

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ММІ

(підпис)

М.І. Бобир
(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2014 р.

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ 2**

з дисципліни **“Теорія машин і механізмів”**

Модуль 2 "Синтез механізмів"

для напрямку підготовки 6.050501 “Прикладна механіка”

за програмою підготовки:

7.05050101/8.05050101 – “Динаміка і міцність машин”

(шифри та назви напрямів, спеціальностей)

форма навчання: денна

Програму рекомендовано кафедрою

ДММ та ОМ

протокол № ____ від ____ 2014 р.

Завідувач кафедри

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

Київ – 2014

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Кредитний модуль 2 з дисципліни “Теорія механізмів і машин” є другою частиною навчальної дисципліни, в якій викладаються начала синтезу різних типів механізмів, методи аналізу та синтезу зубчастих і кулачкових механізмів різних типів. Розглядаються основи теорії сухого тертя та змащення в кінематичних парах, вплив тертя на роботу машин і механізмів. Крім того, розглядаються питання зносу в кінематичних парах та зносостійкості, а також питання виникнення вібрацій в механізмах, методи віброзахисту та проектування демпферів. Ці розділи об'єднуються під загальною назвою "Синтез механізмів".

Лекційні заняття проводяться у вигляді комп'ютерних презентацій. Студентам надаються роздаткові матеріали в електронному та друкованому вигляді з матеріалом лекцій.

Теоретичний курс кредитного модуля 2 супроводжується практичними заняттями та курсовим проектуванням.

На практичних заняттях студенти набувають вмінь та навичок аналізу та динамічного і кінематичного синтезу кулачкових механізмів, розв'язку задач кінетостатики механізмів з урахуванням тертя, визначення к.к.д. кінематичних ланцюгів, параметрів зносу в кінематичних парах та розрахунків характеристик демпферів.

В ході курсового проектування студенти виконують 2-й, 3-й та 4-й розділи курсового проекту, де мають проявити знання, вміння та навички проведення кінетостатичного дослідження плоских механізмів, динамічного синтезу маховика, синтезу кулачкового механізму та його приводу у вигляді зубчастої передачі.

II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Семестр/ код кредитного модуля	Всього годин/кредитів	Розподіл годин за видами занять				Вид інд. завд.	Семестрова атестація
		Лекції	Практичні заняття	СРС			
				Всього	У тому числі на виконання індив. завд		
5/НП-04/2	162/4,5	18	18	126	44	КП Розділи 2, 3, 4	екзамен

III. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Теорія механізмів і машин – наука, яка вивчає загальні методи кінематичного та динамічного аналізу і синтезу різноманітних механізмів. 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.

IV. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

IV.1. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Найменування розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
	Всього	Лекції	Практичні заняття	СРС
<p>Розділ 8. Синтез плоских механізмів. Тема 8.1. Синтез кінематичних схем механізмів з нижчими парами. Тема 8.2. Синтез механізмів з вищими парами.</p>	6	2	2	2
<p>Розділ 9. Зубчасте зачеплення. Тема 9.1. Класифікація зубчастих передач. Тема 9.2. Евольвентна циліндрична передача. Тема 9.3. Просторові зубчасті передачі</p>	19	5	4	10
<p>Розділ 10. Кулачкові механізми Тема 10.1. Види та призначення кулачкових механізмів. Тема 10.2. Способи замикання кулачка і штовхача. Тема 10.3. Основні переваги та недоліки кулачкових механізмів. Тема 10.4. Геометрія кулачка. Тема 10.5. Кінематичний аналіз кулачкових механізмів Тема 10.6. Синтез кулачкових механізмів. Контрольна робота з розділу</p>	24	5	4	15
<p>Розділ 11. Тертя та зношування в кінематичних парах. Тема 11.1. Види тертя в кінематичних парах. Тема 11.2. Сухе та рідинне тертя. Тема 11.3. Механічний коефіцієнт корисної дії. Тема 11.4. Зношення елементів кінематичних пар.</p>	30	5	8	17

