

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой АППиЭ

\_\_\_\_\_ А.Н. Рыбалев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008 г.

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальностей 260901 - "Технология швейных изделий",  
260902 - "Конструирование швейных изделий",  
260704 - "Технология текстильных изделий".

Составитель: Т.А. Луганцева

Благовещенск 2008 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
энергетического факультета  
Амурского государственного  
университета

Т.А. Луганцева

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Теория механизмов и машин»  
для студентов очной и заочной форм обучения специальностей

260901 «Технология швейных изделий»,

260902 «Конструирование швейных изделий»,

260704 «Технология текстильных изделий»

- Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2008.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения, изучающих курс «Теоретическая механика».

Рецензент: Ларченко Н.М., канд. техн. наук, доцент БГПУ

© Амурский государственный университет, 2008

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР

\_\_\_\_\_ Е.С. Астапова  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по теории механизмов и машин

для специальностей 260901 - "Технология швейных изделий",  
260902 - "Конструирование швейных изделий",  
260704 - "Технология текстильных изделий".

курс 2, семестр 4

	260704	260901*	260902*
Лекции, час.	34	17	17
Экзамен, семестр	4	-	-
Практические занятия, час.	17	-	-
Лабораторные занятия, час.	17	17	17
Зачет	-	4 сем.	4 сем.
Самостоятельная работа, час.	72	17	17
Всего часов:	140	51	51

Составитель Т.А. Луганцева, доцент

Факультет энергетический

Кафедра АППиЭ

2008 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта ВПО (регистрационный номер 214 тех/дс)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой

А.Н. Рыбалёв

Рабочая программа одобрена на заседании УМС по направлениям

"Технология швейных изделий", "Конструирование швейных изделий", "Технология текстильных изделий"

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Председатель

И.В. Абакумова

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

\_\_\_\_\_ Г.Н. Торопчина

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС ФПИ

\_\_\_\_\_ А.М. Медведев

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_ И.В. Абакумова

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

# 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## 1.1. Цель преподавания учебной дисциплины

Изучить основные разделы теории механизмов и машин с целью обоснованного выбора оптимальных параметров механизмов машин, методы рационального расчета и проектирования на основе их анализа и синтеза.

Освоить и создать у студентов научную базу для последующего изучения других общеинженерных и специальных дисциплин.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

Подготовка инженеров текстильной и легкой промышленности, способных решать на современном уровне задачи, связанные с вопросами исследования, анализа и расчета механических и других систем технологического оборудования отрасли.

1.3. Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения теории механизмов и машин

Высшая математика, физика, инженерная графика, информатика, физика, теоретическая механика.

# 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 2.1. Федеральный компонент

ОПД.Ф.02.01 Теория механизмов и машин:

основные понятия теории механизмов и машин; основные виды механизмов; структурный анализ и синтез механизмов; кинематический анализ и синтез механизмов; кинетостатический анализ механизмов; динамический анализ и синтез механизмов; колебания в механизмах; линейные уравнения движения в механизмах; нелинейные уравнения движения в механизмах; колебания в рычажных и кулачковых механизмах; вибрационные транспортеры; вибрация; динамическое гашение колебаний; динамика приводов; электро-, гидро-, пневмоприводы механизмов; выбор типа приводов; синтез рычажных механизмов; методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ; синтез механизмов по методу приближения функций; синтез передаточных механизмов; синтез по положениям звеньев; синтез направляющих механизмов.

ОПД.Ф.02.02\*. Теория механизмов и машин:

основные понятия теории механизмов и машин; основные виды механизмов; структурный анализ и синтез механизмов; кинематический анализ и синтез механизмов; кинетостатический анализ механизмов; динамический анализ и синтез механизмов; колебания в механизмах; линейные уравнения в механизмах; нелинейные уравнения движения в механизмах; колебания в рычажных и

кулачковых механизмах; вибрационные транспортеры; вибрация; динамическое гашение колебаний; динамика приводов; электропривод механизмов, гидропривод механизмов; пневмопривод механизмов; выбор типа приводов; синтез рычажных механизмов; методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ; синтез механизмов по методу приближения функций; синтез передаточных механизмов; синтез по положениям звеньев; синтез направляющих механизмов.

2.2. Наименование тем, их содержание, объем в лекционных часах

2.2.1\*. Основные понятия ТММ. Основные виды механизмов. Классификация машин.

Объем - 2 часа.

2.2.2\*. Структурный анализ и синтез механизмов.

Объем - 2 часа.

2.2.3\*. Кинематический анализ и синтез рычажных механизмов.

Объем - 2 часа.

2.2.4\*. Кинетостатический анализ рычажных и кулачковых механизмов.

Объем - 4 часа.

2.2.5\*. Зубчатые механизмы: классификация, кинематическое исследование аналитическим и графическим методами.

Объем - 4 часа.

2.2.6\*. Динамический синтез кулачковых механизмов.

Объем - 2 часа.

2.2.7. Колебания в механизмах.

Объем - 4 часа.

2.2.8. Вибрация. Динамическое гашение колебаний.

Объем - 4 часа.

2.2.9. Электро-, гидро-, пневмоприводы механизмов. Выбор типа приводов.

Объем - 4 часа.

2.2.10. Синтез рычажных механизмов. Методы синтеза, оптимизационный синтез.

Объем - 4 часа.

2.2.11\*. Механические критерии энергетической оценки машин.

Объем - 2 часа.

2.3. Практические занятия, их содержание и объем в часах

2.3.1. Классификация механизмов. Определение класса и порядка механизмов. Построение заменяющих механизмов.

Объем - 2 часа.

2.3.2. Построение планов скоростей и ускорений. Определение угловых скоростей и угловых ускорений звеньев. Частные положения механизмов.

Объем - 2 часа.

2.3.3. Кинетостатика четырехзвенного рычажного механизма.

- Объем - 2 часа.
- 2.3.4. Принцип возможных перемещений. Рычаг Н.Е.Жуковского.  
Объем - 2 часа.
- 2.3.5. Кинематика зубчатых передач с неподвижными осями вращения колес.  
Объем - 2 часа.
- 2.3.6. Кинематика планетарных передач, Аналитический и графический методы их исследования.  
Объем - 2 часа.
- 2.3.7. Определение основных размеров кулачковых механизмов.  
Объем - 2 часа.
- 2.3.8. Синтез четырехзвенных рычажных механизмов по положениям.  
Объем - 2 часа.
- 2.3.9. Синтез шарнирного четырехзвенника по заданному углу передачи.  
Объем - 1 час.
- 2.4\*. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах
- 2.4.1. Составление структурных схем механизмов по моделям.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.2. Структурный анализ рычажных механизмов и механизмов с высшими парами.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.3. Исследование структуры схем манипуляторов.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.4. Построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.5. Построение профиля зуба эвольвентного зубчатого зацепления.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.6. Кинематическое исследование планетарно-дифференциальных зубчатых передач.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.7. Экспериментальное определение КПД редукторов.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.8. Экспериментальное определение приведенных моментов инерции четырехзвенников.  
Объем - 2 часа.
- 2.4.9. Балансировка роторов.  
Объем - 1 час.
- 2.5. Самостоятельная работа студентов
- Расчетно-графические задания:

2.5.1\*. Структурный анализ механизмов.

2.5.2\*. Кинематическое исследование рычажных четырехзвенных механизмов.

2.5.3. Синтез кулачкового механизма по заданному закону движения толкателя и углу давления.

2.6. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний

2.6.1. Контрольная работа N 1. "Структурный анализ механизмов" ..

2.6.2. Контрольная работа N 2. "Кинематический анализ рычажных механизмов".

