

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«МЕХАНИКА»**

для специальности 280101.65 - "Безопасность жизнедеятельности в техносфере"  
Квалификация (степень) выпускника: специалист - инженер

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан:

канд. техн. наук, доцентом Луганцевой Татьяной Анатольевной  
старшим преподавателем Бошко Маргаритой Евгеньевной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры АППиЭ

Протокол заседания кафедры от « 23 » января 2012 г. № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.Н. Рыбалев/

**УТВЕРЖДЕН**

на заседании учебно-методического совета по специальности 280700.65  
«Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2011 г., протокол № \_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_ А.Б.Булгаков

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины	4
2. Краткое изложение программного материала	27
2.1. План-конспект лекций	27
2.2. Терминологический словарь	59
2.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины	59
2.3.1. Методические рекомендации по изучению дисциплины (теоретический материал)	60
2.3.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины (практические занятия)	89
2.3.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины (внеаудиторная работа)	89
2.3.4. Методические рекомендации по изучению дисциплины (подготовка к экзамену)	102
3. Контроль знаний	102
3.1. Пример варианта контрольной работы	102
3.2. Тестовый контроль (примеры)	108
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	126

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью изучения** механики как одной из составляющих фундаментальных естественнонаучных знаний является формирование у студентов современной научной базы, необходимой для понимания и усвоения специальных и технических дисциплин, необходимых для работы по специальности.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- дать студенту первоначальные представления о постановке инженерных задач, составлении математических и динамических моделей изучаемого механического явления;
- изучение общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами, общих законов деформирования деталей;
- изучение основных видов механизмов, методов их исследования и расчета их кинематических и динамических характеристик;
- овладение теоретическими основами конструирования изделий общетехнического назначения, методами расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость и принципами расчетов основных видов деталей машин по критериям работоспособности;
- формирование знаний и навыков, необходимых для изучения ряда профессиональных дисциплин, развитие логического мышления и творческого подхода к решению профессиональных задач.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина «Механика» (ОПД.Ф.02.) одна из фундаментальных дисциплин, где студенты впервые встречается с большим многообразием механических систем, их моделей и методов исследования. Механика обеспечивает логическую связь, во-первых, между физикой и математикой, применяя математический аппарат к изучению физических явлений, и, во-вторых, между естественнонаучными дисциплинами, общетехническими и специальными дисциплинами. Дисциплина «Механика» является предшествующей для всех дисциплин профессионального цикла дисциплин. Основные идеи механики являются базовыми в подготовке инженера, они используются во многих учебных дисциплинах, таких как механика жидкости и газа, при изучении методов анализа и синтеза специального оборудования и механизмов, а также большого числа специальных дисциплин. Изучение механики дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать новой информацией, с которой ему придется столкнуться в производственной и научной деятельности.

### **2.1 Требования к входным знаниям и умениям**

Для изучения курса механики студент должен:

**Знать:**

- курс физики (механика);
- элементарную математику (алгебра, геометрия и тригонометрия);
- высшую математику (векторная, линейная алгебра и алгебра матриц; теория элементарных функций; начала мат. анализа (производные, интегралы функций одной переменной), решение линейных и нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений);

**Уметь:**

применять полученные знания математики к решению задач теоретической механики;

**Владеть:**

- основными навыками решения задач векторной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления;
- основными навыками работы на персональном компьютере, включая работу в офисных программах, интернете, в локальных сетях, некоторых графических редакторах и математических пакетах.

## 2.2. Требования к обязательному минимуму содержания ООП подготовки инженера по специальности 280101.65 - "Безопасность жизнедеятельности в техносфере"

### Федеральный компонент

ОПД.Ф.02. Механика.

*Теоретическая механика.*

Кинематика. Предмет кинематики. Векторный способ задания движения точки. Естественный способ задания движения точки. Понятие об абсолютно твердом теле. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Плоское движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки или сферическое движение. Общий случай движения свободного твердого тела. Абсолютное и относительное движение точки. Сложное движение твердого тела.

Динамика и элементы статики. Предмет динамики и статики. Законы механики Галилея-Ньютона. Задачи динамики. Свободные прямолинейные колебания материальной точки. Относительное движение материальной точки. Механическая система. Масса системы. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Количество движения материальной точки и механической системы. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Понятие о силовом поле. Система сил. Аналитические условия равновесия произвольной системы сил. Центр тяжести твердого тела и его координаты. Принцип Даламбера для материальной точки. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Элементарная теория гироскопа. Связи и их уравнения. Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты системы. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах или уравнения Лагранжа второго рода. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия. Малые свободные колебания механической системы с двумя (или  $n$ ) степенями свободы и их свойства, собственные частоты и коэффициенты формы. Явление удара. Теорема об изменении кинетического момента механической системы при ударе.

