

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор Механіко-машинобудівного
інституту НТУУ “КПІ”

_____ Бобир М.І.
“ _____ ” _____ 2014 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

“ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН”

(назва дисципліни)

для напрямку підготовки 6.050501 “Прикладна механіка”
за програмою підготовки:
7.05050101/8.05050101 – “Динаміка і міцність машин”

Ухвалено методичною
комісією ММІ НТУУ “КПІ”
Протокол №__ від _____ 2014 р.

Голова методичної комісії
_____ Охріменко О.А.
(підпис) (ініціали, прізвище)

Програму рекомендовано кафедрою
динаміки і міцності машин та
опору матеріалів
протокол № 18 від 28 травня 2014 р.
Завідувач кафедри

_____ Бобир М.І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

Київ – 2014

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Учебна дисципліна “Теорія механізмів і машин” є однією з найважливіших загальноінженерних дисциплін, яка покликана закласти основи конструкторської підготовки майбутніх інженерів-механіків-дослідників. Вона базується на механіко-математичній підготовці, що забезпечується попередніми курсами: “Вища математика”, “Фізика”, “Нарисна геометрія та інженерна графіка”, “Теоретична механіка”, “Інформатика”. Дана дисципліна є основою або тісно пов’язана з такими загальноінженерними та спеціальними дисциплінами як “Деталі машин”, “Теорія коливань і стійкість руху”, “Основи робототехніки”.

Курс “Теорія механізмів і машин” супроводжується значним обсягом лабораторних та практичних занять, курсовим проектуванням. На лабораторних заняттях студенти набувають навичок кінематичного та структурного аналізу різних типів плоских шарнірно-важільних, зубчастих та кулачкових механізмів, балансування роторів, синтезу зубчастого зачеплення з заданими параметрами, визначення коефіцієнтів тертя в різних типах кінематичних пар і коефіцієнтів корисної дії механічних передач.

На практичних заняттях студенти набувають вмінь та навичок структурного, кінематичного та кінетостатичного дослідження механізмів за їх кінематичними схемами, розв’язку основних задач динаміки.

В курсовому проекті завдання охоплює за своїм змістом майже весь курс теорії механізмів і машин. Тут студенти на конкретних прикладах реальних систем шарнірно-важільних, кулачкових та зубчастих механізмів повинні продемонструвати набуті знання, вміння та навички застосування методів аналізу і синтезу, роботи з ЄОМ, оформлення технічної документації у відповідності до вимог ДСТУ.

Закладаючи основи для наступного вивчення спеціальних дисциплін з проектування машин в тій чи іншій галузі машинобудування, теорія механізмів і машин ставить перед майбутніми інженерами такі завдання:

- **ЗНАТИ** основні закони кінематики та динаміки механізмів та їх систем; принципи реалізації руху за допомогою механізмів, взаємодії механізмів у машині, які обумовлюють кінематичні та динамічні властивості механічної системи; загальні методи аналізу та синтезу різних типів механізмів;
- **ВМІТИ** на практиці реалізувати системні підходи до проектування машин і механізмів; знаходити кінематичні та динамічні характеристики механізмів за допомогою сучасних аналітичних та графоаналітичних методів; визначати оптимальні параметри механізмів за заданими умовами роботи;
- **НАБУТИ НАВИЧОК** використання вимірювальної апаратури та приладдя для визначення кінематичних та динамічних параметрів машин і механізмів; розробки алгоритмів програм розрахунків параметрів на ЕОМ, виконання конкретних розрахунків.

РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Форма навчання	Семестри	Всього кред./годин	Розподіл навчального часу за видами занять ¹				Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СРС	
Денна	4,5	7,5/270	36	36	18	180	залік, екзамен

II. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Модуль I. Класифікація і аналіз механізмів

Розділ 1 ВСТУП

Тема 1.1: Завдання курсу та його місце серед загальноінженерних дисциплін

Загальні положення теорії механізмів і машин. Історія розвитку ТММ як науки.

Предмет та об'єкти досліджень.

Розділ 2. СТРУКТУРА МЕХАНІЗМУ

Тема 2.1 Загальні поняття та означення.

Ланка і деталь. Кінематичні пари. Кінематичні ланцюги. Рухливість кінематичного ланцюга. Кінематична схема механізму. Пасивні (надлишкові) в'язі та ланки.

Тема 2.2. Структурний синтез механізму.