Розділ 12. Вібрації в механізмах. віброзахист. Тема 12.1. Демпфірування коливань. Тема 12.2. Конструкції гасників і амортизаторів. <i>Контрольна робота з розділу</i>	3	1	-	2
Курсовий проект. Розділи 2, 3, 4.	44	-	-	44
Підготовка до екзамену	36	-	-	36
Всього в семестрі:	162	18	18	126

IV.2. ЛЕКЦІЇ

- Лекція 1. Синтез кінематичних схем механізмів з нижчими парами.** Умова існування кривошипа в чотириланкових механізмах (правило Грасгофа). Приклади синтезу чотириланкових механізмів.
Література: [1], стор. 125-127; [2], стор. 57 - 59; [3], стор. 550-568; [4], стор. 307-321; [5], стор. 15 – 25; конспект лекцій.
- Синтез механізмів з вищими парами.** Основна теорема зачеплення. Основна теорема зачеплення для плоских механізмів (теорема Вілліса). Графічні методи синтезу спряжених профілів.
Література: [1], стор. 128-135; [2], стор. 60 - 61; [3], стор. 323-327; [4], стор. 340-352; конспект лекцій.
- Лекція 2. Класифікація зубчастих передач.** Класифікація за типом передачі, за формою зубця, за формою коліс, за кількістю ступенів, за розташуванням осей.
Література: [1], стор. 136-137; конспект лекцій.
- Евольвентна циліндрична передача.** Загальні відомості. Геометрія евольвентного зачеплення. Методи виготовлення зубчастих коліс. Визначення розмірів зачеплення. Косозубе зачеплення. Елементи зовнішнього евольвентного зачеплення.
Література: [1], стор. 135-155; [2], стор. 75 – 86, 92 - 97; [3], стор. 427-441, 446-451, 455-466, 468-475; [4], стор. 358-372, 373-377; [5], стор. 42 – 56, 73 - 76; [6], стор. 3 - 14; [7], стор. 36 - 40; конспект лекцій.
- Лекція 3. Показники якості зачеплення та раціональний вибір коефіцієнтів зміщення.** Вплив зміщення інструменту на форму зубців при їх нарізанні. Показники якості зачеплення. Інтерференція зубчастих профілів. Підрізання та загострення зубців. Вибір коефіцієнтів зміщення. Блокуючі контури.
Література: [1], стор. 156-166; [2], стор. 86 - 92; [3], стор. 441-446, 451-455; [4], стор. 370-373, 377-382; [5], стор. 56 – 68; [6], стор. 19 - 26; [7], стор. 31 - 33, конспект лекцій.
- Лекція 4. Просторові зубчасті передачі.** Евольвентна конічна передача. Передачі з осями, що перехрещуються.

Література: [1], стор. 167-176; [2], стор. 97 - 107; [3], стор. 475-493; [4], стор. 383-401; [5], стор. 78 – 81; конспект лекцій.

Види та призначення кулачкових механізмів. Плоскі кулачкові механізми. Просторові механізми.

Література: [1], стор. 177-178; [2], стор.61-63; [3], стор. 510-513; [4], стор. 422-426; [5], стор.103-104; конспект лекцій.

Способи замикання кулачка і штовхача. Силове замикання. Геометричне замикання.

Література: [1], стор.179-180; [2], стор.61-63; [3], стор. 512-513; [4], стор. 424; конспект лекцій.

Лекція 5. Основні переваги та недоліки кулачкових механізмів. Переваги кулачкових механізмів. Недоліки кулачкових механізмів.

Література: конспект лекцій.

Геометрія кулачка. Фази руху штовхача. Фазові кути кулачка.

Література: [1], стор.181-183; [2], стор.67; [3], стор. 513-516; [5], стор.104; конспект лекцій.

Кінематичний аналіз кулачкових механізмів Задачі та методи кінематичного аналізу кулачкових механізмів. Приклади розв'язання задач.