*Теория механизмов и машин.*

Основные понятия теории механизмов и машин. Основные виды механизмов. Структурный анализ и синтез механизмов. Кинематический анализ и синтез 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.

*Сопротивление материалов.*

Основные понятия. Метод сечений. Центральное растяжение - сжатие. Сдвиг. Геометрические характеристики сечений. Прямой поперечный изгиб. Кручение. Косой изгиб, внецентренное растяжение - сжатие. Элементы рационального проектирования простейших систем.

Расчет статически определимых стержневых систем. Метод сил, расчет статически неопределимых стержневых систем. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела. Сложное сопротивление, расчет по теории прочности. Расчет безмоментных оболочек вращения. Устойчивость стержней. Продольно-поперечный изгиб. Расчет движущихся с ускорением элементов конструкций. Удар. Усталость. Расчет по несущей способности.

*Детали машин и основы конструирования.*

Классификация механизмов, узлов и деталей. Основы проектирования механизмов, стадии разработки. Требования к деталям, критерии работоспособности и влияющие на них факторы. Механические передачи, зубчатые, червячные, планетарные, волновые, рычажные, фрикционные, ременные, цепные, передачи винт-гайка, расчеты передач на прочность. Валы и оси, конструкция и расчеты на прочность и жесткость. Подшипники качения и скольжения, выбор и расчеты на прочность. Уплотнительные устройства. Конструкции подшипниковых узлов. Соединения деталей: резьбовые, заклепочные, сварные, паяные, клеевые, с натягом, шпоночные, зубчатые, штифтовые, клеммовые, профильные; конструкция и расчеты соединений на прочность. Упругие элементы. Муфты механических приводов. Корпусные детали механизмов.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты образования:

#### **знать:**

- физический смысл основных механических величин, основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твердого тела и механической системы;
- понимать те методы механики, которые применяются в прикладных дисциплинах и последующей инженерной деятельности;
- правила изображения структурных и кинематических схем механизмов;
- виды анализа и синтеза механизмов и машин, методы и алгоритмы решения прикладных задач применительно к анализу и синтезу механизмов;
- прочностные характеристики материалов и изготовленных из них деталей;
- методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов различных конструкций;
- основные требования работоспособности и необходимые критерии расчета различных видов деталей машин.

#### **уметь:**

- решать задачи статики и кинематики,
- определять динамические характеристики твердого тела и системы твердых тел в результате их механического взаимодействия;
- выбирать и примерять методы анализа и синтеза механизмов и систем, образованных на их основе;
- составлять структурные и кинематические схемы механизмов;
- применять методы расчета и конструирования деталей и узлов машин;
- проводить расчеты деталей машин по критериям работоспособности и надежности;
- выполнять расчеты элементов конструкций и определять их рациональные размеры;
- пользоваться справочной литературой;
- прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач техники, связанных со специализацией студента, самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, используя возможности современных компьютеров и информационных технологий;
- разбираться в физическом смысле полученных результатов;
- ориентироваться в литературе по механике;

#### **владеть:**

- фундаментальными знаниями, позволяющими будущему специалисту научно анализировать проблемы его профессиональной области;
- использовать на практике приобретенные им базовые знания;
- навыками использования методов теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и основ конструирования при решении практических задач;

- методами теоретического и экспериментального исследования различных механических систем;
- навыками расчета и конструирования деталей машин;
- самостоятельно, используя современные образовательные и информационные технологии овладевать той новой информацией, с которой ему придется столкнуться в изучении профессиональных дисциплин и производственной или научной деятельности.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 323 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации				
			Л	Пр	Лаб. раб.	СР	
1	(Теоретическая механика) Кинематика	3	Л:12	Пр:6	-	СР:15	Выполнение расчетно-граф. раб., тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
2	(Теоретическая механика) Динамика и элементы статики	3	Л:24	Пр:12	-	СР:20	Выполнение расчетно-граф. раб., тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
3	(Теория механизмов и машин) Механизмы с низшими кинематическими парами.	4	Л:28	Пр:16	Лаб. раб.:12	СР:25	Выполнение расчетно-граф. раб., тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
4	(Теория механизмов и машин) Механизмы с высшими кинематическими парами.	4	Л:8	Пр:2	Лаб. раб.:6	СР:10	Выполнение расчетно-граф. раб., тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
5	(Сопротивление материалов) Простые виды нагружения.	5	Л:16	Пр:6	Лаб. раб.:8	СР:5	Выполнение курсового проекта, тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
6	(Сопротивление материалов) Сложные виды нагружения.	5	Л:10	Пр:4	-	СР:10	Выполнение курсового проекта, тестирование, контрольная работа, коллоквиум..
7	(Детали машин)	5	Л:4	Пр:2	Лаб. раб.:8	СР:20	Выполнение курсового проекта,