2.7. Вопросы к экзамену

1. Введение в механику. Место и роль ТММ в науке о механике. Связь ТММ с общетехническими дисциплинами.
2. Определение механизма машины. Блок-схема машинного агрегата. Классификация машин.
3. Прибор, механическое приспособление, аппараты, машина-автомат, автоматическая линия, промышленные роботы.
4. Структура механизмов. Понятие звена. Виды и названия звеньев механизмов. Структурные и кинематические схемы механизмов.
5. Структура механизмов. Кинематическая пара, элементы кинематической пары. Виды кинематических пар: плоская и пространственная, низшая и высшая.
6. Структура механизмов. Классификация кинематических пар по числу условий связи. Примеры кинематических пар 1-5 классов.
7. Кинематические цепи: плоские и пространственные, открытые и замкнутые. Пример открытой кинематической схемы манипулятора.
8. Структурный анализ механизмов. Расчет степени подвижности плоских и пространственных механизмов. Условия эквивалентной замены высших кинематических пар.
9. Цель и последовательность структурного анализа механизмов. Пассивные связи и лишние степени свободы (избыточные). Расчет избыточных степеней свободы.
10. Классификация механизмов. Структурные группы Ассура. Определение класса и порядка гр. Ассура. Класс и порядок механизма. Формула строения. Виды двух поводковых групп Ассура.
11. Кинематический анализ рычажных механизмов. Цель и задачи кинематического анализа. Их характеристики и особенности.
12. Графические методы кинематического анализа на примере шарнирного 4-х звенника. План положений механизмов. Понятие аналогов скорости и ускорений, их связь с действительными величинами. Понятие масштабного коэффициента.



13. Графочисленный метод кинематического анализа на примере кривошипно-кулисного механизма. Свойства планов скоростей и ускорений.
14. Силовой расчет рычажных механизмов. Цель и задачи силового расчета. Классификация сил, действующих в механизме.
15. Механизмы с высшими кинематическими парами. Теорема Виллиса о передаче движения между звеньями, составляющими высшую пару. Понятие и знак передаточного отношения. Передаточное число.
16. Классификация кулачковых механизмов. Достоинства и недостатки кулачковых механизмов. Наименование звеньев в кулачковых механизмах.
17. Этапы проектирования и циклограмма работы кулачковых механизмов. Угол давления и угол передачи в кулачковых механизмах.
18. Классификация законов движения толкателей кулачковых механизмов. Причины, вызывающие удар при работе кулачковых механизмов.
19. Зубчатые передачи. Классификация зубчатых передач. Основные понятия и определения.
20. Кинематика одноступенчатой зубчатой передачи.
21. Зубчатые передачи. Основные определения: начальная, основная и делительная окружности; шаг зацепления, головка и ножка зуба. Редуктор и мультипликатор.
22. Кинематическое исследование многоступенчатых зубчатых передач с неподвижными осями вращения зубчатых колес. Степень подвижности многоступенчатых зубчатых передач. Последовательные и кратные зубчатые передачи.
23. Пространственные зубчатые передачи. Кинематическое исследование конических и червячных передач.
24. Зубчато-рычажные механизмы. Степень подвижности зубчато-рычажных механизмов. Наименование звеньев зубчато-рычажных механизмов. Планетарные и дифференциальные зубчатые передачи.
25. Кинематические исследования планетарных передач аналитическим методом. Формула Виллиса. Метод обращения движения.
26. Кинематическое исследование планетарных передач графическим методом. Картины линейных и угловых скоростей.
27. Синтез планетарных зубчатых передач. Условия соседства, соосности и сборки.
28. Требования (кинематические, динамические, технологические и эксплуатационные), предъявляемые к зубчатым колесам. Исправление профиля зуба нарезаемого зубчатого колеса смещением режущего инструмента.
29. Методы изготовления зубчатых колес.
30. Качественные показатели эвольвентного зацепления. Коэффициент перекрытия. Коэффициенты удельных скольжений.

31. Динамика машин. Задачи динамики машин. Причины, вызывающие изменение угловой скорости входного звена.
32. Режимы движения машинного агрегата.
33. Механические критерии энергетической оценки машин. Коэффициент полезного действия. Коэффициент потерь. Коэффициент возрастания усилий.
34. Классификация машин-автоматов.
35. Циклограмма работы механизма. Циклограмма машины-автомата. Виды циклограмм.
36. Колебания в механизмах.
37. Вибрация. Динамическое гашение колебаний.
38. Электро-, гидро-, пневмоприводы механизмов. Выбор типа приводов.
39. Принцип возможных перемещений. Рычаг Н.Е.Жуковского.
40. Синтез четырехзвенных рычажных механизмов по положениям.
41. Синтез шарнирного четырехзвенника по заданному углу передачи.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Основная литература

- 3.1.1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1988. - 638 с.
- 3.1.2. Механика машин /Под ред. Г.А. Смирнова. М., Высшая школа, 2001. - 510 с.
- 3.1.3. Теория механизмов и механика машин /Под ред. К.В. Фролова, М., Высшая школа, 2000. -378 с.
- 3.1.4. Юдин В.А., Петрокас Л.В. Теория механизмов и машин. М., Высшая школа, 1977. - 521 с.

#### 3.2. Дополнительная литература

- 3.2.1. Юдин В.А., Барков Г.А., Чупин Ю.Н. Сборник задач по теории механизмов и машин. М., Высшая школа, 1982. - 215 с.
- 3.2.2. Горюх Э.А. и др. Типовой лабораторный практикум по теории механизмов и машин. М., Машиностроение, 1990. - 160 с.
- 3.2.3. Попов С.А., Тимофеев Г.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин /Под ред. К.В. Фролова. М., Высшая школа, 2001. - 352 с.

#### 3.3. Перечень наглядных пособий, методических указаний и методических материалов

- 3.3.1. Учебные видеофильмы "Механизмы в современной технике".
- 3.3.2. Модели механизмов.
- 3.3.3. Плакаты по разделу "Теория механизмов и машин".
- 3.2.4. Приборы, лабораторные стенды и мерительный инструмент.

## ПЛАН – КОНСПЕКТ КУРСА ЛЕКЦИЙ

### Лекция №1

Тема: Основные понятия ТММ. Основные виды механизмов. Классификация машин.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Введение в теорию механизмов и машин. Историческая справка развития научной дисциплины. Место и роль ТММ в науке о механике. Связь ТММ с общетехническими и специальными дисциплинами.

Определение машины. Блок-схема машинного агрегата. Классификация машин.

Прибор, механическое приспособление, аппараты, машина-автомат, автоматическая линия, промышленные роботы и манипуляторы. Понятие механизма. Основные виды механизмов: рычажные, кулачковые, зубчатые, механизмы прерывистого движения.

### Лекция №2

Тема: Структурный анализ и синтез механизмов.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Структура механизмов. Понятие звена. Виды и названия звеньев механизмов. Структурные и кинематические схемы механизмов. Понятие масштабного коэффициента. Масштабный коэффициент длины. Кинематическая пара, элементы кинематической пары. Виды кинематических пар: плоская и пространственная, низшая и высшая. Классификация кинематических пар по числу условий связи. Примеры кинематических пар 1-5 классов.

Кинематические цепи: плоские и пространственные, открытые и замкнутые. Пример открытой кинематической схемы манипулятора. Расчет степени подвижности плоских и пространственных механизмов, формула Сомова-Малышева. Условия эквивалентной замены высших кинематических пар.

Цель и последовательность структурного анализа механизмов. Пассивные связи и лишние степени свободы (избыточные). Расчет избыточных степеней свободы. Структурные группы Ассура. Определение класса и порядка групп Ассура. Класс и порядок механизма. Формула строения. Виды двухповодковых групп Ассура.

### Лекция №3

Тема: Кинематический анализ и синтез рычажных механизмов.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Кинематический анализ рычажных механизмов. Цель и задачи кинематического анализа. Их характеристики и особенности.

Графоаналитические методы кинематического анализа на примере шарнирного четырехзвенника, кривошипно-ползунного и кулисного механизмов. План положений механизмов. Понятие аналогов скорости и ускорений, их связь с действительными величинами. План скоростей и ускорений и его свойства.

Лекция № 4,5

Тема: Кинетостатический анализ рычажных и кулачковых механизмов

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Силовой расчет рычажных механизмов. Цель и задачи силового расчета. Классификация сил, действующих в механизме. Силы производственных и непроизводственных сопротивлений. Реакции в кинематических парах. План сил: выбор масштабного коэффициента, определение инерционной нагрузки, порядок силового расчета, определение уравновешивающего момента на входном звене механизма.

Лекция № 6,7

Тема: Зубчатые механизмы: классификация, кинематическое исследование аналитическим и графическим методами.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Механизмы с высшими кинематическими парами. Теорема Виллиса о передаче движения между звеньями, составляющими высшую пару. Понятие и знак передаточного отношения. Передаточное число. Зубчатые передачи. Классификация зубчатых передач. Основные понятия и определения.

Кинематика одноступенчатой зубчатой передачи.