Поняття про групу Ассура. Класифікація груп Ассура.

Розділ 3. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

Тема 3.1. Структурний аналіз та структурна класифікація механізму.

Структурна схема механізму. Класифікація механізмів за структурною ознакою.

Тема 3.2. Основні ознаки, за якими класифікуються механізми в інженерній практиці.

Класифікація механізмів за функціональною ознакою. Класифікація механізмів за способом передачі руху. Класифікація механізмів за характером руху ланок.

Класифікація механізмів за конструктивною ознакою. Машина. Агрегат. Вимоги до сучасних машин.

Розділ 4. КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ

Тема 4.1. Аналітичні методи кінематичного дослідження механізмів

Основні кінематичні характеристики механізмів. Передавальні функції та відношення. Приклади дослідження деяких типових механізмів. Метод перетворення координат та алгоритми реалізації його на ЄОМ.

Тема 4.2. Метод кінематичних діаграм.

Діаграми руху точок та ланок механізмів. Графічне диференціювання та інтегрування. Визначення масштабів діаграм.

Тема 4.3. Метод планів швидкостей та прискорень.

Плани швидкостей та прискорень твердого тіла. Властивості планів швидкостей та прискорень. Методика побудови планів швидкостей і прискорень для різних типів груп Ассура. Приклади побудови планів швидкостей та прискорень для деяких механізмів.

Тема 4.4. Кінематичне дослідження зубчастих механізмів.

Графіки розподілу швидкостей обертальних ланок. Дослідження багатоланкових зубчастих механізмів з застосуванням графіків розподілу швидкостей. Визначення передавальних відношень в багатоланкових зубчастих механізмах.

Розділ 5. ДИНАМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАШИННОГО АГРЕГАТУ

Тема 5.1. Класифікація сил, які дають на механізм, та методи їх визначення

Рушійні сили і моменти. Сили і моменти опору. Сили тяжіння і сили інерції. Сили і моменти, прикладені до стояка ззовні. Реакції (тиски) в кінематичних парах.

Тема 5.2. Рівняння руху механізмів.

Механічні характеристики машин. Динамічна модель машинного агрегату. Побудова динамічної моделі методом зведення сил та мас. Жорсткий важіль Жуковського. Рівняння руху в інтегральній та диференціальній формі.

Тема 5.3. Динаміка механізмів за неусталеного режиму роботи.

Поняття про неусталений режим роботи. Динамічне дослідження різних типів машинних агрегатів за неусталеного режиму роботи.

Тема 5.4. Динаміка механізмів за усталеного режиму роботи. Регулювання руху машини.

Поняття про усталений режим роботи. Умова рівномірності руху машини. Динамічний синтез маховика. Регулювання руху машин. Регулятори і модератори.

Розділ 6. СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ

Тема 6.1. Кінетостатичне дослідження груп Ассура.

Умова кінетостатичної визначності кінематичного ланцюга. Визначення тисків у кінематичних парах за методом Бруєвича. Плани сил структурної групи. Кінетостатичний розрахунок початкової ланки.

Тема 6.2. Кінетостатичне дослідження плоских механізмів.

Силовий розрахунок типових механізмів з нижчими і вищими кінематичними парами методом планів сил. Визначення урівноважувальних сил та моментів методом жорсткого важеля Жуковського.

Розділ 7. УРІВНОВАЖУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ

Тема 7.1. Неврівноваженість механізмів.

Види неуврівноваженості механізмів. Статичне та моментне врівноваження механізмів на стадії проектування.

Тема 7.2. Урівноважування обертальних мас.

Неуврівноваженість роторів та її види. Урівноважування роторів на стадії проектування. Статичне та динамічне балансування виготовлених роторів.

Розділ 8. СИНТЕЗ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ

Тема 8.1. Синтез кінематичних схем механізмів з нижчими парами.

Умова існування кривошипа в чотириланкових механізмах (правило Грасгофа). Приклади синтезу чотириланкових механізмів.

Тема 8.2. Синтез механізмів з вищими парами.

Основна теорема зачеплення. Основна теорема зачеплення для плоских механізмів (теорема Вілліса). Графічні методи синтезу спряжених профілів.

Розділ 9. ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ

Тема 9.1. Класифікація зубчастих передач.

Класифікація за типом передачі, за формою зубця, за формою коліс, за кількістю ступенів, за розташуванням осей.

