Побудова планів положень механізму методом "засічок". Кінематичний аналіз методом планів швидкостей та прискорень. Властивості планів швидкостей. Методика побудови планів швидкостей механізмів 2-го класу. Визначення кутових швидкостей за планами швидкостей. Властивості плану прискорень. Методика побудови плану прискорень механізму 2-го класу. Визначення кутових прискорень за планами прискорень. Аналітичні методи кінематичного аналізу механізмів.

### **Тема 1.5. Кінетостатичний аналіз механізмів**

Задачі кінетостатичного аналізу механізмів. Сили, що діють на ланки механізму. Принцип кінетостатики. Урахування сил інерції ланок механізму. Плоскопаралельний рух ланки. Поступальний рух ланки. Обертальний рух відносно центральної осі. Обертальний рух відносно довільної осі. Умови статичної визначеності кінематичного ланцюга.

Кінематичний ланцюг з нижчими парами. Кінематичний ланцюг з вищими парами. Просторовий кінематичний ланцюг. Силовий розрахунок структурних груп 2-го класу 2-го порядку. Силовий розрахунок початкової ланки в робочій машині. Силовий розрахунок початкової ланки в машині-двигуні. Теорема М.Є. Жуковського.

### **Тема 1.6. Тертя в механізмах**

Самостійне вивчення – 3 год.

Види тертя. Основні закони тертя ковзання незмащених тіл. Тертя спокою. Тертя руху. Сучасні положення про сили сухого тертя. Тертя в поступальній кінематичній парі. Умови руху повзуна. Геометрична форма зображення взаємодії сил. Тертя при русі клинчастого повзуна.

Тертя в гвинтовій кінематичній парі. Тертя в обертальній кінематичній парі (тертя шипа по підшипнику та п'яти по підп'ятнику). Тертя ковзання змащених тіл. Тертя кочення. Тертя в передачах з гнучкими ланками.

### **Тема 1.7. Динамічний аналіз механізмів**

Задачі динамічного аналізу механізмів. Режим руху машини. Рівняння руху механізму в формі кінетичної енергії. Механічний коефіцієнт корисної дії (ККД). ККД машини при послідовному, паралельному та комбінованому з'єднанні механізмів. Метод зведення мас і сил. Зведена маса (зведений момент інерції). Зведена сила (зведений момент сили). Рівняння руху механізму. Рівняння руху в інтегральній формі. Рівняння руху в диференціальній формі. Функції зведених моментів сил. Розв'язання рівнянь руху. Графічний метод визначення суми робіт (метод графічного інтегрування). Коефіцієнт нерівномірності руху. Регулювання періодичних коливань швидкості (ПКШ). Механіка роботи маховика. Рівняння руху маховика. Визначення моменту інерції маховика методом Грунауера.

### **Тема 1.8. Зрівноважування та віброзахист машин**

Причини та задачі зрівноважування та віброзахисту машин. Умова зрівноваженості обертової ланки. Статичне та динамічне балансування обертових мас. Зрівноважування механізмів на фундаменті. Статичне зрівноважування механізмів. Засоби віброзахисту. Динамічне віброгасіння. Віброізоляція.

### **Тема 1.9. Синтез зубчастих механізмів**

Методи виготовлення зубчастих коліс. Вихідний твірний контур. Розрахунок геометричних параметрів верстатного зачеплення. Евольвентне зачеплення. Кінематика евольвентного зачеплення. Властивості евольвентного зачеплення. Якісні показники зачеплення (коефіцієнти перекриття, відносного ковзання, питомого тиску). Аналітичний метод визначення передаточного

відношення. Графічний метод визначення передаточного відношення (метод Смірнова-Кутибаха). Диференціальні та планетарні передачі, їх будова та кінематика. Визначення передаточного відношення аналітично та графічними методами.