Кинематическое исследование многоступенчатых зубчатых передач с неподвижными осями вращения зубчатых колес. Степень подвижности многоступенчатых зубчатых передач. Последовательные и кратные зубчатые

передачи. Пространственные зубчатые передачи. Кинематическое исследование конических и червячных передач.

Зубчато-рычажные механизмы. Степень подвижности зубчато-рычажных механизмов. Наименование звеньев зубчато-рычажных механизмов. Планетарные и дифференциальные зубчатые передачи. Кинематические исследования планетарных передач аналитическим методом. Формула Виллиса. Метод обращения движения.

Кинематическое исследование планетарных передач графическим методом. Картины линейных и угловых скоростей.

Синтез планетарных зубчатых передач. Условия соседства, соосности и сборки. Зубчатые передачи. Основные определения: начальная, основная и делительная окружности; шаг зацепления, головка и ножка зуба. Редуктор и мультипликатор. Требования (кинематические, динамические, технологические и эксплуатационные), предъявляемые к зубчатым колесам. Исправление профиля зуба нарезаемого зубчатого колеса смещением режущего инструмента. Методы изготовления зубчатых колес. Качественные показатели эвольвентного зацепления. Коэффициент перекрытия. Коэффициенты удельных скольжений.

## Лекция № 8

Тема: Динамический синтез кулачковых механизмов.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Классификация кулачковых механизмов. Достоинства и недостатки кулачковых механизмов. Наименование звеньев в кулачковых механизмах. Этапы проектирования и циклограмма работы кулачковых механизмов. Угол давления и угол передачи в кулачковых механизмах. Классификация законов движения толкателей кулачковых механизмов. Причины, вызывающие удар при работе кулачковых механизмов.

## Лекция № 9,10

Тема: Колебания в механизмах.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Основные цели изучения колебаний в машинах. Виды колебаний звеньев механизмов. Классификация механических колебаний: свободные колебания, вынужденные колебания, автоколебания. Особенности колебаний вращающихся звеньев. Особенности колебаний поступательно движущихся звеньев. Демпфирование свободных колебаний. Демпфирование вынужденных колебаний. Вибрационные транспортеры.

## Лекция № 11, 12

Тема: Вибрация. Динамическое гашение колебаний.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Общие сведения о способах виброзащиты. Учет колебаний при выборе закона движения толкателя кулачкового механизма. Рациональный выбор параметров системы при гармоническом возмущении. Виброизоляция. Динамическое гашение колебаний: пружинный динамический гаситель колебаний, ударные гасители. Динамическая разгрузка.

## Лекция № 13, 14

Тема: Электро-, гидро-, пневмоприводы механизмов. Выбор типа приводов

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Динамика механизмов с гидроприводом. Типовая схема объемного гидропривода, уравнение движения и его исследование. Динамика механизмов с пневмоприводом. Уравнение расхода газа. Безразмерное уравнение движения механизмов с пневмоприводом. Характеристики электроприводов: идеальная, статическая, динамическая. Уравнение движения машинного агрегата с учетом характеристики двигателя.

## Лекция № 15, 16

Тема: Синтез рычажных механизмов. Методы синтеза, оптимизационный синтез.

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Этапы синтеза механизмов. Входные и выходные параметры синтеза. Основные и дополнительные условия синтеза. Целевые функции. Ограничения. Синтез механизмов по методам оптимизации с применением ЭВМ. Синтез механизмов по методу приближения функций. Синтез передаточных механизмов. Синтез механизмов по положениям звеньев. Синтез направляющих механизмов. Синтез четырехзвенных рычажных механизмов по положениям. Синтез шарнирного четырехзвенника по заданному углу передачи

## Лекция № 17

Тема: Механические критерии энергетической оценки машин

Вопросы, рассматриваемые на лекции:

Механический и коэффициент потерь. Влияние к.п.д. на места расположения механизмов в энергетическом потоке. Коэффициент полезного действия низших и высших кинематических пар. Определение коэффициента полезного действия механизмов с последовательными и параллельными энергетическими потоками.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

### Практическое занятие 1.

*Тема: Классификация механизмов. Определение класса и порядка механизмов.*

Цель занятия:

- ознакомиться с классификацией машин;
- ознакомиться с классификацией механизмов по методам расчета;
- ознакомиться с классификацией механизмов по конструктивным и функциональным признакам по имеющимся моделям рычажных, кулачковых, зубчатых, винтовых механизмов и механизмам прерывистого движения.

Вопросы для подготовки:

1. Дайте определение машины и механизма.
2. Как классифицируются машины по выполняемым рабочим процессам?
3. Как классифицируются механизмы по методам расчета?
4. Как классифицируются механизмы по конструктивным и функциональным признакам?
5. Дайте определение рычажного механизма. Приведите схемы рычажных механизмов.
6. Какой механизм называется:
  - кривошипно–коромысловым;
  - двухкривошипным;



- двухкоромысловым;
- шарнирным четырехзвенником;
- кривошипно-ползунным;
- кулисным;
- механизм качающегося ползуна;
- синусный механизм;
- тангенсный механизм.

7. Какие механизмы называются кулачковыми? Особенности кулачковых механизмов и их назначение.

Приведите схемы плоских кулачковых механизмов:

- с различными способами замыкания высшей кинематической пары;
- с различными видами законов движения кулачка;
- с различными видами законов движения толкателя.

8. С помощью каких механизмов производится передача вращательного движения?

9. Какой механизм называется зубчатым? Особенности зубчатых передач и их назначение:

- цилиндрической;
- конической;
- винтовой;
- червячной;

- зубчато-рычажных механизмов.

Приведите их схемы.

10. Какие механизмы называются механизмами прерывистого движения? Особенности механизмов прерывистого движения и их назначение.
11. В каких механизмах используются незамкнутые кинематические цепи?

### Практическое занятие 2.

*Тема: Построение планов скоростей и ускорений. Определение угловых скоростей и ускорений звеньев. Частные положения рычажных механизмов.*

Цель занятия:

- научиться строить крайние положения рычажных механизмов;
- научиться строить планы положений рычажных механизмов с учетом масштабного коэффициента длины;
- научиться определять функцию положения выходного звена по заданному положению входного звена графическими и аналитическими методами;
- научиться определять первую и вторую передаточные функции механизмов графическими и аналитическими методами;
- научиться определять угловые скорости и ускорения звеньев по величине и направлению.

Вопросы для подготовки.

1. К какому методу исследований относится построение плана скоростей

и ускорений, плана положений механизма. Как определяется положение заданной точки?

2. Как строится план скоростей?
3. Как определить угловую скорость заданного звена по величине и направлению?
4. Как определить абсолютную скорость заданной точки по величине и направлению?
5. Как определить направление относительной скорости одной точки относительно другой точки?
6. Какой физический смысл отрезка линии плана скоростей (ускорений) проходящей через полюс (не проходящий через полюс)?
7. Как строится план ускорений?
8. Как определить относительное (абсолютное) ускорение заданной точки по величине и направлению?
9. Как определить нормальное (тангенциальное) ускорение заданной точки по величине и направлению?
10. Как определяется модуль и направление кориолисова ускорения?
11. Как строится годограф скорости определенной точки?
12. Физический смысл годографа скорости.?
13. Что такое масштаб кривошипа?
14. Какие преимущества дает построение плана скоростей и ускорений в масштабе кривошипа?
15. Каким образом изменяется скорость (ускорение) на плане скоростей (ускорений) при изменении длины определенного звена?
16. Как изменится план скоростей (или ускорений) при изменении длины кривошипа?
17. Как изменится план скоростей (ускорений), если угловую скорость вращения кривошипа увеличить (уменьшить) в несколько раз?

18. Найти, пользуясь планом ускорений (скоростей) аналог ускорения (скорости) определенной точки в заданном положении?
19. Как изменится первая (вторая) передаточная функция, если угловую скорость вращения кривошипа увеличить (уменьшить) в несколько раз.
20. Как пользовались масштабными коэффициентами при кинематическом исследовании графоаналитическим методом.

### Практическое занятие 3.

*Тема: Кинестатика четырехзвенного рычажных механизмов.*

Цель занятия:

- научиться определять реакции в кинематических парах рычажных механизмов графическим и аналитическим методами;
- научиться определять движущий (уравновешивающий) момент на валу кривошипа;
- научиться определять мощность двигателя по полученным результатам;
- научиться анализировать полученные результаты.