Тема 9.2. Евольвентна циліндрична передача.

Загальні відомості. Геометрія евольвентного зачеплення. Методи виготовлення зубчастих коліс. Визначення розмірів зачеплення. Косозубе зачеплення. Елементи зовнішнього евольвентного зачеплення. Вплив зміщення інструменту на форму зубців при їх нарізанні. Показники якості зачеплення. Інтерференція зубчастих профілів. Підрізання та загострення зубців. Вибір коефіцієнтів зміщення. Блокуючі контури.

Тема 9.3. Просторові зубчасті передачі.

Евольвентна конічна передача. Передачі з осями, що перехрещуються.

Модуль II. Синтез механізмів

Розділ 10. КУЛАЧКОВІ МЕХАНІЗМИ

Тема 10.1. Види та призначення кулачкових механізмів.

Плоскі кулачкові механізми. Просторові механізми.

Тема 10.2. Способи замикання кулачка і штовхача.

Силове замикання. Геометричне замикання.

Тема 10.3. Основні переваги та недоліки кулачкових механізмів.

Міститься перелік основних переваг та недоліків кулачкових механізмів з прикладами з інженерної практики.

Тема 10.4. Геометрія кулачка.

Фази руху штовхача. Фазові кути кулачка.

Тема 10.5. Кінематичний аналіз кулачкових механізмів

Задачі та методи кінематичного аналізу кулачкових механізмів. Приклади.

Тема 10.6. Синтез кулачкових механізмів.

Діаграми руху штовхача. М'які та жорсткі удари в кінематичній парі "кулачок-штовхач". Динамічний синтез плоских кулачкових механізмів різних типів. Кінематичний синтез плоских кулачкових механізмів. Синтез механізму з циліндричним кулачком.

Розділ 11. ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ В КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАХ

Тема 11.1. Види тертя в кінематичних парах.

Історія питання. Природа тертя. Класифікація тертя за різними ознаками.

Тема 11.2. Сухе та рідинне тертя.

Закони тертя Амантона-Кулона. Вплив експлуатаційних факторів на коефіцієнт тертя. Тертя в типових нижчих та вищих кінематичних парах. Рідинне тертя. Основи теорії гідродинамічного змащення. Характеристики мастил.

Тема 11.3. Механічний коефіцієнт корисної дії.

Коефіцієнт втрат та коефіцієнт корисної дії механічної системи. Визначення к.к.д. кінематичних ланцюгів.

Тема 11.4. Зношення елементів кінематичних пар.

Види зношення. Стадії зношування. Кількісна оцінка зношення та засоби збільшення зносостійкості.

Розділ 12. ВІБРАЦІЇ В МЕХАНІЗМАХ. ВІБРОЗАХИСТ

Тема 12.1. Демпфірування коливань.

Джерела вібрацій у механізмах. Методи віброгасіння. Розрахунок демпфера.

Тема 12.2. Конструкції гасників і амортизаторів.

Інерційні гасники. Повітряні демпфери. Рідинні демпфери. Амортизатори.

III. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

1. Розрахунок ступеня рухливості механізму.
2. Побудова схеми замінного механізму та структурної схеми. Визначення класу і порядку механізму.
3. Визначення кінематичних характеристик механізму аналітичними методами. Побудова кінематичних діаграм.
4. Побудова планів швидкостей і прискорень механізмів.
5. Визначення кінематичних характеристик зубчастих механізмів.
6. Визначення зведених сил і мас. Побудова динамічної моделі механізму. Запис та розв'язання рівнянь руху.
7. Силовий розрахунок механізму з нижчими кінематичними парами.
8. Силовий розрахунок механізму з вищими кінематичними парами.
9. МКР: Розрахунок основних кінематичних характеристик механізму, тисків у кінематичних парах та урівноважувальних сил і моментів.
10. Розрахунок кінематичних характеристик кулачкових механізмів.
11. Силовий розрахунок кулачкових механізмів.
12. Профілювання кулачків аналітичними методами
13. Визначення сил тертя в повзунах різних типів.
14. Визначення сил тертя в кінематичних парах.
15. Силовий розрахунок механізмів з урахуванням сил тертя.
16. Визначення к.к.д. кінематичних ланцюгів різних типів.
17. Розрахунок характеристик зношування в кінематичних парах.
18. Розрахунки характеристик демпферів.

