

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з теорії механізмів і машин для студ. механічних спеціальностей заочної форми навчання / Уклад.: О. І. Дубинець, Л. Г. Овсієнко. — К.: ДВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. — 32 с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ "КПІ"
(Протокол № 3 від 21.11.2002р.)

Укладачі: О. І. Дубинець, канд. техн. наук, доц.
Л. Г. Овсієнко, старш. викл.

Відповідальний редактор: О. І. Дубинець, канд. техн. наук, доц.

Рецензенти: О. А. Кірієнко, канд. техн. наук
А. К. Скуратовський, канд. техн. наук

Теорія механізмів і машин — це наука про загальні методи дослідження властивостей механізмів і машин та проектування їх схем. Найважливішими завданнями теорії механізмів та машин є аналіз механізмів, синтез механізмів і теорія машин-автоматів. Аналіз механізмів включає дослідження їхніх кінематичних та динамічних властивостей. При синтезі механізмів вирішують завдання їх побудови за заданими кінематичними та динамічними властивостями. У теорії машин-автоматів викладаються відомості з теорії керування машинами автоматичної дії.

Курс "Теорія механізмів і машин" є базовим до вивчення спеціальних дисциплін з проектування машин і приладів окремих галузей техніки і спирається на механіко-математичну підготовку, яку одержали студенти у результаті вивчення курсів "Вища математика", "Нарисна геометрія та графіка", "Теоретична механіка" та ін.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Навчальна робота студента заочної форми навчання під час вивчення курсу теорії механізмів і машин передбачає засвоєння теоретичного матеріалу за підручниками та навчальними посібниками, розв'язання типових задач, виконання контрольних і лабораторних робіт, курсового проекту, складання заліків та іспитів.

Читаючи навчальний посібник, необхідно скласти конспект, в якому слід відобразити основні положення та висновки теорії. Доцільно користуватися консультаціями викладачів.

Щоб підготуватися до виконання контрольних робіт, потрібно після вивчення відповідних розділів програми розібрати приклади розв'язання типових задач, наведених у задачниках з теорії механізмів та машин, і самостійно виконати ряд завдань. Виконані контрольні роботи надсилають до інституту для рецензування.

Виконуючи лабораторні роботи студент ознайомлюється з експериментальними методами дослідження і проектування механізмів та машин. Кожну лабораторну роботу викладачі розпочинають з необхідних пояснень. Після виконання лабораторних робіт та оформлення звіту студент складає залік.

Курсовий проєкт студент виконує паралельно з вивченням теоретичного матеріалу. У процесі виконання курсового проєкту студент повинен одержати необхідні практичні навички застосування загальних положень і висновків теорії для розв'язання конкретних технічних задач. Виконаний курсовий проєкт рецензує викладач кафедри, а потім проводить його захист.

До іспитів з курсу теорії механізмів і машин допускаються студенти, які склали іспити з усіх розділів теоретичної механіки і виконали усі лабораторні та залікові контрольні роботи.

ПРОГРАМА КУРСУ

ВСТУП

Теорія механізмів і машин -- наукова основа створення нових машин і механізмів. Приклади механізмів сучасної техніки. Основні проблеми теорії механізмів і машин для інженерної освіти.

СТРУКТУРА МЕХАНІЗМІВ

1. *Основні поняття теорії механізмів і машин.* Машина. Механізм. Ланка механізму. Вхідна та вихідна ланки механізму. Кінематична пара. Класифікація кінематичних пар за числом степенів вільності та числом зв'язків. Нижча і вища пари. Кінематичні ланцюги. Кінематичні з'єднання.
2. *Структурний аналіз механізмів.* Число степенів вільності механізму. Проектування структурної схеми механізму (структурний синтез механізмів). Початкові ланки. Утворення плоских та просторових механізмів шляхом напарування структурних груп (груп Ассур). Надлишкові зв'язки.
3. *Основні види механізмів.* Плоскі та просторові механізми. Механізми з гнучкими ланками.