Вопросы для подготовки.

1. Какова цель кинестатического анализа механизма?
2. Какие методы и принципы механики используются при кинестатическом анализе?
3. Какова последовательность кинестатического анализа? Почему принимается такая последовательность?

4. Каким образом и почему выбирается положение для кинетостатического анализа?
5. Почему кинетостатический расчет проводят по группам Ассура, а не по звеньям?
6. Какие силы, приложенные к группе Ассура, относятся к внешним, а какие к внутренним?
7. Какие силы, приложенные к механизму - внешние, а какие внутренние?
8. Как определять модуль и направление силы инерции, приложенных к заданному звену, момента силы инерции?
9. Как определить реакцию в заданном шарнире?
10. Как определять тангенциальную составляющую реакция в заданном шарнире?
11. Какой физический смысл имеет план сил?
13. Почему при расчете входного звена к нему прикладывается уравновешивающий момент?
14. Каким образом можно заменить силу инерция и момент от силы инерции, действующих в одном звене, одной силой?

#### Практическое занятие 4.

*Тема: Принцип возможных перемещений. Рычаг Н.Е.Жуковского..*

Цель занятия:

- научиться определять приведенный момент сил сопротивления методом Жуковского.

Вопросы для подготовки.

1. Метод мгновенных мощностей.
2. Жесткий рычаг Жуковского, его физический смысл.
3. Связь уравновешенного момента на входном звене и момента на рычаге Жуковского?
4. Как строится рычаг Жуковского?

### Практическое занятие 5.

*Тема: Кинематика многоступенчатых зубчатых передач с неподвижными осями вращения.*

Цель работы:

- ознакомиться с методикой составления кинематических схем рядовых зубчатых передач;
- научиться определять передаточное отношение и степень подвижности рядовых зубчатых передач аналитическим и графическим методом;

Вопросы для подготовки.

1. Число степеней свободы рядовых зубчатых передач.
2. Кинематика многоступенчатых зубчатых передач:
  - аналитический метод;
  - графический метод;
3. Коэффициент полезного действия многоступенчатых зубчатых передач.

## Практическое занятие 6.

*Тема: Кинематика планетарных зубчатых передач. Аналитический и графический методы их исследования.*

Цель занятия:

- научиться определять передаточное отношение различных типов передач: планетарных, дифференциальных аналитическим и графическим методами;
- научиться определять коэффициент полезного действия многоступенчатых зубчатых передач.

Вопросы для подготовки.

1. Число степеней свободы различных типов зубчатых передач.
2. Метод обращения движения.
3. Основной закон зацепления, формула Виллиса.
4. Кинематика многоступенчатых зубчатых передач:
  - аналитический метод;
  - графический метод;
5. Коэффициент полезного действия многоступенчатых зубчатых передач.

## Практическое занятие № 7

*Тема: Определение основных размеров кулачковых механизмов.*

Цель занятия:

- ознакомиться с практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя;
- научиться определять основные размеры кулачковых механизмов по заданным критериям.

Вопросы для подготовки:

- 1) Основные параметры кулачковых механизмов.
- 2) Углы давления и передачи в кулачковых механизмах ?
- 3) Определение основных размеров кулачковых механизмов с поступательным движением толкателя.
- 4) Профилирование кулачковых механизмов с поступательным движением толкателя.

### Практическое занятие № 8,9

*Тема: Синтез четырехзвенных рычажных механизмов по положениям звеньев. Синтез шарнирного четырехзвенника по заданному углу передачи.*

Цель занятия:

- научиться оценивать качество механизма по заданному или выбранному критерию качества;



- отыскание таких значений геометрических параметров механизма, при которых критерий качества принимает допустимое значение на основании кинематического исследования рычажных механизмов.

Вопросы для подготовки:

1. Перечень критериев синтеза:

- величина хода выходного звена;
- отношение длительности рабочего хода к длительности холостого хода при равномерном вращении входного звена (коэффициент производительности);
- длительность выстоя;
- длительность рабочего участка;
- $K-1$  – максимум передаточной функции первого порядка;
- максимум передаточной функции второго порядка;
- среднеквадратическое отклонение функции положения выходного звена при фиксированных углах поворота входного звена;
- $K-2$  – критерий, характеризующий условия передачи сил в поступательной паре последней группы Ассуры;
- углы давления и углы передачи на схеме механизма, как они влияют на качество передачи сил.
- основные и дополнительные условия синтеза.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ\***

## Лабораторная работа № 1

### Тема: Составление структурных и кинематических схем механизмов

#### *Цель работы:*

- ознакомление с принципом действия и строением наиболее распространенных механизмов (по имеющимся моделям);
- изучение применяемых для обозначения на кинематических схемах условных изображений звеньев и кинематических пар;
- составление структурных схем механизмов;
- составление кинематических схем механизмов по размерам, снятым с моделей плоских механизмов;

#### Порядок проведения работы:

1. Ознакомиться с механизмом, установить его назначение и название.
2. Приведя в движение входное звено, проследить характер движения промежуточных и входного звеньев.
3. Определить какие кинематические пары образуют звенья механизма друг с другом (плоские или пространственные, высшие или низшие, вращательные или поступательные, определить класс пары).
4. Составить структурную схему механизмов. Для этого:
  - А) вычертить одно из положений входного звена, при котором достаточно видны все остальные звенья;
  - Б) построить положение остальных звеньев механизма;
  - В) пронумеровать звенья арабскими цифрами в порядке их присоединения к входному звену механизма;

- Г) обозначить кинематические пары большими буквами латинского алфавита.
5. Измерить необходимые параметры звеньев: расстояния между центрами шарниров, постоянные углы между плечами звеньев. Составить таблицу звеньев (в нее включить длину звена в метрах, название звена).
  6. Выбрать масштабный коэффициент длины ( $\mu_l$ ) для построения кинематической схемы.
  7. Перевести размеры звеньев в миллиметры чертежа.
  8. Построить кинематическую схему механизма. Для этого:
    - а) провести разметку всех неподвижных центров шарниров, соединяющих стойку с подвижными звеньями, и нанести положение неподвижных направляющих поступательных кинематических пар механизма;
    - б) повторить подпункты а - г пункта 4.
  9. Направление движения входного звена показать стрелкой.

Контрольные вопросы.

- 1) Что называется механизмом?
- 2) Что называется звеном механизма?
- 3) Что называется входным, выходным, промежуточными звеньями?
- 4) Как классифицируются звенья по виду движения?
- 5) Что называется кинематической парой?
- 6) Как классифицируются кинематические пары по числу условий связи и по числу степеней свободы?

- 7) Какие кинематические пары относятся:
- а) к высшим;
  - б) к низшим;
  - в) к плоским;
  - г) к пространственным?
- 8) Что называется кинематической цепью?
- 9) Чем отличается механизм от кинематической цепи?
- 10) Какие виды кинематических цепей существуют?
- 11) Какой механизм называется шарнирным?
- 12) Как классифицируются рычажные механизмы в зависимости от звеньев, входящих в их состав?
- 13) Дать определение структурной и кинематической схемы механизма.
- 14) Что такое масштабный коэффициент?
- 15) Как связаны между собой детали, образующие подвижное звено?
- 16) Как связаны между собой детали, образующие неподвижное звено?
- 17) Укажите, какие из перечисленных кинематических пар высшие, а какие – низшие: а) подшипник скольжения и вал, вращающийся в нем; б) каретка, перемещающаяся в направляющих и соприкасающаяся с ними по поверхности; в) контакт зубьев двух зубчатых колес; г) винт и неподвижная опора, в которой он вращается.
- 18) Детали каких пар подвергаются большему износу и почему?

- 19) Начертите условные изображения следующих элементов кинематических схем: а) соединение двух подвижных звеньев, составляющих вращательную пару; б) соединение подвижного и неподвижного звеньев, составляющих вращательную пару; в) соединение неподвижного звена и подвижного, перемещающегося поступательно; г) подшипник: радиальный и упорный; передачи зубчатые: цилиндрическую, коническую и червячную.
- 20) Какие виды кинематических цепей вы знаете?
- 21) Влияют ли размеры звеньев на принцип действия механизмов?
- 22) Учитывают ли конструктивную форму звеньев при вычерчивании кинематических схем механизмов?
- 23) Какой размер звена вычерчивается на схеме: полная длина звена или расстояние между центрами кинематических пар?
- 24) Определите истинную длину звена, если отрезок, изображающий это звено на кинематической схеме  $l=200$  мм, а масштабный коэффициент длины  $\mu_l=0,005$  м/мм.
- 25) Какими кинематическими парами (низшими или высшими) сочленены звенья кривошипно-шатунного механизма?