	Передачи вращательного движения.						тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
8	(Детали машин) Детали обслуживающие вращательное движение.	5	Л:2	Пр:2	Лаб. раб.:2	СР:10	Выполнение курсового проекта, тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
9	(Детали машин) Соединения: разъемные и неразъемные.	5	Л:4	Пр:4	-	СР:10	Выполнение курсового проекта, тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
	ИТОГО:		Л:108	ПР:54	Лаб.раб.:36	СР:125	из них 40 час. на курсовой проект

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (ЛЕКЦИИ)

### 5.1. Теоретическая механика

5.1.1. Введение в кинематику, основные понятия и определения. Кинематика точки. Векторный способ задания движения точки. Естественный способ задания движения точки.

Объем - 2 часа.

5.1.2. Простейшие движения абсолютно твердого тела. Понятия об абсолютно твердом теле. Поступательное движение. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.

Объем - 2 часа.

5.1.3. Сложное движение точки. Абсолютное, относительное и переносное движение. Теорема Кориолиса.

Объем - 2 часа.

5.1.4. Плоское движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости.

Объем - 2 часа.

5.1.5. Сферическое движение (движение твердого тела вокруг неподвижной точки) и общий случай движения свободного твердого тела.

Объем - 2 часа.

5.1.6. Сложное движение твердого тела.

Объем - 2 часа.

5.1.7. Предмет динамики и статики. Законы механики Галилея-Ньютона. Связи и реакции связей. Системы сил.

Объем - 1 час.

5.1.8. Моменты силы относительно точки и оси. Теория пар сил.

Объем - 2 часа.

5.1.9. Аналитические условия и уравнения равновесия произвольной системы сил. Главный вектор и главный момент.

Объем - 2 часа.

5.1.10. Задачи динамики. Механическая система. Масса системы. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы.

Объем - 1 час.

5.1.11. Моменты инерции.

Объем - 1 час.

5.1.12. Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.

Объем - 2 часа.

5.1.13. Аналитические связи и их уравнения. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.

Объем - 2 часа.

5.1.14. Центр тяжести твердого тела и его координаты. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении количества движения.

Объем - 2 часа.

5.1.15. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы. Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии. Понятие о силовом поле.

Объем - 3 часа.

5.1.16. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента. Явление удара. Теорема об изменении кинетического момента механической системы при ударе.

Объем - 2 часа.

5.1.17. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Относительное движение материальной точки. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной точки. Элементарная теория гироскопа.

Объем - 1 час.

5.1.18. Обобщенные координаты системы. Уравнения Лагранжа второго рода. Принцип Гамильтона-Остроградского.

Объем - 2 часа.

5.1.19. Малые колебания. Понятие об устойчивости положения равновесия.

Объем - 1 час.

5.1.20. Свободные прямолинейные колебания материальной точки. Малые свободные колебания механической системы с двумя (или  $n$ ) степенями свободы и их свойства, собственные частоты и коэффициенты формы.

Объем - 2 часа.

## **5.2. Теория механизмов и машин**

5.2.21. Основные цели, понятия и задачи теории механизмов и машин. Основные этапы проектирования, характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам.

Объем - 2 час.

5.2.22. Структурный анализ и синтез механизмов.

Объем - 4 часа.

5.2.23. Кинематический анализ и синтез рычажных механизмов.

Объем - 2 час.

5.2.24. Методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ. Синтез механизмов по методу приближения функций. Синтез по положениям звеньев. Синтез передаточных механизмов. Синтез по положениям звеньев. Синтез направляющих механизмов.

Объем - 4 часа.

5.2.25. Динамический анализ и синтез механизмов с жесткими звеньями. Линейные уравнения движения в механизмах. Нелинейные уравнения движения в механизмах.