Література: [1], стор.183-187; [2], стор. 65-67; [3], стор. 130-136; [5], стор.101-103; конспект лекцій.

Синтез кулачкових механізмів. Діаграми руху штовхача. М'які та жорсткі удари в кінематичній парі "кулачок-штовхач". Динамічний синтез кулачкових механізмів з поступально рухомим штовхачем. Динамічний синтез кулачкових механізмів з обертальним штовхачем.

Література: [1], стор.187-196; [2], стор.69-70; [3], стор. 516-535; [4], стор. 426-441; [5], стор.106-118; конспект лекцій.

Лекція 6. Синтез кулачкових механізмів. Динамічний синтез кулачкових механізмів з плоским тарілчастим штовхачем. Кінематичний синтез плоских кулачкових механізмів. Кінематичний та динамічний синтез механізму з циліндричним кулачком.

Література: [1], стор.196-204; [2], стор.69-70; [3], стор.535-550; [4], стор. 441-452; [5], стор.118-139; конспект лекцій.

Контрольна робота з розділу

Лекція 7. Види тертя в кінематичних парах. Історія питання. Природа тертя. Класифікація тертя за різними ознаками.

Література: [1], стор.206-207; [2], стор. 124-125; [3], стор. 212-214, [4], стор. 206-209; конспект лекцій.

Сухе та рідинне тертя. Закони тертя Амантона-Кулона. Вплив експлуатаційних факторів на коефіцієнт тертя. Тертя в нижчих кінематичних парах (повзунах, п'ятах, гвинтових парах, парах з гнучким зв'язком). Рідинне тертя: види мастил. Характеристики мастил.

Література: [1], стор.207-222; [2], стор. 125-130; [3], стор. 209-211; стор. 214-234 [4], конспект лекцій.
конспект лекцій.

Лекція 8. Сухе та рідинне тертя. Тертя ковзання змащених тіл.

Література: [1], стор.223-226; [2], стор. 126-127; [3], стор. 229-234; конспект лекцій.

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

Література: [1], стор.228-232; [2], стор. 132 - 136; [3], стор. 308-324; [4], стор. 220-221; конспект лекцій.

Лекція 9. Зношення елементів кінематичних пар. Види зношення. Стадії зношування. Кількісна оцінка зношення та засоби збільшення зносостійкості.

Література: [1], стор.226-2228; [4], стор. 225-232; конспект лекцій.

Демпфірування коливань. Джерела вібрацій у механізмах. Методи віброгасіння. Розрахунок демпфера.

Література: [1], стор.232-237; [2], стор. 131–133; [4], стор. 267-286; конспект лекцій.

Конструкції гасників і амортизаторів. Інерційні гасники. Повітряні демпфери. Рідинні демпфери. Амортизатори.

Література: [1], стор.237-240; [2], стор. 131–133; [4], стор. 286-306; конспект лекцій.

Контрольна робота з розділу

Окремо, для більш детального засвоєння, самостійного опрацювання та підготовки до практичних завдань виділяються наступні завдання для СРС:

Лекція 1. Спосіб Рело графічного синтезу спряжених профілів.

Література: [1], стор. 133 - 134; [4], стор. 326 - 328; конспект лекцій.

Лекція 2. Визначення розмірів циліндричного зовнішнього зачеплення зі зміщенням.

Література: [1], стор. 146 - 152; конспект лекцій.

Лекція 3. Вивчення принципу побудови блокуючих контурів.

Література: [1], стор. 165 - 166; [5], стор. 56 – 68; конспект лекцій.

Лекція 4. Вивчення конструкції та принципів роботи кулачкових механізмів з циліндричним та коноїдним кулачками.

Література: [1], стор. 178 - 179; [4], стор. 444-447; конспект лекцій.

Лекція 5. Графічні методи кінематичного аналізу кулачкових механізмів з штовхачем, спорядженим роликком та плоским тарілчастим коромисловим штовхачами.