## Лабораторная работа № 2

Тема: Структурный анализ рычажных механизмов и механизмов с высшими кинематическими парами

*Цель работы:*

- определение степени подвижности механизма;
- определение входных звеньев;
- выявление пассивных связей и местных подвижностей;
- определение класса и порядка каждой группы Ассура, входящей в состав механизма;
- определение класса и порядка механизма в целом;
- составление формулы структурного строения механизма.

Порядок проведения работы:

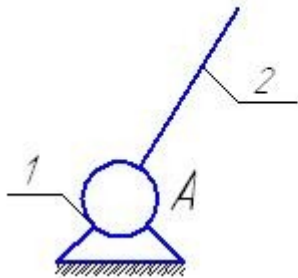
1. Определите степень подвижности механизмов по формуле Чебышева.
2. Если  $W$  механизма не совпадает с числом входных звеньев, необходимо выявить звенья, создающие пассивные связи или местные подвижности и исключить их из исследуемого механизма. При наличии в механизме высших кинематических пар произвести условную замену каждой пары одним звеном с двумя низшими парами и начертить схему мгновенного заменяющего механизма, при котором наиболее хорошо видны все звенья. Определите входное звено механизма и отделите начальный механизм.
3. Выделите присоединенные к начальному механизму группы Ассура и определите их класс и порядок. При выделении структурных групп необходимо:
  - определить кинематическую цепь (структурную группу Ассура), которая присоединяется последней в порядке наложения;
  - выделить следующую в порядке наложения структурную группу Ассура и так до тех пор, пока не останется начальный механизм I класса I порядка.
4. При проведении структурного анализа следует помнить следующее:

- одно и то же звено или одна и та же пара не может принадлежать различным кинематическим цепям;
- отсоединенная часть механизма должна удовлетворять условию (2);
- оставшаяся кинематическая цепь должна обладать той же степенью подвижности, что и исходный механизм;
- структурный анализ следует проводить от всех возможных входных звеньев, так как в зависимости от выбора входного звена может изменяться класс и порядок механизма в целом;
- необходимо следить за тем, чтобы ошибочно не принять несколько простых групп за одну группу более высокого класса (или порядка), потому надо в первую очередь выделять простые группы.

5. При структурном анализе следует делать записи, в которых вращательная кинематическая пара 5-го класса обозначается буквой, обведенной в кружок, а поступательная в квадрат:

*Условное обозначение*

*Запись*

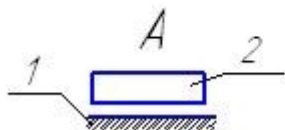


1-⊙A-2

Что означает: звено 1 соединяется со звеном 2 вращательной кинематической парой 5-го класса.

*Условное обозначение*

*Запись*



1-□A-2

Что означает: звено 1 соединяется со звеном 2 поступательной кинематической парой 5-го класса.

6. Составьте формулу структурного строения механизма, показывающую порядок присоединения групп Ассура к начальному механизму.
7. Определите по формуле структурного строения класс механизма по классификации Ассура-Артоболевского.

Контрольные вопросы.

- 1) Что определяет степень подвижности?
- 2) По какой формуле определяется степень подвижности механизма?
- 3) Сколько степеней свободы имеет свободное звено в плоскости?
- 4) Сколько степеней свободы отнимает от механизма низшая пара и сколько высшая?
- 5) Какие задачи решаются в ходе структурного анализа механизмов? В чем сущность структурной классификации плоских механизмов?
- 6) Что называется группой Ассура? Как определяются класс, порядок, и вид группы Ассура? Приведите примеры групп Ассура II класса.
- 7) Объясните физический смысл числовых коэффициентов в структурной формуле общего вида.
- 8) Как определяется класс механизма?
- 9) Что собой представляют пассивные связи, какое влияние они оказывают на механизм?
- 10) Объясните назначение местных подвижностей.
- 11) Каким образом структурную классификацию плоских механизмов можно распространить на механизмы с высшими кинематическими парами?



### Лабораторная работа № 3

*Тема: Кинематика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.*

Цель работы:

- произвести геометрический и кинематический анализ механизма, имеющего одну степень свободы и одну группу Ассур (второго класса, второго порядка) с различными вариантами сборок механизма;
- определить графически значения первой и второй передаточных функций механизма для заданного положения входного звена;
- подготовить исходные данные о рассматриваемом механизме, составив таблицу для ввода в ПЭВМ;
- сравнить графоаналитический и аналитический методы.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

- схему механизма, исходные данные и постановку задачи;
- расчет кинематики механизма в одном положении;
- таблицу сравнения результатов расчета.

Контрольные вопросы.

1. Структура исследуемого машинного агрегата. Назначение её функциональных частей.
2. Расскажите об особенностях рычажного механизма (название механизма, название звеньев, число степеней свободы, условие связи в кинематических парах, количество кинематических пар в механизме).

3. Расскажите о структурном анализе рычажного механизма, использованного в лабораторной работе (входные и выходные звенья, начальное звено и обобщенная координата, структурная группа, образующая механизм).

4. Какие конструктивные ограничения наложены на плоскую схему рычажного механизма (число степеней свободы для плоской и пространственной схемы механизма, наличие избыточных связей, какие ограничения на движение звеньев или относительное расположение элементов кинематических пар наложены при плоском варианте схемы механизма?).

5. Кинематическая и структурная схема механизма. Принципы их построения.

6. Какие задачи решаются при кинематическом анализе механизма?

7. Чем определяется последовательность кинематического анализа механизма?

8. Что такое функция положения?

9. Методы определения функции положения и передаточных функций.

10. Что такое аналог скорости, что такое аналог ускорения, какова их размерность.

11. Как связаны аналог скорости и скорость, аналог ускорения и ускорение?

12. Что такое сборка механизма? Постройте механизм с иной сборкой звеньев.

13. Признаки сборок структурных групп, вводимые в ЭВМ.

14. Что называют мёртвым (особым) положением структурной группы?

Возможны ли эти, положения в исследуемом механизме? Что предпринимается для прохода звеньев через эти положения?

15. Расскажите об алгоритме расчетов кинематических характеристик с применением ЭВМ. Какие соотношения в аналитической форме были использованы? Расскажите о блок-схеме подпрограммы расчетов кинематических передаточных функций с применением ЭВМ.

Лабораторная работа № 4

*Тема: Построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя.*

Цель работы:

- изучение наиболее распространенных законов движения кулачковых механизмов;
- ознакомление с практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя.
- научиться строить профиль кулачка по заданному закону движения толкателя.

Содержание отчета.

1. Наименование и цель работы;
2. Схема кулачкового механизма;
3. Значения исходных параметров механизма;
4. Циклограмма;
5. График закона движения толкателя и его масштабные коэффициенты;
6. Таблица с результатами расчета перемещений толкателя  $S=f(\varphi)$  или  $\psi=f(\varphi)$ ;
7. Профиль кулачка на бумажной заготовке.

Контрольные вопросы.

1. Назовите преимущества и недостатки кулачковых механизмов по сравнению с рычажными механизмами.

2. Дайте определение угла давления. Какое влияние он оказывает на работу и коэффициент полезного действия кулачкового механизма?
3. Какие законы движения желательно употреблять в быстроходных кулачковых механизмах?
4. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?
5. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.
6. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?
7. Каким образом диаметр ролика влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?
8. Каким образом радиус начальной шайбы влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?
9. Объяснить явление среза профиля кулачка механизма с роликовым толкателем? При каких условиях он наблюдается?
10. Изменяется ли закон движения толкателя при увеличении минимального радиуса кулачка?
11. Изменяется ли закон движения толкателя при уменьшении минимального радиуса кулачка? В каких случаях?
12. При каких условиях наблюдается срез профиля кулачка механизма с плоским толкателем?

13. Почему кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?
14. Почему радиус ролика должен быть всегда меньше минимального радиуса кривизны теоретического профиля кулачка?
15. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?
16. Как влияет радиус начальной шайбы кулачка на угол давления?
17. При каком условии обеспечивается постоянный контакт толкателя и кулачка?
18. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?
19. Каким способом проводится профилирование кулачка?