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ

4. *Загальні методи кінематичного аналізу.* Задачі кінематичного аналізу механізмів. Система лінійних рівнянь для визначення положень ланок плоского незамкненого кінематичного ланцюга. Запис рівнянь перетворення координат для нижчих пар. Визначення положень ланок просторового незамкненого кінематичного ланцюга. Кінематичний аналіз механізмів за методом перетворення координат. Визначення положень просторових чотириланкових механізмів. Визначення положень плоских багатоланкових механізмів. Система лінійних рівнянь для визначення швидкостей та прискорень. Кутові швидкості та прискорення ланок просторових механізмів. Швидкості та прискорення точок ланок просторових механізмів. Плани швидкостей та прискорень плоских механізмів. Аналоги швидкостей та прискорень.
5. *Загальні методи динамічного аналізу механізмів.* Задачі силового аналізу механізмів. Сили інерції ланок плоских і просторових механізмів. Теорема Жуковського. Сили тертя. Силовий аналіз із урахуванням сил тертя. Самогальмування. Кут тиску. Характеристика сил, що діють на ланки механізмів. Рівняння руху механізмів у формі інтеграла енергії (рівняння кінетичної енергії). Зведення сил і мас у плоских механізмах. Визначення зведених сил і моментів за теоремою Жуковського. Кінетична енергія просторового механізму.

Складання рівнянь руху з урахуванням сил тертя. Сталий рух. Числове розв'язання рівнянь руху при силах, які залежать від положення ланок. Гра-

фіаналітичне розв'язання рівнянь руху механізму для сталого руху при силах, які залежать від положення ланок. Коефіцієнт нерівномірності руху механізму. Визначення моменту інерції маховика. Розв'язання рівнянь руху при силах, що залежать від швидкості.

СИНТЕЗ МЕХАНІЗМІВ

6. *Загальні методи синтезу механізмів.* Етапи синтезу механізмів. Вхідні та вихідні параметри синтезу. Основні та додаткові умови синтезу. Цільові функції. Обмеження. Методи оптимізації при синтезі механізмів із застосуванням ЕОМ. Випадковий пошук. Направлений пошук. Штрафні функції. Локальний та глобальний мінімуми. Комбінований пошук. Постановка задачі приблизного синтезу механізму за Чебишовим. Інтерполяція. Квадратичне наближення функцій. Найкраще наближення функцій.

7. *Синтез механізмів з нерухомими парами.* Постановка задачі синтезу передатного шарнірного чотириланкового. Обчислення трьох, чотирьох і п'яти параметрів синтезу. Синтез просторовою передатного чотириланкового за положенням платуна. Синтез шарнірного чотириланкового за коефіцієнтом збільшення середньої швидкості коромисла. Кут тиску в просторових механізмах. Точні напрямні механізми. Методи синтезу приблизно напрямних механізмів. Механізми Чебишова. Теорема Робертса. Синтез шарнірних механізмів з вистоями. Мальтійські механізми. Синтез зубчасто-важільних механізмів. Зрівноваження обертальних ланок. Зрівноваження механізмів. Статичне зрівноваження мас плоских механізмів.

8. *Синтез зубчастих зачеплень.* Основна теорема зачеплення. Графічний метод синтезу сполучених профілів. Аналітичний метод синтезу сполучених профілів у просторовому зачепленні. Циліндрична зубчаста передача. Евольвента кола. Евольвентне зачеплення. Основні розміри зубців. Побудова картини зовнішнього евольвентного зачеплення. Особливості внутрішнього зачеплення. Рейкове зачеплення. Косозубі колеса. Утворення з'єднаних поверхонь за Олів'є. Кінематика виготовлення з'єднаних поверхонь зубців циліндричних зубчастих коліс. Геометричний розрахунок зубчастих передач зі зміщенням. Виготовлення з'єднаних поверхонь у циліндричній передачі Новікова. Евольвентна конічна передача. Окоїдне зачеплення. Початкові поверхні. Види гіперболоїдних зубчастих передач. Черв'ячна передача.

9. *Синтез зубчастих механізмів.* Аналітичні та графічні методи визначення передатного відношення планетарного механізму. Коефіцієнт корисної дії планетарного механізму. Вибір схеми планетарної передачі. Вибір числа сателітів з умов сусідства та рівності кутів між сателітами. Вибір числа зубців у планетарних передачах. Кінематика зубчастого диференціала. Замкнуті диференціальні механізми. Синтез безступінчастих передач із замкнутим диференціалом. Планетарні коробки передач. Керування рухом зубчастого диференціала.