Объем - 6 часов.

5.2.26. Кинематический анализ и синтез кулачковых механизмов.

Объем - 2 часа.

5.2.27. Кинематический анализ и синтез механизмов передач.

Объем - 6 часов.

5.2.28. Колебания в механизмах. Колебания в рычажных и кулачковых механизмах. Вибрационные транспортеры. Вибрация. Динамическое гашение колебаний.

Объем - 6 часов

5.2.29. Динамика приводов: электропривод, гидропривод, пневмопривод механизмов. Выбор типа приводов.

Объем - 4 часа.

### **5.3. Сопротивление материалов**

5.3.30. Основные задачи и понятия курса сопротивления материалов. Гипотезы механики материалов и конструкций. Внешние силы. Метод сечений. Напряжения. Деформации. Перемещения.

Объем - 1 час.

5.3.31. Центральное растяжение и сжатие. Внутренние усилия. Напряжения. Закон парности касательных напряжений. Условие прочности. Деформации и перемещения. Закон Гука. Закон Пуассона. Потенциальная энергия деформаций.

Объем - 1 час.

5.3.32. Опытное изучение свойств материала. Диаграммы растяжения и сжатия. Основные механические характеристики материала. Явление наклепа. Влияние времени на деформацию. Упругое и пластическое последствие. Ползучесть. Релаксация. Коэффициент запаса прочности. Выбор допускаемых напряжений.

Объем - 1 час.

5.3.33. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела. Понятие о напряженном состоянии материала. Виды напряженного состояния. Главные напряжения. Плоское напряженное состояние. Главные площадки. Зависимость между деформациями и напряжениями при сложном напряженном состоянии материала (обобщенный закон Гука).

Объем - 1 час.

5.3.34. Расчет по теории прочности. Назначение теорий прочности. Первая, вторая, третья и четвертая теории прочности. Теория Мора.

Объем - 1 час.

5.3.35. Сдвиг. Внутренние усилия. Напряжения. Деформации. Закон Гука. Потенциальная энергия. Практические расчеты на сдвиг.

Объем - 1 час.

5.3.36. Геометрические характеристики сечения. Площадь сечения. Статический момент сечения. Моменты инерции сечения. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей. Моменты инерции простых сечений. Главные оси и главные моменты. Радиус инерции.

Объем - 2 часа.

5.3.37. Кручение. Внутренние усилия. Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения и деформации в стержнях круглого поперечного сечения. Условие прочности и жесткости при кручении сплошных и полых валов. Рациональные формы сечений. Потенциальная энергия деформаций.

Объем - 2 часа.

5.3.38. Прямой поперечный изгиб. Общие понятия о деформациях изгиба. Типы опор балок. Опорные реакции. Внутренние усилия. Правило знаков для изгибающих моментов и поперечных сил. Зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил.

Объем - 2 часа.

5.3.39. Напряжения при чистом изгибе. Касательные напряжения (без вывода). Условие прочности. Рациональные формы сечения балок.

Объем - 2 часа.

5.3.40. Изгиб. Деформации. Дифференциальное уравнение изогнутой оси и его интегрирование. Метод начальных параметров (универсальные уравнения изогнутой оси). Потенциальная энергия деформаций.

Объем - 2 часа.

5.3.41. Сложное сопротивление:

5.3.41.1. Косой изгиб. Напряжение. Нейтральная ось. Условие прочности. Деформации.

5.3.41.2. Внецентренное растяжение (сжатие). Напряжение. Нейтральная ось. Условие прочности. Ядро сечения. Элементы рационального проектирования простейших систем.

5.3.41.3. Кручение с изгибом. Расчет вала.

Объем - 4 часа.

5.3.42. Расчет статически определимых стержневых систем. Расчет рам. Расчет статически неопределимых стержневых систем. Метод сил.

Объем - 2 часа.

5.3.43. Устойчивость стержней. Расчет сжатых стержней на устойчивость. Устойчивые и неустойчивые формы равновесия. Формула Эйлера для критической силы. Влияние способа закрепления концов стержня на критическую силу. Пределы применимости формулы Эйлера. Эмпирические формулы для определения критических напряжений. Практическая формула для расчета на устойчивость. Рациональные формы сечений сжатых стержней. Устойчивость труб и оболочек при наружном давлении. Продольно-поперечный изгиб.

Объем - 2 часа.