Література: [1], стор. 183 - 187; [2], стор. 65-67; конспект лекцій.

Лекція 6. Способи уникнення м'яких та жорстких ударів в системі кулачок-штовхач.

Література: [1], стор. 187 - 188; конспект лекцій.

Графоаналітичні методи синтезу кулачкових механізмів з обертальним тарілчастим штовхачем та загостреним поступально рухомим штовхачем.

Література: [1], стор. 189 - 196; [2], стор. 67-69; конспект лекцій.

Лекція 7. Внутрішнє тертя та його прояви.

Література: [1], стор. 206; конспект лекцій.

Визначення сил тертя в циліндричних та сферичних шарнірах.

Література: [1], стор. 211 - 213; [2], стор. 127-131; конспект лекцій.

Тертя в трикутній та трапецеїдальній різьбах.

Література: [1], стор. 215 - 218; конспект лекцій.

Визначення сил в кінематичних парах та силовий розрахунок механізму з урахованням тертя.

Література: [4], стор. 212 - 220; конспект лекцій.

Лекція 8. Вивчення сили тертя в підшипнику ковзання при наявності змащення.

Література: [1], стор. 223 - 226; конспект лекцій.

Лекція 9. Розрахунок зносу елементів кінематичних пар.

Література: [1], стор. 226 - 228; [4], стор. 229 - 232; конспект лекцій.

Розрахунок характеристик гасника коливань з обертальними масами.

Література: [1], стор. 233 - 236; конспект лекцій.

Основні схеми активних віброзахисних систем.

Література: [4], стор. 294 - 297; конспект лекцій.

IV.3. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

1. Синтез механізмів з нижчими парами (тема 9.1).
 2. Синтез евольвентного зачеплення за допомогою комп'ютерної програми PROF-Z (тема 8.2, 9.2).
 3. Силовий розрахунок зубчастих механізмів (тема 9.2).
 4. Розрахунок кінематичних характеристик кулачкових механізмів (тема 10.5).
 5. Силовий розрахунок кулачкових механізмів (тема 10.3, 10.6).
 6. Визначення сил тертя в повзунах різних типів, шарнірах, різьбах та пасових передачах (тема 11.1, 11.2).
 7. Силовий розрахунок механізмів з урахуванням сил тертя (тема 11.1, 11.2).
 8. Визначення к.к.д. кінематичних ланцюгів різних типів (тема 11.3).
 9. Розрахунок характеристик зношування в кінематичних парах (тема 11.4).
- Література:* [2] - [4], [9], конспект лекцій.

IV.5. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

ТЕМАТИКА КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ (див. Робоча навчальна програма кредитного модуля з дисципліни "Теорія машин і механізмів". Модуль 1 "Класифікація і аналіз механізмів")

В рамках кредитного модуля 2 студенти виконують другий, третій та четвертий розділи курсового проекту. Звітним матеріалом за цими розділами є три листи креслень формату А1 та відповідні розділи пояснювальної записки.

Розділ 2 курсового проекту присвячений кінетостатичному дослідженню шарнірно-важільного механізму, що входить до схеми приводу випробувальної установки, та проведенню динамічного синтезу маховика для забезпечення рівномірності руху головного валу приводу в усталеному режимі. Кінетостатичне дослідження передбачає визначення тисків у кінематичних парах механізму, побудові годографа тиску у парі "кривошип–стояк", знаходження величин урівноважувального моменту для ряду положень кривошипа за цикл руху механізму методом планів сил та жорсткого важеля Жуковського. Після проведення необхідних розрахунків потрібно сконструювати маховик, вибравши найраціональнішу його форму з точки зору мінімізації витрат матеріалу на його виготовлення. На кресленні зображаються плани положень механізму, плани прискорень, структурні групи та початкові механізми з навантаженнями, що діють на їх ланки, плани сил, жорсткі важелі Жуковського, годограф тисків, діаграми урівноважувальних моментів та робіт сил опору та рушійних сил, а також діаграми приросту кінетичної енергії механізму. Креслення маховика подається в пояснювальній записці.