10. *Синтез кулачкових механізмів.* Види кулачкових механізмів. Еквівалентні (замінні) механізми. Етапи синтезу кулачкових механізмів. Кут тиску на ведену ланку кулачкового механізму. Вибір допустимого кута тиску. Визначення основних розмірів кулачкового механізму з умов обмеження кута тиску та опуклості кулачка. Вибір закону руху вихідної ланки кулачкового механізму. Визначення профілів кулачків за дугами кола. Визначення профілю кулачка за заданим законом руху вихідної ланки. Вибір радіуса різьки. Умови хитання ролика. Визначення з'єднаних поверхонь у просторових кулачкових механізмах. Динамічна модель кулачкового механізму. Диференціальне рівняння руху кулачкового механізму з пружним штовхачем. Вибір закону руху вихідної ланки кулачкового механізму з урахуванням пружності штовхача. Косфідісит динамічності. Диференціальне рівняння руху кулачкового механізму з пружним коромислом.

11. *Синтез гідролічних механізмів.* Типова схема об'ємного гідроприладу. Рівняння руху гідролічного механізму. Визначення геометричних параметрів гальмівного пристрою (регульованого дроселя) з умов відтворення заданого закону гальмування.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ МАШИН-АВТОМАТІВ

12. *Основні поняття теорії машин-автоматів.* Машина-автомат. Автоматична лінія. Двійковий код у системі керування. Система керування за часом. Кулачковий розподільний вал. Кути встановлення кулачка. Ущільнення циклограм. Кулачковий командоапарат. Система керування із записом та автоматичним відтворенням програми. Система керування за шляхом.

13. *Синтез логічних (релейних) систем керування.* Логічні елементи машин-автоматів. Логічні елементи заперечення і повторення. Логічні елементи додавання і множення. Основні закони алгебри логіки. Табличний спосіб задавання двійкової функції. Умова реалізації тактирами і визначення кількості елементів пам'яті. Таблиця включень. Складання формул включення та їх спрощення.

Побудова схем керування на пневматичних та електричних елементах. Послідовні та вибірні системи керування. Побудова структурної схеми вибіркової системи та її реалізація на пневматичних, електричних та механічних елементах. Уніфікація формул включень у вибірних системах керування.

14. *Промислові роботи та маніпулятори.* Види маніпуляторів. Робочий об'єм маніпулятора та класифікація рухів захвату. Вплив розташування кінематичних пар маніпулятора та його маневреність. Структурний синтез маніпулятора. Зона обслуговування, кут і коефіцієнт сервісу. Визначення коефіцієнта сервісу за методом об'ємів.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Основною метою виконання лабораторних робіт є ознайомлення студентів з експериментальними методами аналізу і синтезу механізмів. Виконуючи лабораторні роботи, потрібно використовувати аналогові обчислювальні машини і сучасну техніку вимірювання та запису кінематичних і динамічних параметрів.

Приблизний перелік лабораторних робіт

1. Складання кінематичної схеми машини та механізму, їх структурний аналіз, виявлення надлишкових зв'язків.
2. Синтез механізмів з використанням моделей.
3. Побудова евольвентних зубчастих профілів методом обкатування за допомогою навчальних приладів.
4. Експериментальне визначення швидкостей, прискорень та сил у механізмах.
5. Визначення ККД механізму.
6. Статичне та динамічне балансування.
7. Зрівноваження механізмів.

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Курсовий проект складається з чотирьох аркушів формату А1, креслень та пояснювальної записки і повинен відображати розв'язання задач на проектування схем механізмів та машин.

Перелік змісту окремих аркушів проекту

1. Динамічний синтез механізмів за коефіцієнтом нерівномірності руху (розрахунок маховика).
2. Динамічний аналіз механізмів (силовий розрахунок).
3. Проектування кінематичної схеми редуктора та побудова картини евольвентного зачеплення.
4. Синтез кулачкового механізму.

КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА 1

Задача 1. Скласти з двох кінематичних ланцюгів механізм універсального промислового робота. Один з кінематичних ланцюгів узяти з рис. 1 (0-9) відповідно до передостанньої цифри номера студентського квитка, а другий — з рис. 1 (0'-9') відповідно до останньої цифри номера, і жорстко з'єднати їх у точці А. Для прикладу утворення заданого механізму на рис. 1 (98) показано схему механізму промислового робота для номера, що закінчується цифрами 98. Для утвореної кінематичної схеми механізму визначити її степені вільності та маневреність.

Задача 2. Із початкового механізму, зображеного на рис. 2 (10), та двох груп Ассура, першу з яких взяти з рис. 2 (0-9), а другу — з рис. 2 (0'-9') (подібно до утворення механізму в задачі 1) і скласти механізм шляхом з'єднання ланок кінематичними парами O_1 і O_2 зі стояками, а однойменними літерами групи — один до одного, як це показано на рис. 2 (26) для студента, номер білета якого закінчується на цифру 26. Для одержаного механізму показати методику визначення лінійних швидкостей та прискорень позначених точок ланок шляхом побудови планів швидкостей та прискорень в довільно обраному положенні механізму. Визначити в загальному вигляді значення кутових швидкостей та прискорень ланок і показати на механізмі їх напрямки.