5.3.44. Расчет на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени (расчет на усталость). Основные определения. Циклы напряжений. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел выносливости. Факторы, влияющие на предел выносливости. Практические меры повышения сопротивления усталости. Определение коэффициента запаса прочности. Динамические нагрузки. Расчет движущихся с ускорением элементов конструкции. Учет сил инерции. Ударные нагрузки. Расчет на удар.

Объем - 2 часа.

#### **5.4. Детали машин и основы конструирования**

5.4.45. Классификация механизмов, узлов и деталей. Основы проектирования механизмов, стадии разработки. Требования к деталям, основные критерии работоспособности, надежности и расчета деталей машин и влияющие на них факторы.

Объем - 2 часа.

5.4.46. Механические передачи. Классификация передач и их назначение: зубчатые, червячные, планетарные, волновые, рычажные, фрикционные, ременные, цепные, передачи винт-гайка. Оценка их применения. Основные силовые и кинематические соотношения. Расчет передач на прочность.

Объем - 2 часа.

5.4.47. Детали, обслуживающие вращательное движение. Валы и оси. Расчеты на прочность и жесткость. Опоры: подшипники скольжения и качения выбор и расчеты на прочность и жесткость. Уплотнительные устройства и конструкции подшипниковых узлов. Упругие элементы. Муфты механических приводов, их назначение и расчет.

Объем - 2 часа.

5.4.48. Соединения деталей. Неразъемные соединения: заклепочные, сварные, паяные, клеевые, соединения с натягом. Конструкции и расчеты неразъемных соединений на прочность.

Объем - 2 часа.

5.4.49. Соединения деталей. Разъемные соединения: резьбовые, шпоночные, зубчатые, штифтовые, клеммовые, профильные. Конструкции и расчеты разъемных соединений на прочность. Корпусные детали.

Объем - 2 часа.

### **5.5. Содержание разделов дисциплины (практические занятия)**

Цель практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

#### **5.5.1. Теоретическая механика**

5.5.1. Кинематика точки.

Объем - 2 часа.

5.5.2. Сложное движение точки.

Объем - 2 часа.

5.5.3. Плоское движение твердого тела.

Объем - 2 часа.

5.5.4. Плоская и пространственная системы сил.

Объем - 2 часа.

5.5.5. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы.

Объем - 2 часа.

5.5.6. Теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения.

Объем - 2 часа.

5.5.7. Теорема об изменении кинетической энергии, теорема об изменении кинетического момента.

Объем - 2 часа.

5.5.8. Принцип Даламбера, принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.

Объем - 2 часа.

5.5.9. Уравнение Лагранжа II рода.

Объем - 2 часа.

#### **5.5.2. Теория механизмов и машин**

5.5.10. Функция положения механизмов. Передаточные функции. Планы механизмов.

Объем - 2 часа.

5.5.11. Аналитический метод кинематического исследования рычажных механизмов.

Объем - 2 часа.

5.5.12. Методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ.

Объем - 2 часа.

5.5.13. Кинематика многоступенчатых зубчатых передач.

Объем - 2 часа.

5.5.14. Кинетостатика рычажных механизмов с применением ЭВМ.

Объем - 2 часа.

5.5.15. Приведение масс и сил. Уравнение движения машинного агрегата.

Объем - 2 часа.

5.5.16. Уравновешивание сил инерции в механизмах.

Объем - 2 часа.

5.5.17. Уравнения движения машинного агрегата с учетом характеристик двигателя. Динамические ошибки.

Объем - 2 часа.

5.5.18. Переходные процессы в машинах.

Объем - 2 часа.

#### **5.5.3. Сопротивление материалов**

5.5.19. Геометрические характеристики плоских сечений.