Розділ 3 курсового проекту присвячений динамічному та кінематичному синтезу кулачкового механізму заданої конструкції за заданим законом руху штовхача, максимальному його переміщенню та іншими даними, необхідними для синтезу, які вказані в завданні на курсовий проект. На кресленні, що супроводжує даний розділ, подаються

діаграми руху штовхача, всі необхідні побудови для виконання графічного їх інтегрування, циклограми руху штовхача з усіма побудовами для визначення мінімального радіуса кулачка, а також проводиться профілювання кулачка та зображається в масштабі схема спроектованого механізму.

Розділ 4 курсового проекту присвячений синтезу евольвентного зачеплення, що входить до складу привода кулачка. Студент повинен спроектувати зачеплення з найоптимальнішими показниками його якості, що досягається правильним виборів коефіцієнтів зміщення коліс. При виконанні даного розділу студент набуває навичок роботи з програмою PROF Z, яка дозволяє виконати проектування оптимальної передачі. На кресленні подається зачеплення з усіма необхідними елементами, діаграми коефіцієнтів питомого ковзання та питомого тиску. Крім того приводиться діаграма, на якій зображають залежності між величиною коефіцієнта зміщення шестерні та коефіцієнтами, що характеризують якість зачеплення.

В пояснювальні записці подаються необхідні розрахунки, таблиці, рисунки, коментарі, обґрунтування та висновки, які повністю розкривають суть та шляхи розв'язання задачі і демонструють рівень володіння студентом методами синтезу та аналізу механізмів, дозволяють оцінити рівень його технічної грамотності та знань вимог державних стандартів щодо оформлення технічної документації. Записка містить список використаної літератури та зміст і охоплює всі чотири розділи проекту.

Захист курсового проекту здійснюється комісією у формі короткої доповіді по темі та відповідей на запитання.

IV.6. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Протягом семестру студенти виконують на лекційних заняттях дві контрольні роботи з ключових розділів кредитного модуля 2, а саме розділи 10 (контрольна робота №1) та 11 і 12 (контрольна робота №2). Оцінювання контрольних робіт проводиться у відповідності з затвердженим положенням про рейтингову систему оцінювання успішності студентів з кредитного модуля (дисципліни) „Теорія механізмів і машин”.

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

На практичних заняттях розв'язують задачі, що відповідають окремим темам курсу. Особлива увага приділяється типовим задачам, що складають, з одного боку, основу курсового проекту, а з іншого – дозволяють оволодіти навичками розв'язання задач у плані підготовки до семестрового екзамену.

Під час самостійної роботи над курсовим проектом студенти можуть користуватися методичними вказівками [5 - 7] та іншою рекомендованою літературою.

На лекційних та практичних заняттях проводиться вибіркове опитування студентів на предмет знання пройденого матеріалу та розв'язання задач біля дошки.

За результатами роботи протягом семестру кожному студенту проставляється рейтинг в балах згідно з затвердженим положенням, у відповідності до якого проводиться оцінювання під час атестацій та який враховується при складанні іспиту.

Для підготовки до лекцій і практичних занять, а також виконання і захисту курсового проекту студенти користуються конспектом лекцій, підручниками і методичними вказівками, наведеними нижче.

VI. 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. –

Свідоцтво 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 вузов.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. мет., 1988. – 640 с.
4. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов К.В.Фролов, С.А.Попов, А.К.Мусатов и др. :Под ред. К.В.Фролова. –М. :Высш. Шк. , 2001. – 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. Протащук, 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.

Робоча навчальна програма складена на основі навчальної програми з теорії механізмів і машин, затвердженої директором ММІ НТУУ “КПІ” Бобирем М.І.

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

_____ / Заховайко О.П. /