Задача 3. У механізмі, кінематику якого розглянуто в задачі 2, в точці Е перпендикулярно до осі ланки прикласти силу F , а до ланки CO_2 — крутний момент M , спрямований за годинниковою стрілкою, як це показано на рис. 2 (26). Ці сили вважати рівнодійними для всіх зовнішніх та інерційних сил. Використовуючи принцип кінетостатики, показати методику визначення реакцій в кінематичних парах та зрівноважувального моменту, прикладеного до початкової ланки.

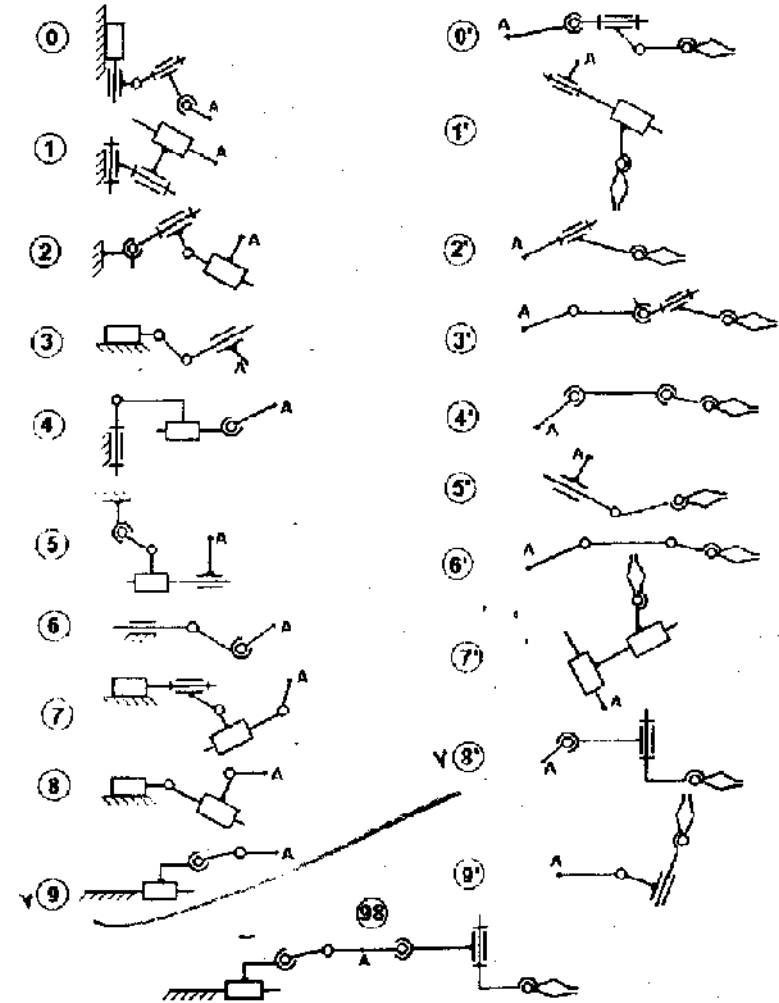


Рис. 1

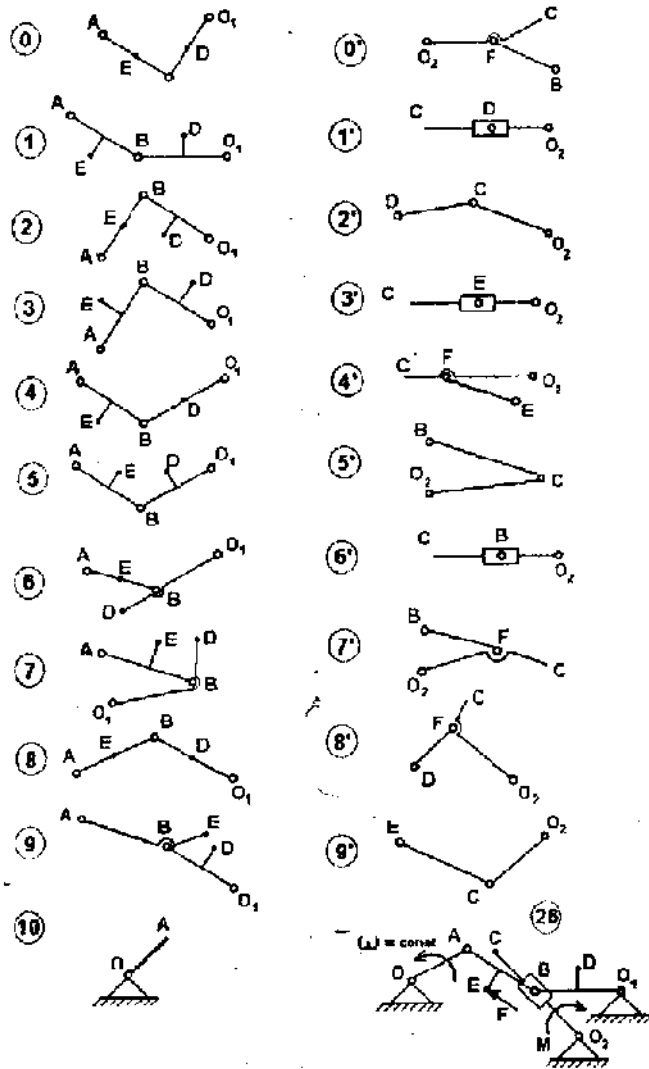


Рис. 2

КОНТРОЛЬНА РОБОТА 2

Задача 1. Скласти зубчастий механізм, узявши одну його частину з рис. 3 (0-9), відповідно до передостанньої цифри номера студентського квитка, а другу — з рис. 3 (0'-9') відповідно до останньої цифри номера, і жорстко з'єднати їх у точці А. На рис. 3 (84) показано приклад утворення зубчастого механізму, який відповідає номеру білета, що закінчується на цифру 84. За заданим числом зубців Z та модулем m (див. таблицю) аналітично і графічно визначити значення передатного числа та кутові швидкості кожної ланки механізму. Прийняти $\omega_1 = 100 \text{ с}^{-1}$.