- Объем – 2 часа.
- 5.5.20. Осевое растяжение (сжатие). Расчет по несущей способности. Построение эпюр продольных сил.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.21. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр Q и M.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.22. Расчет валов на прочность и жесткость.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.23. Расчет на устойчивость.
- Объем – 2 час.
- 5.5.4. Детали машин**
- 5.5.24. Выбор электродвигателя. Кинематические расчеты. Определение вращающих моментов на валах.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.25. Прочно-плотные резьбовые соединения. Расчет.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.26. Сварные и заклепочные соединения. Расчет.
- Объем – 2 часа.
- 5.5.27. Подбор подшипников качения. Статическая и динамическая грузоподъемность.
- Объем – 2 часа.
- 5.6. Содержание разделов дисциплины (лабораторные работы)**
- 5.6.1. Теория механизмов и машин**
- 5.6.1. Основные виды механизмов.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.2. Составление структурных и кинематических схем механизмов. Структурный анализ механизмов.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.3. Кинематика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.4. Синтез рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.5. Профилирование кулачка по заданному закону движения толкателя.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.6. Нарезание зубчатых колес методом обкатки.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.7. Кинематика зубчатых передач.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.8. Кинетостатика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.9. Определение приведенного момента инерции рычажных механизмов.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.2. Сопротивление материалов**
- 5.6.10. Испытание конструкционных материалов при осевом растяжении.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.11. Определение основных механических характеристик различных материалов при сжатии.
- Объем - 2 часа.
- 5.6.12. Исследование сопротивления сдвигу различных материалов.
- Объем - 2 часа.

- 5.6.13. Определение характеристик пружин растяжения.  
Объем - 2 часа.
- 5.6.3. Детали машин**
- 5.6.14. Конструкции зубчатых передач.  
Объем - 2 часа.
- 5.6.15. Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи.  
Объем - 2 часа.
- 5.6.16. Изучение подшипников качения и их узлов.  
Объем - 2 часа.
- 5.6.17. Изучение конструкции редукторов.  
Объем - 2 часа.
- 5.6.18. Определение КПД редукторов.  
Объем - 2 часа.

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Целью самостоятельной работы является закрепление полученных теоретических и практических знаний по курсу механики, выработка навыков самостоятельной работы и умение применять полученные знания.

Видами самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины являются освоение и проработка тем лекционного материала, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение и подготовка к защите расчетно-графических и лабораторных работ, выполнение и защита курсового проекта, подготовка к зачету и экзаменам.

### 6.1. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы проводятся с целью практической проработки разделов дисциплины, что способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, развивает творческую инициативу и самостоятельность, повышает интерес к изучению дисциплины и прививает навыки научно-исследовательской работы.

Подготовка к защите расчетно-графических работ и домашних заданий осуществляется каждым студентом самостоятельно и включает проработку разделов лекционного материала, охватывающего тему данной работы, выполнение РГР и оформление пояснительной записки в соответствии с требованиями. Пояснительная записка оформляется на листах белой бумаги форматом А 4 и включает следующие разделы: титульный лист, задание, решение задач и пояснения к ним, содержащие необходимые уравнения, выводы соответствующих зависимостей, теоремы и расчеты, сопровождаемые требуемыми графическими иллюстрациями. При выполнении пояснительной записки допускается использование ПЭВМ.

Расчетно-графические работы, оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований, не рассматриваются и не засчитываются.

### 6.2. Тематика расчетно-графических работ

Расчетно-графические работы по дисциплине выполняются каждым студентом в рамках самостоятельной работы по следующим темам:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Форма самостоятельной работы Расчетно-графические работы. Домашние задания.	Трудоемкость в часах
1	Раздел 1 «Кинематика»	К-1. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки по заданным уравнениям ее движения. К-2. Определение скоростей и ускорений точек	1,0 1,0

		<p>твёрдого тела при поступательном и вращательном движениях.</p> <p>К-3. Кинематический анализ плоского механизма.</p> <p>К-4. Определение скоростей точек при плоском движении.</p> <p>К-9. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного переносного движения.</p> <p>К-10. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае вращательного переносного движения.</p>	<p>1,0</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p>
2	Раздел 2 «Элементы статики»	<p>С-1.1.Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и графическим методом.</p> <p>С-1.2 Определение реакций опор в системе сходящихся сил.</p> <p>С-2 Определение реакций опор твёрдого тела (плоская система сил.)</p> <p>С-3.Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел).</p> <p>С-7. Определение реакций опор твёрдого тела (пространственная система сил.)</p>	<p>1,0</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p>
3	Раздел 3 «Динамика»	<p>Д-1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил.</p> <p>Д-10. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы.</p> <p>Д-19. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы с одной степенью свободы.</p>	<p>1,0</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p>
4	Раздел 4 «Механизмы с низшими кинематическими парами».	<p>Структура механизмов.</p> <p>Кинематика рычажных механизмов.</p> <p>Кинестатика рычажных механизмов.</p>	<p>2,0</p> <p>2,0</p> <p>2,0</p>
5	Раздел 5 «Механизмы с высшими кинематическими парами».	<p>Многоступенчатые зубчатые передачи.</p>	<p>2,0</p>
6	Раздел 6 «Сопротивление материалов»	<p>Расчет сжатых стержней на устойчивость.</p>	<p>2,0</p>