IV. ПРИБЛИЗНИЙ ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. *Лабораторна робота 1.* Визначення степені рухливості і побудова структурної схеми плоского механізму.
2. *Лабораторна робота 2.* Визначення кінематичних характеристик плоских шарнірно-важільних механізмів.
3. *Лабораторна робота 3.* Експериментальне дослідження руху ланок плоского кулачкового механізму
4. *Лабораторна робота 4.* Визначення моменту інерції ротора асинхронного двигуна.
5. *Лабораторна робота 5.* Визначення зведеного моменту інерції кривошипно-повзункового механізму.
6. *Лабораторна робота 6.* Урівноважування обертових мас.
7. *Лабораторна робота 7.* Профілювання евольвентного зубчастого зачеплення.
8. *Лабораторна робота 8.* Вимірювання зубчастих коліс.
9. *Лабораторна робота 9.* Визначення кінематичних параметрів зубчастих механізмів.

V. ІНДИВІДУАЛЬНІ СЕМЕСТРОВІ ЗАВДАННЯ

В процесі вивчення курсу студенти виконують за індивідуальними завданнями курсовий проект, в якому студент повинен провести структурне, кінематичне та кінетостатичне дослідження заданого механізму, розрахувати необхідні розміри та сконструювати маховик для забезпечення рівномірності руху механізму в заданих межах, спроектувати кулачковий та зубчастий механізми за заданими параметрами.

Курсовий проект складається з чотирьох аркушів формату А1 та пояснювальної записки об'ємом 30-40 друкованих сторінок.

Під час виконання роботи студент повинен розібратися, як працює механізм, яка його структура, виконати необхідні розрахунки та графічні побудови для аналізу його кінематики, визначення тисків у кінематичних парах, розрахувати величини урівноважувальних сил і моментів і т. ін. Проектуючи кулачковий та зубчастий механізми, студент має продемонструвати знання методів оптимального проектування типових механізмів. Виконання проекту сприяє активному творчому засвоєнню матеріалу, розвитку умінь використовувати теоретичний матеріал для розв'язання практичних задач.

ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ

- Силовий привід установки для втомних випробувань матеріалів на розтяг-стиск: кінематичний і силовий аналіз шарнірно-важільного механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора швидкості навантаження з плоским штовхачем.
- Силовий привід установки для втомних випробувань матеріалів на розтяг-стиск: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу реєстрації даних з коромисловим штовхачем.
- Силовий привід установки для втомних випробувань матеріалів на розтяг-стиск: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора сили з поступально рухомим штовхачем.
- Силовий привід установки для динамічних випробувань трубчастих зразків внутрішнім тиском: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу реєстрації даних з плоским тарілчастим штовхачем.
- Силовий привід установки для динамічних випробувань трубчастих зразків внутрішнім тиском: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора тиску з поступально рухомим штовхачем.
- Силовий привід установки для динамічних випробувань трубчастих зразків зовнішнім тиском: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора тиску з коромисловим штовхачем.
- Силовий привід установки для випробувань матеріалів на циклічне кручення: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-коромислового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора термоциклів з плоским штовхачем.
- Силовий привід установки для випробувань матеріалів на знакозмінне кручення: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-коромислового механізму навантаження зразка та синтез приводу механізму реєстрації даних з коромисловим штовхачем.
- Силовий привід установки для випробувань стержнів на знакозмінний чистий згин: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-коромислового механізму навантаження зразка та синтез приводу лічильника циклів з плоским тарілчастим штовхачем.

- Силовий привід установки для випробувань стержнів на знакозмінний чистий згин: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-коромислового механізму навантаження зразка та синтез приводу механізму реєстрації експериментальних даних з коромисловим штовхачем.
- Силовий привід установки для випробувань матеріалів на знакозмінний поперечний згин: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-повзункового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора величини навантаження з поступально рухомим штовхачем.
- Силовий привід установки для випробувань стержнів на циклічне згинання: кінематичний і силовий аналіз кривошипно-коромислового механізму навантаження зразка та синтез приводу регулятора величини навантаження з коромисловим штовхачем.

VI. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

З метою перевірки засвоєння навчального матеріалу, закріплення теоретичних знань і набуття навичок розв'язування практичних задач в кожному семестрі після завершення вивчення розділів студенти виконують контрольні роботи, які включають задачі по визначенню класу і порядку механізму, розрахунку кінематичних характеристик, побудові динамічних моделей механізмів, визначенню тисків у кінематичних парах, урівноважувальних сил і моментів, к.к.д. кінематичних ланцюгів, а також модульну контрольну роботу у 4-му семестрі, яка включає комплексні розрахунки, що охоплюють декілька змістовних модулів та відповіді на теоретичні запитання.