Задача 2. Визначити зведений до ланки 1 (див. рис. 3) момент інерції зубчастого механізму із задачі 1, взявши момент інерції J_i ланок, момент інерції водила J_v та масу сателітів m_s з таблиці.

№ рис.	m мм	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	J_1 кг·м ²	J_2 кг·м ²	J_3 кг·м ²	J_4 кг·м ²
3.0	2	20	27	22	40	0,10	0,12	0,11	0,16
3.1	2,5	20	40	18	32	0,10	0,16	0,09	0,15
3.2	3	20	80	20	40	0,08	0,15	0,10	0,18
3.3	3,5	17	34	64	22	0,08	0,14	0,20	0,11
3.4	4	25	75	20	68	0,12	0,22	0,10	0,20
3.5	4,5	70	21	20	82	0,21	0,10	0,10	0,24
3.6	5	30	90	108	32	0,22	0,30	0,32	0,22
3.7	5,5	17	17	20	102	0,08	0,08	0,10	0,31
3.8	6	68	25	13	36	0,28	0,22	0,09	0,24
3.9	6,5	118	22	18	21	0,38	0,20	0,09	0,20

№ рис.	m мм	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	J_5 кг·м ²	J_6 кг·м ²	J_7 кг·м ²	J_8 кг·м ²	Маса сателіт пів, кг	J_H кг·м ²
3.0'	2	17	26	18	25	0,08	0,12	0,09	0,12	5	0,08
3.1'	2	30	20	22	28	0,28	0,10	0,11	0,24	7	0,10
3.2'	3	20	20	30	78	0,10	0,10	0,26	0,32	9	0,12
3.3'	3	75	20	25	30	0,34	0,18	0,24	0,26	11	0,14
3.4'	4	105	30	100	25	0,38	0,28	0,36	0,24	13	0,16
3.5'	4	100	30	90	20	0,38	0,28	0,35	0,10	15	0,18
3.6'	5	22	20	64	—	0,12	0,10	0,30	—	6	0,20
3.7'	5	17	20	57	—	0,08	0,10	0,28	—	8	0,22
3.8'	6	64	20	21	23	0,39	0,10	0,11	0,12	10	0,24
3.9'	6	25	75	80	30	0,24	0,32	0,34	0,25	12	0,28