### 6.3 Требования к защите расчетно-графических работ и курсового проекта

При защите расчетно-графических работ и курсового проекта студент должен уметь:

- четко сформулировать поставленную задачу (что дано, что требуется найти);
- объяснить каким методом пользовался при решении задачи (сформулировать его, указать основные свойства, область применимости);
- знать основные используемые формулы и определения;

- рассказать последовательность решения задачи (общий план и особенности варианта);
- объяснить полученный результат (если требуется провести его анализ);
- отвечать на дополнительные вопросы по теме расчетно-графической работы;
- отстаивать свою точку зрения при объяснении.

#### **6.4. Курсовой проект (40 часов)**

Основной целью выполнения курсового проекта является углубление основных понятий и положений механики в рамках читаемого курса. Основная задача курсового проекта - развитие у студента способности и навыков применения теоретических положений курса к решению прикладных задач и подготовка студента к усвоению материала профилирующих курсов.

Курсовой проект выполняется на тему «Кинематическое и кинетостатическое исследование исполнительного механизма. Расчет редуктора» включает 3 листа чертежей формата А-1 с необходимыми графическими построениями; пояснительную записку с необходимыми вычислениями, алгоритмы и расчеты на ЭВМ.

Содержание графической части курсового проекта:

Лист 1- «Кинематическое исследование исполнительного механизма».

Лист 2 – «Кинетостатическое исследование исполнительного механизма».

Лист 3 – «Расчет редуктора».

Аналитическая часть представляется в виде пояснительной записки и состоит из следующих разделов:

1. Задание.
2. Введение.
3. Структурный анализ механизма.
4. Кинематическое исследование исполнительного механизма методом планов и аналитическим методом, расчет на ПЭВМ.
5. Определение значений и направлений силовых факторов, действующих на звенья исполнительного механизма.
6. Кинетостатический анализ исполнительного механизма методом планов.
7. Силовой расчет с использованием теоремы Жуковского.
8. Выбор электродвигателя. Кинематические расчеты, Определение вращающих моментов на валах привода.
9. Расчет зубчатых колес передачи.
10. Проектный (ориентировочный) расчет валов.
11. Подбор подшипников. Смазка. Подбор муфт. Расчет деталей корпуса. Расчет прочности шпоночного соединения. Уточненный расчет валов.

#### **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента, а также следующие интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации.

В учебном процессе, помимо чтения лекций и проведения практических и лабораторных занятий, на которых решаются задачи по конкретной тематике (в том числе рассматриваются расчетно-графические работы и курсовое проектирование), проводится подготовка докладов по углубленному анализу сложных разделов или задач механики, решение задач олимпиадного типа, что способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

#### **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Формой текущего контроля по дисциплине механика является проведение контрольных работ по соответствующим разделам курса, проведение тестирования, коллоквиумов, защита расчетно-графических и курсовых работ.

Формой итогового контроля по теоретической механике и по теории механизмов и машин является экзамен, по сопротивлению материалов и деталям машин – зачет и защита курсового проекта. Студенты допускаются до экзамена только после выполнения и защиты всех видов самостоятельной работы, предусмотренных рабочей программой.

## **8.1 Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний**

### **8.1.1. Контрольные работы**

#### **Раздел «теоретическая механика»**

8.1.1. Контрольная работа N 1 по разделу «Кинематика». Защита расчетно-графических работ К1, К2, К3, К7.

8.1.2. Контрольная работа N 2 по разделу «Статика». Защита расчетно-графической работы С3.

8.1.3. Контрольная работа N 3 по разделу "Динамика". Защита расчетно-графических работ Д1, Д10, Д19.

#### **Раздел «теория механизмов и машин»**

8.1.4. Контрольная работа N 1 по разделу "Структура механизмов". Защита расчетно-графических работ.

8.1.5. Контрольная работа N 2 по разделу "Кинематика рычажных механизмов". Защита расчетно-графических работ.

8.1.6. Контрольная работа N 3 по разделу "Кинестатика рычажных механизмов". Защита расчетно-графических работ.