#### **Тема 1.10. Синтез кулачкових механізмів**

Задачі синтезу кулачкових механізмів. Види кулачкових механізмів, галузі їх застосування. Фазові кути повороту та кути профілю кулачка. Аналіз основних законів руху вихідної ланки. Кут тиску на ведену ланку кулачкового механізму та кут передачі руху. Вибір допустимого кута тиску. Визначення основних розмірів кулачкового механізму з умов обмеження кута тиску та опуклості кулачка за заданим законом руху вихідної ланки. Метод обернення руху. Профілювання кулачка методом обернення руху.

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

##### Основна література

1. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин /. - Підручник. К.: «Наукова думка», 2002. – 660 с.
2. Кіницький Я.Т. Практикум із теорії механізмів і машин / Львів. : “Афіша”, 2002. – 452 с..
3. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів спеціальності „Динаміка і міцність машин”/ Автор: к.т.н., доц. О.П. Заховайко. – К.: НТУУ “КПІ”, 2010. – 243 с.
4. Теорія механізмів і машин [Текст]: навч. посіб. / О.А. Кірієнко. – К.: НТУУ “КПІ”, 2013. – 232с.
5. Ніколайчук В.М., Стрілець В.М. Теорія механізмів і машин та деталі машин. Навчальний посібник. – Рівне. НУВГП, 2012. – 277с.

##### Додаткові література

6. Теорія механізмів і машин. Синтез плоских механізмів з нижчими парами. Методичні вказівки до вивчення курсу та курсового проектування для студентів машинобудівних спеціальностей. 6.050502 «Інженерна механіка» /Уклад.: О.А.Кірієнко, Л.Г.Овсієнко – К.: НТУУ “КПІ”, 2011. – 80 с.
7. Теорія механізмів і машин. Методичні вказівки до виконання контрольних і домашніх робіт / О.А.Кірієнко, Л.Г.Овсієнко. Київ. НТУУ «КПІ». 2007. - 68 с.
8. Теорія механізмів і машин. Аналіз руху ланок плоских кулачкових механізмів і профілювання кулачків. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи / О.А.Кірієнко, Л.Г.Овсієнко. Київ.НТУУ «КПІ».2008. - 20 с.
9. Теорія механізмів і машин. Побудова кінематичної схеми плоского механізму та його структурний аналіз. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи / О.А.Кірієнко, Л.Г.Овсієнко. – К.: НТУУ «КПІ». 2010. – 32 с.
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з ТММ для студентів технічних напрямів підготовки. Розділ: Зрівноважування та віброзахист машин. Гриф Методичної ради НТУУ "КПІ" від 26.04.2012 р, пр № 8 Лукавенко В.П., Кірієнко О.А., Овсієнко Л.Г. Електронне навч. видання.
11. Теорія механізмів і машин. Динамічний аналіз механізмів: навчальний посібник з кредитного модуля для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. А. Кірієнко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.25 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 64 с
12. Теорія механізмів і машин. Розділ «Кінематичний аналіз механізмів»: навчальний посібник з кредитного модуля для студентів технічних спеціальностей / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. А. Кірієнко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,68 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 72 с.

- Всі основні літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;
- Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу лабораторних робіт та самостійного розв’язання типових задач проектування транспортних та складських логістичних систем.