### Лабораторная работа № 5

*Тема: Построение профиля зуба эвольвентного зубчатого зацепления*

Цель работы:

- ознакомиться с изготовлением зубчатых колес методом огибания (обкатки) с помощью инструментальной рейки;
- ознакомиться с изготовлением зубчатых колес методом огибания (обкатки) с помощью долбяка;
- усвоить методику геометрического расчета;
- ознакомиться с явлением подрезания зубьев в процессе их изготовления.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

- бумажный круг – заготовки с профилем зубьев, полученных при различных значениях коэффициента смещения;
- таблицу расчетов параметров колес при различных значениях коэффициента смещения;
- выводы о влиянии величины смещения на параметры зубчатых колес.

Контрольные вопросы.

1. Что такое угол передачи движения?
2. Сформулируйте и докажите основную теорему зацепления.
3. Какому условию должны удовлетворять профили зубьев передачи с постоянным передаточным отношением?
4. Что такое эвольвента окружности, как её построить?
5. Что называется модулем и шагом зацепления?
6. По модулю и числу зубьев определите параметры (неисправленного) колеса, радиусы четырех окружностей (делительной, основной, впадин и выступов), шаг зацепления, толщину зуба по делительной окружности.
7. В чем заключается явление подрезания зубьев и при каких условиях оно возникает?
8. Почему в большинстве случаев ножка зуба колеса изнашивается сильнее, чем головка зуба?
9. Почему дуга зацепления должна быть больше шага?
10. Как расположена делительная прямая рейки относительно делительной окружности колеса при  $x=0$ ;  $x>0$ ;  $x<0$ ?

11. Как определить коэффициент смещения при котором возникает подрезание зуба?
12. Какие параметры зубчатого колеса зависят от смещения? Какие не зависят?
13. Как влияет коэффициент смещения на коэффициент перекрытия зубчатой передачи?
14. Показать угол давления для любой точки профиля зуба.

### Лабораторная работа № 6

*Тема: Кинематическое исследование планетарно-дифференциальных зубчатых передач.*

Цель работы:

- ознакомиться с методикой составления кинематических схем рядовых зубчатых передач;
- ознакомиться с методикой составления кинематических схем планетарных редукторов;
- научиться определять передаточное отношение рядовых передач аналитическим и графическим методом;
- научиться определять передаточное отношение планетарных редукторов аналитическим и графическим методом;

Содержание отчета.

1. Наименование и цель работы.

2. Кинематические схемы предложенных для исследования передач вычерченные в масштабе чисел зубьев.
3. Таблицу кинематических пар.
4. Результаты определения по формуле Чебышева степени подвижности передач.
5. Результаты определения передаточных отношений рядовой передачи и планетарного редуктора аналитическим, графическим и экспериментальным путем.
6. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы.

1. Каковы основные преимущества и недостатки планетарных передач?
2. Какова область применения дифференциальных механизмов?
3. От чего зависит К.П.Д. планетарных передач?
4. Каковы степени свободы планетарного и дифференциального механизмов?
5. В чем заключается метод обращения движения и где он используется?
6. Составьте схему планетарного редуктора и выведите формулу для определения передаточного отношения.
7. Какой из редукторов Джемса или Давида следует применять в силовых тяжело нагруженных передачах и почему?
8. В чем заключается условия соосности и соседства?

Лабораторная работа № 7.



*Тема :Кинетостатический анализ рычажных механизмов..*

Цель работы:

- ознакомиться с методикой проведения кинетостатического исследования плоских механизмов;
- определить по величине и направлению силы и моменты от сил инерции;
- определить по величине и направлению давление во всех кинематических парах и уравновешивающего (движущего) момента на входном звене;
- научиться составлять таблицы для кинетостатического исследования на ЭВМ.

Отчет должен содержать:

1. Расчет значений рабочей нагрузки механизма. (Для этого необходимо воспользоваться результатами кинематического исследования механизма).
2. Кинематическая схема механизма с силовой нагрузкой.
3. Таблицу параметров для ввода в ПЭВМ.
4. Результаты расчета сил инерции графоаналитическим и аналитическим методом.
5. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы.

1. Какова цель кинетостатического анализа механизма?
2. Какие метода и принципы механики используются при кинетостатическом анализе?
3. Какова последовательность кинетостатического анализа? Почему принимается такая последовательность?

4. Каким образом и почему выбирается положение для кинетостатического анализа?
5. Почему кинематический расчет проводят по группам Ассура, а не по звеньям?
6. Какие силы, приложенные к группе Ассура, относятся к внешним, какие к внутренним?
7. Какие силы, приложенные к механизму - внешние, а какие внутренние?
8. Как определять модуль и направление силы инерции, приложенных к заданному звену, момента силы инерции?
9. Как определить реакцию в заданном шарнире?
10. Как определять тангенциальную составляющую реакция в заданном шарнире?
11. Какой физический смысл имеет план сил?
12. Как проводится проверка методом Жуковского?
13. Какой физический смысл рычага Жуковского?
14. Почему при расчете входного звена к нему прикладывается уравновешивающий момент?
15. Каким образом можно заменить силу инерция и момент от силы инерции, действующих в одном звене, одной силой?
16. На основании какого принципа находится уравновешивающий момент по рычагу Жуковского?
17. Физический смысл уравновешивающего момента и приведенного момента?

#### Лабораторная работа № 8.

*Тема: Экспериментальное определение приведенных моментов инерции рычажных механизмов.*

Цель работы:

- ознакомление с принципом действия приборов для определения приведенного момента инерции экспериментальным методом;
- изучение свободных колебаний для определения приведенного момента инерции.
- ознакомление с одним из экспериментальных методов определения моментов инерции;

Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Сводную таблицу величин, получаемых в результате эксперимента и расчетов значений периода колебаний, приведенной массы, приведенного момента инерции.
3. График изменения приведенного момента инерции в зависимости от угла поворота входного звена.

Контрольные вопросы.

1. Какими параметрами характеризуется геометрия масс звена?
2. Что служит мерой инертности звена при поступательном движении?
3. Что называется моментом инерции звена относительно некоторой оси?
4. В чем заключается теорема Гюйгенса о моментах инерции относительно параллельных осей?
5. Какой из моментов инерции звена больше относительно центральной оси или относительно параллельной ей оси?
6. Что представляет собой радиус инерции звена?
7. Какова размерность момента инерции звена и радиуса инерции звена?

8. Какое условие положено в основу приведения масс и моментов инерции?
9. Что называется звеном приведения?
10. В чем отличие приведения масс для поступательно двигающегося и для вращающегося звена приведения?
11. Зависит ли приведенный момент инерции от закона движения механизма?
12. Какие существуют методы определения приведенного момента инерции?
13. Зависит ли величина приведенного момента инерции от скорости звена приведения?

### Лабораторная работа № 9.

*Тема: Балансировка роторов.*

Цель работы:

- ознакомиться с методикой практических приемов статического и динамического уравнивания вращающихся масс звеньев;
- произвести балансировку вращающегося звена.

Содержание отчета.

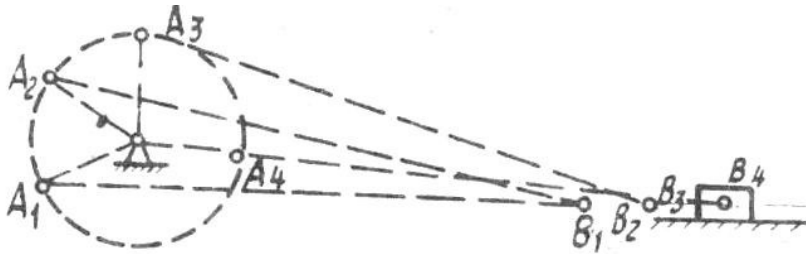
1. Наименование и цель работы.
2. Схема лабораторной установки.
3. Вес грузов, расстояния, на котором они установлены от оси вращения, а также углы их установления на дисках.
4. Схема размещения неуравновешенных грузов и противовесов при повторном уравнивании.
5. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы.