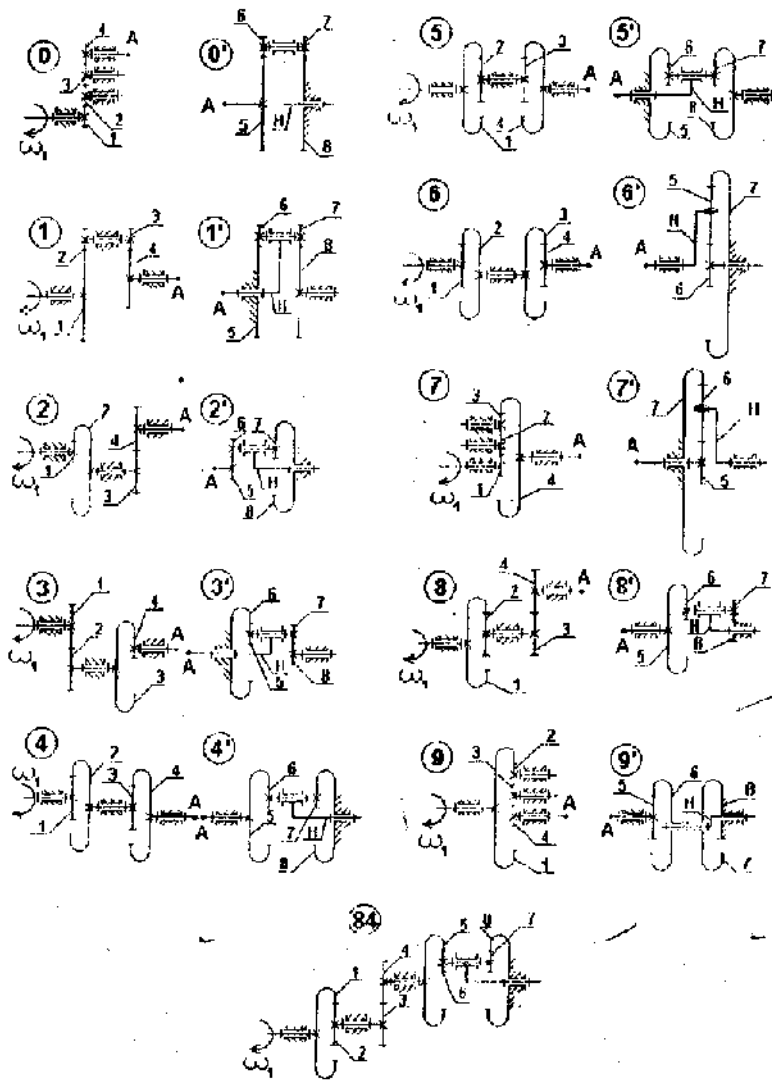


Рис. 3

ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Пропонується 10 тем завдань, кожне з яких має 10 варіантів. Завдання складено з використанням сучасної навчально-методичної і науково-технічної літератури з розрахунку та проектування машин різного призначення. Курсовий проект має містити такі розділи.

1. ДИНАМІЧНИЙ СИНТЕЗ ВАЖИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ НЕРІВНОМІРНОСТІ РУХУ

1. Побудувати плани положень механізму для 12 рівновіддалених положень початкової ланки та відповідні їм плани швидкостей.
2. Побудувати графік зведеного до початкової ланки моменту інерції механізму залежно від кута повороту ланки зведення для циклу сталого руху.
3. Побудувати графік моментів сил опору та рушійних сил, зведених до початкової ланки, залежно від кута повороту для циклу сталого руху. Для технологічних машин зведений момент сил опору визначати з урахуванням заданої діаграми сил виробничого опору, а зведений момент рушійних сил вражати сталим.
4. Побудувати графік зміни кінетичної енергії важільного механізму без маховика.
5. З урахуванням обертових коліс планетарного редуктора визначити момент інерції маховика, який забезпечує обертання ланки зведення із заданим коефіцієнтом нерівномірності руху, будь-яким відомим методом.
6. Реалізувати можливість зниження маси маховика.

2. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ (КІНЕТОСТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК)

1. Визначити кутові прискорення ланки зведення в заданому положенні механізму.
2. Побудувати для цього положення схему механізму, план швидкостей і план прискорень. Визначити прискорення центрів мас і кутові прискорення ланок.
3. Визначити сили і моменти сил інерції ланок.
4. Для заданого положення механізму накреслити в масштабі структурні групи та визначити сили, які до них прикладені.
5. Методом планів сил визначити реакції в усіх кінематичних парах механізму.
6. Знайти зрівноважувальний момент на ланці зведення механізму методом планів сил та за допомогою важеля Жуковського.