## Навчальний контент

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

#### ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

|    | <i>Назва теми лекційних занять та перелік основних питань<br/>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <p><b>Лекція 1.</b> Вступ. Роль машинобудування у здійсненні науково-технічного прогресу. Зміст дисципліни ТММ та її значення для інженерної освіти. Зв'язок ТММ з іншими галузями знань. Історія розвитку науки про механізми та машини. Роль вітчизняних вчених у створенні наукових шкіл. Машина. Механізм. Прилад. Апарат. Знаряддя праці. Механічний пристрій.</p> <p>Структурний аналіз механізмів. Будова механізмів. Основні визначення. Ланка механізму. Кінематична пара (КП). Нижчі та вищі КП. Кінематичний ланцюг. Класифікація КП за числом степенів вільності та числом зв'язків. Алгоритм визначення класу КП. Приклади застосування.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Визначити клас КП за наведеною схемою. Зібрати кінематичний ланцюг за заданою кількістю і класом кінематичних пар.<br/>[1 (Передмова, Розділ 2 ст. 20-29)].</p> |
| 2. | <p><b>Лекція 2.</b> Плоскі та просторові механізми. Важільні, кулачкові, зубчасті, фрикційні механізми. Механізми з гнучкими зв'язками, варіатори. Механізми з переривчастим рухом вихідної ланки. Вхідні та вихідні, початкові, ведучі та ведені ланки. Кінематична схема механізму. Масштабний коефіцієнт ТММ. Число степенів вільності просторового та плоского механізму. Формули Сомова-Малишева та Чебишева. Алгоритм та приклади заміни вищих кінематичних пар нижчими.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Визначити рухомість заданого кінематичного ланцюга. Виконати заміну вищих КП ланцюгами з нижчими КП. Виконати аналіз заданої кінематичної схеми механізму. [1 (Розділ 2 ст.30-41)].</p>                                                                                                                                                |
| 3. | <p><b>Лекція 3.</b> Надлишкові (пасивні) зв'язки та доцільність їх використання у механізмах. Місцеві рухомості (зайві степені вільності). Причини, що зумовлюють наявність надлишкових зв'язків у механізмі та їх наслідки. Усунення надлишкових зв'язків зміною класу кінематичних пар. Синтез схеми механізму оптимальної структури. Синтез механізмів шляхом нашарування структурних груп (груп Ассура). Механізм 1-го класу. Структурна група Ассура. Класифікація груп Ассура та механізмів. Метод визначення класу механізму шляхом виокремлення груп Ассура.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Виконати аналіз заданого механізму на його рухомість, наявність надлишкових зв'язків та місцевих рухомостей. Визначити клас механізму за методом Артоболевського.<br/>[1 (Розділ 2 ст. 40-55)]</p>                                               |
| 4. | <p><b>Лекція 4.</b> Кінематичний аналіз шарнірно-важільних механізмів графоаналітичним методом (метод планів). Побудова планів швидкостей та прискорень структурних груп Ассура II класу. Приклад графоаналітичного дослідження механізму II класу. Визначення кутових швидкостей та прискорень.<br/>[1 (Розділ 2 ст. 56-82)]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5. | <p><b>Лекція 5.</b> Кінематичний аналіз шарнірно-важільних механізмів що містять поступальні КП Правило Жуковського для визначення напрямів прискорення Коріоліса. Побудова планів швидкостей та прискорень структурних груп Ассура II класу та механізмів за наявності у них поступальних КП 5 класу. Приклади графоаналітичного дослідження механізмів II класу.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Визначити лінійні та кутові швидкості заданого коромислового та кулісного механізму графоаналітичним методом.<br/>[1 (Розділ 2 ст. 83-88)]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6. | <p><b>Лекція 6.</b> Аналоги швидкостей та прискорень. Кінематичний аналіз механізмів методом замкнених векторних контурів (метод В.А.Зінов'єва) та методом перетворення координат (метод Морошкіна).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <p><b>Завдання на СРС.</b> Виконати аналіз заданого механізму та отримати аналітичні вирази його кінематичних характеристик.<br/>[1 (Розділ 2 ст. 89-117)]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 7.  | <p><b>Лекція 7.</b> Силовий аналіз (кінетостатичне дослідження) плоских механізмів. Задачі кінетостатичного аналізу механізмів. Умови статичної визначеності кінематичного ланцюга. Силовий розрахунок структурних груп 2-го класу. Силовий розрахунок початкової ланки. Послідовність силового розрахунку механізмів на прикладі конкретної кінематичної схеми механізму.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Виконати силовий розрахунок заданої групи Ассура та механізму 2-го класу.<br/>[1 (Розділ 3 ст. 139-178)]</p>     |
| 8.  | <p><b>Лекція 8.</b> Метод зведення мас і сил. Зведена маса (зведений момент інерції). Зведена сила (зведений момент сили). Рівняння руху механізму в формі кінетичної енергії. Рівняння руху в інтегральній та диференціальній формі. Розв'язання рівнянь руху. Визначення моменту інерції маховика методом Грунауера. Блок-схема алгоритму реалізації методу на ПК.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Визначити зведений до початкової ланки зведений момент інерції заданого механізму.<br/>[1 (Розділ 5 ст. 195-233)].</p> |