VII. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

При розробці методики вивчення навчальної дисципліни "Теорія механізмів і машин" слід враховувати її важливе прикладне значення при формуванні інженера-механіка взагалі і спеціаліста в області динаміки і міцності машин зокрема.

Враховуючи обмежений об'єм годин, відведених для вивчення курсу, при високих вимогах до засвоєння теоретичних знань, умінь та набуття практичних навичок, рекомендується при складанні робочих навчальних програм робити акцент на активацію студентів під час аудиторних занять та їх самостійної роботи. Для цього слід максимально використовувати в навчальному процесі сучасні методи представлення теоретичного матеріалу (зокрема, застосування комп'ютерних презентацій лекцій, можливостей сучасних інформаційних технологій, використання роздаткових матеріалів лекцій, протоколів лабораторних робіт, тестових завдань і т. ін.), що дасть можливість інтенсифікувати процес подачі матеріалу та вивільнить час викладача і студента для зосередження на змістовній наповненості занять. На практичних та лабораторних заняттях акцентувати увагу на індивідуальній роботі студентів та організації ефективного контролю результатів цієї роботи.

Розробляючи порядок рейтингового оцінювання успішності студентів, основну увагу слід звернути на стимулювання системної та ритмічної роботи студентів протягом семестру.

VIII. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література

1. Заховайко О.П. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів напряму підготовки 6.050501 "Прикладна механіка": Навчальне електронне видання. – Свідectво про надання грифа електронному засобу навчального призначення НМУ №Е9/10-212. НТУУ "КПІ", 2010.
2. Теорія механізмів і машин/ А.С.Кореняко; Під ред. М.К.Афанасьєва.-К.: Вища шк. Головне вид-во, 1987.- 206с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. мет., 1988. – 640 с.
4. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов К.В.Фролов, С.А.Попов, А.К.Мусатов и др. :Под ред. К.В.Фролова. –М. :Высш. Шк. , 1987. – 496 с. : ил.
5. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин.- М., 1985.
6. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / Кореняко А.С. и др.- "Вища школа", 1970, 332 с.
7. Профілювання циліндричного евольвентного зачеплення з використанням персональної ЕОМ. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни „Теорія механізмів і машин” для студентів спеціальності „Динаміка і міцність машин” / Укл.: О.П. Заховайко, О.Б. Овсієнко, О.М. Проташук, А.П. Грабовський. – К.; НТУУ „КПІ”, 2000. – 40 с.
8. Синтез циліндричного евольвентного зачеплення з використанням програмного модуля "PROF Z". Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Теорія механізмів і машин" для студентів напряму підготовки 6.050501 "Прикладна механіка" / Укл.: к.т.н., доц. О.П. Заховайко. – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 42 с.
9. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Теорія механізмів і машин” для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.П.Заховайко, О.І. Дубинець. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002. – 76 с.

Додаткова література

10. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин :Учебное пособие для вузов. – 2 – е изд. перераб. и доп. – М. :Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. ,1990. – 592 с.
11. Левитская О.И. ,Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин : Учеб. пособие для тех. Спец. Вузов. – 2 – е изд. ,перераб. И доп. – М. :Высш. Шк. , 1985. – 279 с. ,ил.
12. Theory of mechanisms and machines: Text-book for mechanical engineering students/ Автор: к.т.н., доц. О.П. Заховайко. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – 255 с.
13. Сборник задач по теории механизмов и машин / И.И. Артоболевский, Б.В. Эдельштейн, Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1975. – 256 стр.
14. Курсове проектування з теорії механізмів і машин: учбовий посібник / Є.І.Крижанівський, Б.Д.Малько, В.М.Сенчікаш та ін.- Івано-Франківськ: 1996.- 357с.

Навчальна програма складена на основі освітньо-професійних програм (ОПП) для напрямку підготовки 6.050501 “Прикладна механіка” за програмою підготовки: 7.05050101/8.05050101 – “Динаміка і міцність машин”.

Розробник програми: канд. техн. наук, доц. Заховайко О.П.

_____ / Заховайко О.П. /