1. Почему необходимо уравнивать силы инерции в роторах?
2. Как и зачем силы инерции, действующие в нескольких плоскостях, перпендикулярных к оси вращения, приводятся к двум плоскостям коррекции?
3. С какой целью в лабораторной работе рассмотрены два принципиально разных метода балансировки роторов?
4. В каком случае применяется частичное уравнивание сил инерции?
5. В каком случае применяется полное уравнивание сил инерции?
6. Уравнивание первой гармоники главного вектора сил инерции с помощью вращающихся противовесов?
7. Уравнивание главного вектора сил инерции с помощью противовесов, установленных на звенья.

**ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН ДЛЯ  
ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ**

1. Какое из положений нецентрального кривошипно-ползунного механизма является крайним?



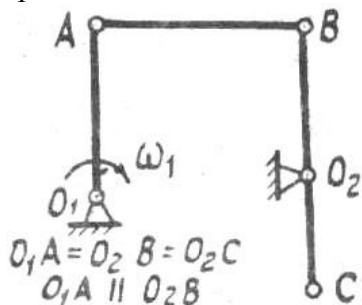
- 1) 1-ое
- 2) 2-ое
- 3) 3-е
- 4) 4-ое

2. По заданному графику перемещения  $S = S(t)$  определите положение, в котором скорость будет максимальной.



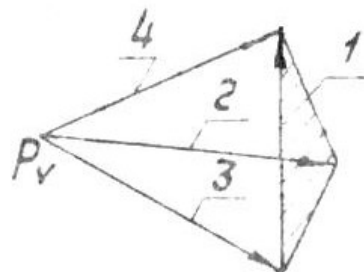
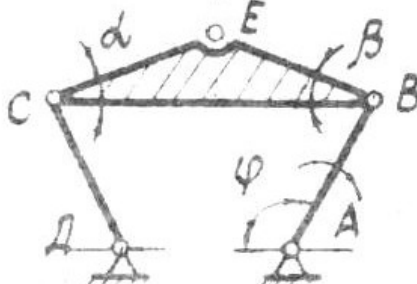
- 1) в т. 1
- 2) в т. 2
- 3) в т. 3
- 4) в т. 4

3. Какой план скоростей соответствует изображенному положению механизма с параллельными кривошипами?



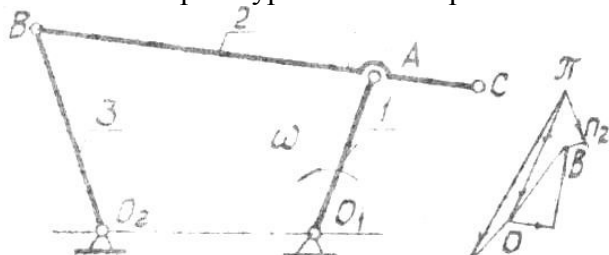
- 1)  $B \leftarrow P_v \rightarrow a, c$
- 2)  $C \leftarrow P_v \rightarrow a, b$
- 3)  $A \leftarrow P_v \rightarrow b, c$
- 4)  $P_v \rightarrow a, b, c$

4. Укажите вектор скорости точки "С" во вращательном движении вокруг т. В.



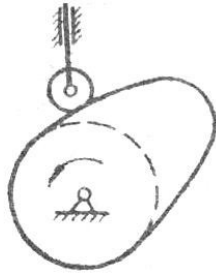
- 1) 1-ый
- 2) 2-ой
- 3) 3-ий
- 4) 4-ый

5. Какое векторное уравнение неправильно?



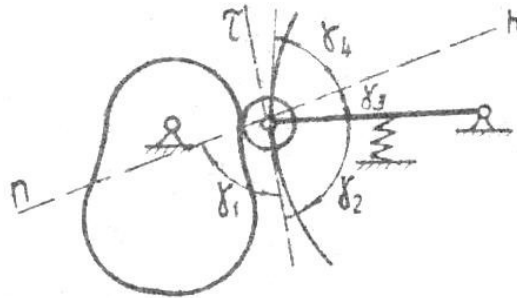
- 1)  $\vec{a}_C = \vec{a}_{O1} + \vec{a}_{CO1}$
- 2)  $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^r$
- 3)  $\vec{a}_B = \vec{a}_{O2} + \vec{a}_{BO2}^n + \vec{a}_{BO2}^r$
- 4)  $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}$

1. В какой фазе находится толкатель?



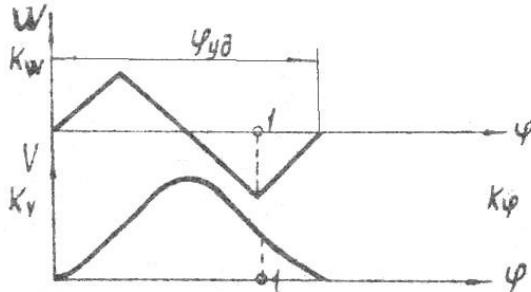
- 1) Удаления
- 2) Приближения
- 3) Ближнего состояния
- 4) Дальнего состояния

2. Определить угол давления.



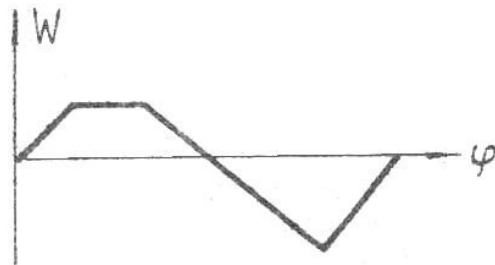
- 1)  $\gamma_1$
- 2)  $\gamma_2$
- 3)  $\gamma_3$
- 4)  $\gamma_4$

3. Определить характер движения толкателя в т. 1.



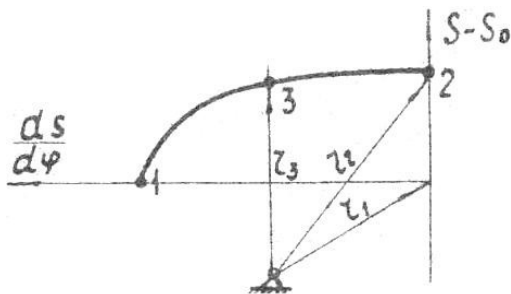
- 1) Замедленное
- 2) Равноускоренное
- 3) Ускоренное
- 4) Равнозамедленное

4. По заданному графику определить особенности движения толкателя кулачкового механизма?



- 1) Мягкий удар
- 2) Ударов нет
- 3) Жесткий удар
- 4) И мягкий и жесткий удар

5. Укажите какому радиусу кулачка соответствует угол давления  $\gamma = 0$ ?



- 1) Правильного ответа нет
- 2)  $R_1$
- 3)  $R_2$
- 4)  $R_3$



## Зубчатые передачи

1. Укажите значение передаточного отношения для цилиндрической зубчатой передачи, где  $\omega_1$  - угловая скорость ведущей шестерни,  $\omega_2$  - угловая скорость ведомого колеса.

1)  $U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$

2)  $U_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$

3)  $U_{12} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_1}$

4)  $U_{12} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_2 + \omega_1}$

2. По каким параметрам эвольвентного колеса, выбирают профиль фрезы при нарезании колеса методом копирования?

1)  $m$

3)  $z$

2)  $m, z$

4)  $p, z$

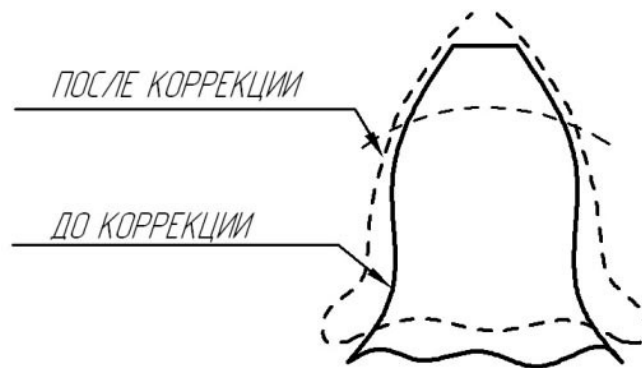
3. Укажите сдвиг рейки при нарезании корригированного колеса.

1) Сдвиг рейки по данному чертежу определить невозможно

2)  $x > 0$

3)  $x = 0$

4)  $x < 0$



4. Известен модуль " $m$ " и число зубьев  $Z$  эвольвентного колеса. Колесо нарезается рейкой с углом профиля  $20^\circ$ . Определить радиус  $R_B$  основной окружности?