| 9.  | <p><b>Лекція 9.</b> Зрівноважування та віброзахист машин. Причини та задачі зрівноважування та віброзахисту машин. Умова зрівноваженості обертової ланки. Статичне та динамічне балансування обертових мас. Алгоритм визначення дисбалансів за допомогою ПК.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Опрацювати тему: Зрівноважування механізмів на фундаменті. Статичне та динамічне зрівноважування механізмів на фундаменті. Засоби віброзахисту.<br/>[1 (Розділ 14 ст. 594-606)]</p>                                            |
| 10. | <p><b>Лекція 10.</b> Зрівноважування плоских механізмів. Статичне зрівноважування плоских механізмів. Моментне зрівноважування плоских механізмів.<br/>[1 (Розділ 14 ст. 568-590)]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 11. | <p><b>Лекція 11.</b> Види тертя. Сучасні положення про сили сухого тертя. Основні закони тертя ковзання незмащених тіл. Тертя спокою. Тертя руху. Кут і конус тертя. Тертя в поступальній кінематичній парі. Умови руху повзуна. Геометрична форма зображення взаємодії сил. Тертя при русі клинчастого повзуна. [1] – стор. 234- 250</p>                                                                                                                                                                                  |
| 12. | <p><b>Лекція 12.</b> Рідинне тертя. Види мастил. Тертя ковзання змащених тіл. Коефіцієнт рідинного тертя. Зношування елементів кінематичних пар. [1] – стор. 263- 264, 276-279</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13. | <p><b>Лекція 13.</b> Механічний коефіцієнт корисної дії (ККД). ККД машини при послідовному, паралельному та комбінованому з'єднанні механізмів. [1] – стор. 190-195</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14. | <p><b>Лекція 14.</b> Загальні відомості. Типи зубчастих передач. Геометричні параметри зубчастих коліс. Задачі синтезу зубчастих зачеплень. Основна теорема зачеплення. Властивості та рівняння евольвенти кола. [1] – стор. 369-386</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15. | <p><b>Лекція 15.</b> Методи виготовлення зубчастих коліс. Вихідний твірний контур. Розрахунок геометричних параметрів верстатного зачеплення. Евольвентне зачеплення. Кінематика евольвентного зачеплення. Властивості евольвентного зачеплення. [1] – стор. 386-394.</p>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 16. | <p><b>Лекція 16.</b> Якісні показники зачеплення (коефіцієнти перекриття, відносного ковзання, питомого тиску). Розрахунок геометрії евольвентного зачеплення на ПК. Вибір коефіцієнтів зміщення. Блокуючі контури. Циліндричні косозубі колеса та особливості їх розрахунку. Основні положення зачеплення Новикова. [1] – стор. 382-422.</p>                                                                                                                                                                              |
| 17. | <p><b>Лекція 17.</b> Просторові зубчасті передачі. Конічні зубчасті передачі. Гвинтова передача. Черв'ячна передача. Види гіперболоїдних передач. Багатоланкові зубчасті механізми з нерухомими осями. Рядові та ступінчасті передачі. Аналітичний метод визначення передаточного відношення. Графічний метод визначення передаточного відношення (метод Смірнова-Кутцбаха). [1] - стор. 430-447.</p>                                                                                                                      |
| 18. | <p><b>Лекція 18.</b> Графічний метод визначення передаточного відношення (метод Смірнова-Кутцбаха). [1] - стор. 462-467.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19. | <b>Лекція 19.</b> Зубчасті механізми з рухомими осями коліс. Диференціальні та планетарні передачі, їх будова та кінематика. Визначення передаточного відношення аналітичним та графічним методами. Геометричний синтез планетарних передач. Алгоритм визначення чисел зубців планетарної передачі на ПК. [1] – стор. 449-476 |
| 20. | <b>Лекція 20.</b> Хвильові зубчасті передачі. Механізми переривчастого руху вихідної ланки. [1] – стор. 476-478, 544-567                                                                                                                                                                                                      |
| 21. | <b>Лекція 21.</b> Задачі синтезу кулачкових механізмів. Види кулачкових механізмів, галузі їх застосування. Фазові кути повороту та кути профілю кулачка. Аналіз основних законів руху вихідної ланки. Жорсткі та м'які удари. Кут тиску на ведену ланку кулачкового механізму та кут передачі руху. [1] – стор. 282-318.     |
| 22. | <b>Лекція 22.</b> Вибір допустимого кута тиску. Визначення основних розмірів кулачкового механізму з умов обмеження кута тиску та опуклості кулачка за заданим законом руху вихідної ланки. Метод обернення руху. Профілювання кулачка методом обернення руху. [1] – стор.318-357.                                            |

### *ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ*

Метою проведення лабораторного практикуму з ТММ є ознайомлення студентів з експериментальними методами дослідження механізмів та обробки результатів експерименту.

|    | <i>Назва теми лабораторних занять та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)</i>                                                                                                               | <i>Кількість годин</i> |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. | <b>Теми 1.1, 1.2, 1.3. Основні поняття ТММ, структурний аналіз механізмів</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1. Побудова схеми шарнірно-важільного механізму та її структурний аналіз (на моделях).                                            | 3                      |
| 2. | <b>Теми 1.4, 1.5. Кінематичний і кінетостатичний аналіз механізмів.</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2. Визначення кінематичних і кінетостатичних параметрів синусного механізму.                                                            | 3                      |
| 3. | <b>Тема 1.7. Динамічний аналіз механізмів</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3. Визначення зведеного моменту інерції шарнірно-важільного механізму резонансним методом.                                                                        | 2                      |
| 4. | <b>Тема 1.8. Зрівноважування та віброзахист машин</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4. Динамічне зрівноважування ротора з відомим розташуванням неврівноважених мас на лабораторному пристрої ТММ-35 з реалізацією аналітичного методу на ПК. | 2                      |
| 5. | <b>Тема 1.9. Синтез зубчастих механізмів</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5. Побудова евольвентних профілів зубців за методом обкочування.                                                                                                   | 2                      |
| 6. | <b>Тема 1.10. Синтез кулачкових механізмів</b><br>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6. Визначення кінематичних параметрів плоского кулачкового механізму з поступальним штовхачем                                                                    | 2                      |
| 7. | Залікове заняття по лабораторних роботах.                                                                                                                                                                                             | 2                      |

### *ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ*

|    | <i>Назва теми практичних занять та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)</i>                                                                                                                       | <i>Кількість годин</i> |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. | <b>Практичне заняття 1.</b> Короткі відомості з історії механіки. Основні види механізмів. Знайомство і аналіз рухомостей ланок механізмів. Розрахунок ступенів вільності (рухомості) плоских та просторових шарнірно-важільних механізмів. | 2                      |
| 2. | <b>Практичне заняття 2.</b> Структурний аналіз шарнірно-важільного механізму. Побудова структурної схеми механізму. Розбивка механізму на групи Ассура. Складання формули будови та визначення класу механізму.                             | 2                      |
| 3. | <b>Практичне заняття 3.</b> Синтез плоских шарнірно-важільних механізмів. Метод «засічок». Побудова планів положень механізму                                                                                                               | 2                      |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    | <b>Завдання на СРС.</b> Виконати синтез плоского шарнірно-важільного механізму, побудувати план положень (12 положень) та виконати структурний аналіз.[6, 9]                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
| 4. | <b>Практичне заняття 4.</b> Визначення лінійних та кутових швидкостей ланок і точок ланок механізму. Кінематичний аналіз шарнірно-важільного механізму графоаналітичним методом (планів швидкостей). Побудова 12-ти планів швидкостей.<br><b>Завдання на СРС.</b> Визначити методом планів лінійні та кутові швидкості, відповідно, точок та ланок (для 12-ти положень) синтезованого плоского шарнірно-важільного механізму.[12] | 2 |
| 5. | <b>Практичне заняття 5.</b> Визначення лінійних та кутових прискорень ланок і точок ланок механізму. Кінематичний аналіз шарнірно-важільного механізму графоаналітичним методом (планів прискорень). Побудова 2-х планів прискорень.<br><b>Завдання на СРС.</b> Визначити методом планів лінійні та кутові прискорення, відповідно, точок та ланок (для 2-х положень) синтезованого плоского шарнірно-важільного механізму.[12]   | 2 |
| 6. | <b>Практичне заняття 6.</b> Розрахунок потужності двигуна на основі роботи від сил опору, що діють на ланки плоского шарнірно-важільного механізму. Розрахунок та побудова графіка зведеного моменту інерції початкової ланки.<br><b>Завдання на СРС.</b> Побудувати графіки сили корисного опору, роботи від сили корисного опору та зведеного моменту інерції початкової ланки. Виконати розрахунок потужності двигуна. [11]    | 2 |
| 7. | <b>Практичне заняття 7.</b> Кінетостатичний (силовий) аналіз шарнірно-важільного механізму. Визначення зусиль і моментів від сил інерції ланок механізму. Визначення реакцій в кінематичних парах механізму. Визначення зрівноважувальної сили, яка прикладена до початкової ланки. Силовий розрахунок початкової ланки.                                                                                                          | 2 |