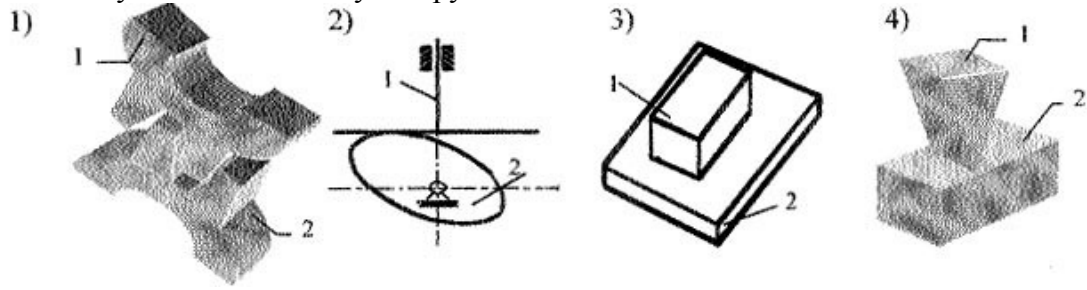
1)  $R_B = \frac{mZ}{2} \cos \alpha$

2)  $R_B = \frac{mz}{2}$

3)  $R_B = \frac{mz}{2 \cos \alpha}$

4)  $R_B = m(z + 2)$

1. Укажите низшую кинематическую пару.

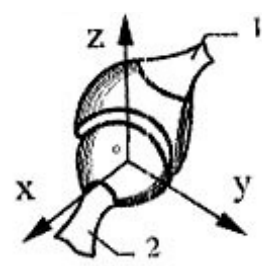


2. Какие машины относятся к классу производственных (технологических) машин?

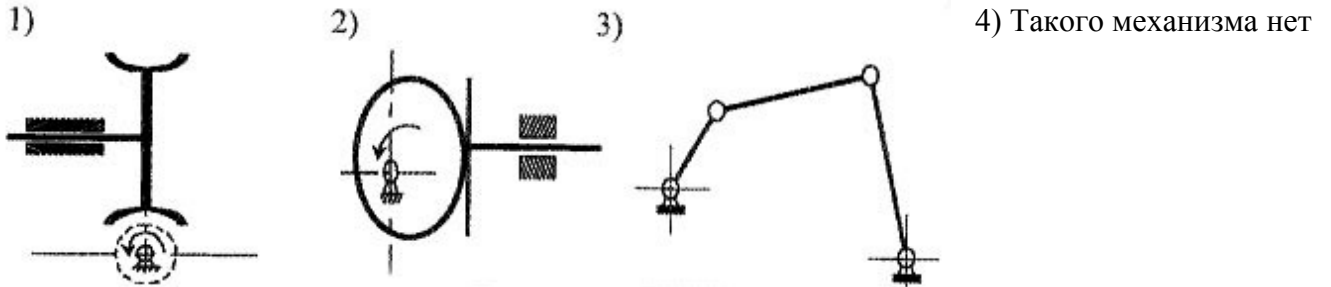
- 1) Автомобиль, 2) Гидротурбина, 3) Токарный станок, 4) Автомат для продажи газет

3. Сколько независимых параметров остается у звеньев, соединенных кинематической парой?

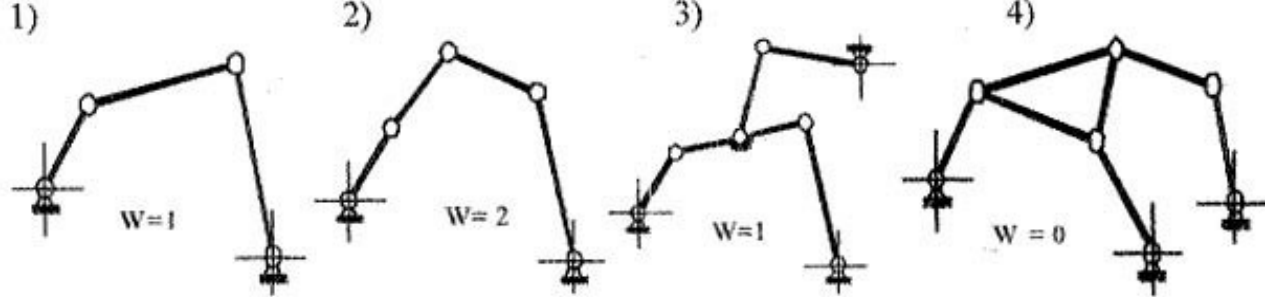
- 1) Три  
2) Четыре  
3) Два  
4) Пять



4. Укажите пространственный механизм

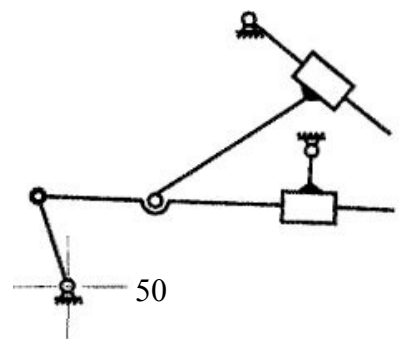


5. В каком механизме число степеней свободы указано неверно?

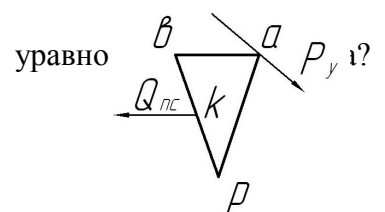


6. Чему равно число степеней свободы механизма?

- 1)  $W = 0$ , 2)  $W = -1$ ,  
3)  $W = 1$ , 4)  $W = 2$

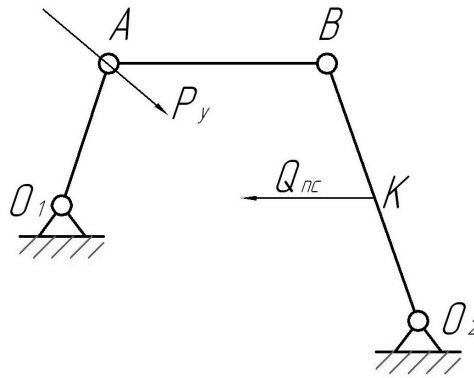


1. От чего не зависит



**Динамика механизмов**

- 1) От положения механизма
- 2) От силы полезного сопротивления
- 3) От масштаба и плана скоростей
- 4) От отношения

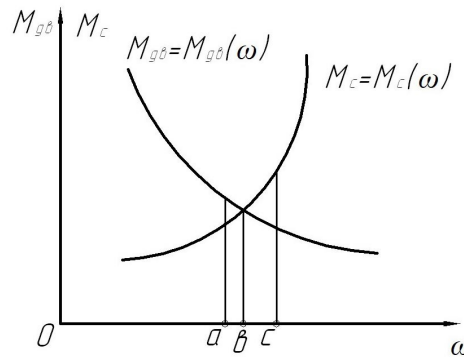


2. Каким условием определяется приведенный к главному валу момент  $M_{пр}$  какой-либо силы?

- 1) Равенство кинетических энергий
- 2) Равенство сил
- 3) Равенство мгновенных мощностей
- 4) Равенство масс

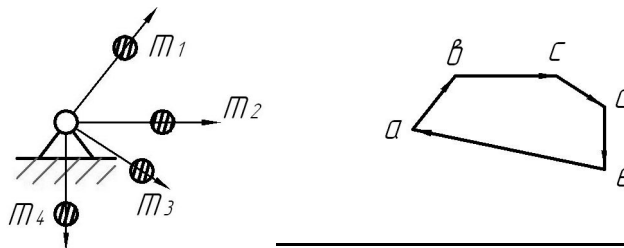
3. При каком значении угловой скорости " $\omega$ " движение звена привода будет более устойчивым?

- 1)  $\omega$  а
- 2)  $\omega$  б
- 3)  $\omega$  с
- 4)  $\omega = 0$



4. Заданы массы:  $m_1, m_2, m_3, m_4$  укажите вектор силы инерции противовеса

- 1)  $\overline{de}$
- 2)  $\overline{ea}$
- 3)  $\overline{ab}$
- 4)  $\overline{bc}$



5. Для чего не служит маховик:

- 1) Для регулирования непериодических колебаний скорости
- 2) Для регулирования периодических колебаний скорости
- 3) В качестве шкива плоско- или клиноременной передачи
- 4) Для вывода механизма из мертвых положений