#### *Самостійна робота студента*

| № з/п | Вид самостійної роботи                                               | Кількість годин СРС |
|-------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1.    | Підготовка до аудиторних занять                                      | 4                   |
| 2.    | Підготовка до модульних контрольних робіт                            | 8                   |
| 3.    | Оформлення протоколів лабораторних робіт та підготовка до їх захисту | 17                  |
| 4.    | Виконання самостійних робіт, пов'язаних із практичними заняттями     | 17                  |

### **Політика та контроль**

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

##### **Форми роботи**

Заняття проводяться з використанням наочних засобів представлення матеріалу та методичних матеріалів, доступ до яких наявний у здобувачів вищої освіти.

##### **Правила відвідування занять**

Заняття можуть проводитись в навчальних аудиторіях згідно розкладу. Також заняття можуть проводитись онлайн в синхронному режимі з використанням засобів відеозв'язку за умови однозначної ідентифікації здобувача вищої освіти. Проведення занять онлайн повинне бути передбачене відповідним наказом по КПІ ім. Ігоря Сікорського.

За наявності поважних причин здобувач вищої освіти повинен завчасно (за 1 день) повідомити викладача про причини можливого пропуску контрольного заходу.

Якщо завчасно повідомити не вдалось, здобувач вищої освіти протягом одного тижня має зв'язатись із викладачем для погодження форми і порядку усунення заборгованості.

Якщо аудиторне заняття випадає на неробочий день (святковий, пам'ятний тощо), то матеріал такого заняття частково переходить в категорію "Самостійна робота здобувачів вищої освіти", а частково додається до наступного заняття. Також можлива економія часу на пропущені заняття при виконанні модульної контрольної роботи в позаурочний час (шляхом тестування).

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень. Детальніше: НАКАЗ №НОН/228/2022 ВІД 21.07.2022 "Про затвердження нової редакції положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського", [https://document.kpi.ua/2022\\_НОН-228](https://document.kpi.ua/2022_НОН-228)

### **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)**

Поточний контроль: модульні контрольні роботи, виконані та захищені лабораторні роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

**Модульна контрольна робота складається з контрольних робіт за окремими модулями**

**Перелік контрольних робіт поточного контролю із вказаними їх ваговими балами:**

- контрольна № 1 «Визначення степеня рухомості просторового механізму» - 4 бали;
- контрольна № 2 «Заміна вищої кінематичної пари нижчими». – 5 балів;
- контрольна № 3 «Кінематичний аналіз механізмів. Побудова планів швидкостей і прискорень плоского механізму». – 9 балів;
- контрольна № 4 «Кінетостатичний (силовий) аналіз механізмів». – 9 балів;
- контрольна № 5 «Визначення передавального числа, кінематичних та силових параметрів багатоланкового зубчастого механізму». – 5 балів;

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу відповідно складає:

$$r1=4 \text{ бали} + 5 \text{ балів} + 9 \text{ балів} + 9 \text{ балів} + 5 \text{ балів} = 32 \text{ бали.}$$

**Робота на практичних заняттях та виконання пов'язаних з ними самостійних робіт:**

- СРС №1 «Синтез плоского шарнірно-важільного механізму, побудова плану положень (12 положень) та його структурний аналіз» - 2 бали;
- СРС №2 «Побудова плану положень плоского шарнірно-важільного механізму (12 положень) та його структурний аналіз» - 2 бали;
- СРС №3 «Визначення методом планів лінійних та кутових швидкостей (для 12-ти положень) синтезованого плоского шарнірно-важільного механізму» - 3 бали;
- СРС №4 «Визначення методом планів лінійних та кутових швидкостей (для 12-ти положень) синтезованого плоского шарнірно-важільного механізму» - 3 бали;
- СРС №5 «Побудова графіків сили корисного опору та роботи від сили корисного опору, розрахунок потужності двигуна» - 3 бали;
- СРС №6 «Розрахунок та побудова графіка зведеного моменту інерції» - 3 бали;

- Захист виконаних СРС №1-6 (не обов'язково) – 10 балів.

Оцінювання захисту виконаних СРС №1-6 здійснюється відповідно до таблиці.

**Рейтингові бали за захист виконаних СРС № 1-6**

| Бали | Критерій оцінювання                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------|
| 10   | Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань                          |
| 8    | Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань                          |
| 6    | Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань                          |
| 5    | Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань                          |
| 4    | Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань                          |
| 0    | Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній |

Загальна кількість заохочувальних балів, яку може набрати студент за всі виконані самостійні роботи, що пов'язані із практичними заняттями та їх захист складає:

$$r2 = 2 \text{ бали} + 2 \text{ бали} + 3 \text{ бали} + 3 \text{ бали} + 3 \text{ бали} + 3 \text{ бали} + 10 \text{ балів} = 26 \text{ балів.}$$

**Виконання і захист лабораторних робіт (6 лабораторних робіт)**

Ваговий коефіцієнт за одну лабораторну роботу – 7 балів.

Оцінювання лабораторної роботи здійснюється відповідно до таблиці.

Максимальна кількість балів за шість лабораторних робіт відповідно складає:

$$r3 = 7 \text{ балів} \times 6 = 42 \text{ бали}$$

**Рейтингові бали за лабораторну роботу**

| Бали | Критерій оцінювання                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------|
| 9    | Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань                          |
| 8    | Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань                          |
| 7    | Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань                          |
| 6    | Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань                          |
| 5    | Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань                          |
| 0    | Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній |

**Умови рубіжної атестації**

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента), проводиться як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50% від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

**Критерії семестрового оцінювання**

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

**Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни**

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни:

$$R_n = r1 + r2 + r3 = 32 \text{ бали} + 26 \text{ балів} + 42 \text{ бали} = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку.

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:**

| <i>Кількість балів</i>           | <i>Оцінка</i>       |
|----------------------------------|---------------------|
| <i>100-95</i>                    | <i>Відмінно</i>     |
| <i>94-85</i>                     | <i>Дуже добре</i>   |
| <i>84-75</i>                     | <i>Добре</i>        |
| <i>74-65</i>                     | <i>Задовільно</i>   |
| <i>64-60</i>                     | <i>Достатньо</i>    |
| <i>Менше 60</i>                  | <i>Незадовільно</i> |
| <i>Не виконані умови допуску</i> | <i>Не допущено</i>  |

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):** Теорія механізмів і машин.

**Складено:**

професором, доктором технічних наук, Данильченком Юрієм Михайловичем  
старшим викладачем кафедри КМ, кандидатом технічних наук, Петришином Андрієм Ігоровичем  
старшим викладачем кафедри КМ, кандидатом технічних наук, Проценком Павлом Юрійовичем  
асистентом, кандидатом технічних наук, Заставським Костянтином Олеговичем

**Ухвалено** кафедрою конструювання машин (протокол №18 від 24.06.2026 р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ММІ (протокол №11 від 29.06.2026 р.)