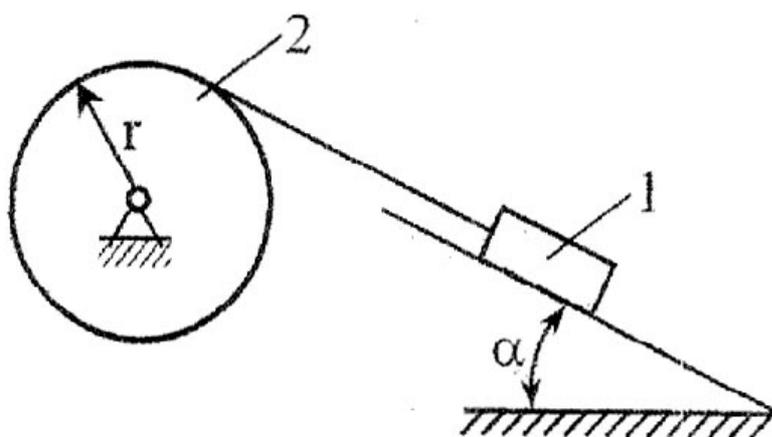
#### **Раздел «сопротивление материалов»**

8.1.7. Контрольная работа на тему «Расчет вала на статическую прочность»

### **8.2 Тестирование по темам:**

РАЗДЕЛ 1	Тест 1 «Основные понятия статики». Тест 2 «Аксиомы статики». Тест 3 «Связи и реакции связей».
РАЗДЕЛ 1	Тест 4 «Система сходящихся сил».
РАЗДЕЛ 1	Тест 5 «Плоская система сил».
РАЗДЕЛ 1	Тест 6 «Пространственная система сил».
РАЗДЕЛ 1	Тест 7 «Приведение пространственной системы сил к простейшему виду».
РАЗДЕЛ 2	Тест 8 «Кинематика точки».
РАЗДЕЛ 2	Тест 9 «Простейшие движения абсолютно твердого тела».
РАЗДЕЛ 2	Тест 10 «Плоское движение абсолютно твердого тела».
РАЗДЕЛ 2	Тест 11 «Сложное движение точки».
РАЗДЕЛ 3	Тест 12 «Динамика материальной точки».
РАЗДЕЛ 3	Тест 13 «Динамика механической системы».
РАЗДЕЛ 4	Тест 1 «Структура механизмов».
РАЗДЕЛ 4	Тест 2 «Кинематика механизмов».
РАЗДЕЛ 4	Тест 3 «Динамика механизмов»
РАЗДЕЛ 5	Тест 4 «Зубчатые передачи».
РАЗДЕЛ 5	Тест 5 «Кулачковые механизмы».
РАЗДЕЛ 6	Тест 1 «Осевое растяжение (сжатие)
РАЗДЕЛ 6	Тест 2 «Кручение. Проектный расчет (определение диаметра вала из расчета на прочность и жесткость)
РАЗДЕЛ 6	Тест 3 «Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр Q и M»
РАЗДЕЛ 8	Тест 1 «Определение вращающих моментов на валах привода»
РАЗДЕЛ 9	Тест 2 «Подшипники качения. Расшифровка»
РАЗДЕЛ 9	Тест 3 «Выбор муфт по коэффициенту режима работы машины»
РАЗДЕЛ 10	Тест 4 «Расчет сварного соединения»
РАЗДЕЛ 10	Тест 5 «Расчет болтового соединения»

### 8.3 Пример теста по теме «Динамика механической системы»



Груз 1 весом  $P$  посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом  $2P$  радиуса  $r$ . Коэффициент трения скольжения груза 1 –  $f$ . Блок 2 – однородный цилиндр. Трением, на оси блока пренебречь. Угол наклона плоскости движения груза к горизонту –  $\alpha$ . В начальный момент система находилась в состоянии покоя.

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ БЛОКА	1	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2r$
		2	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2r$
		3	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/r$
		4	$\omega = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2r$
2	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ	1	$Q = P(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2$
		2	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
		3	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t$
		4	$Q = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
3	ВЕРТИКАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ДАВЛЕНИЯ БЛОКА НА ОПОРУ O	1	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$N_B = 3P - P\cos^2\alpha$
		3	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\cos\alpha/2$
		4	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\sin\alpha/2$
4	ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К БЛОКУ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ O	1	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$M_2 = Pr(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$
		3	$M_2 = 0$
		4	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
5	КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СИСТЕМЫ В ФУНКЦИИ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ S ГРУЗА ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$T = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)$
		2	$T = PS(1 - f)$
		3	$T = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		4	$T = 3PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
6	РАБОТУ, ЗАТРАЧЕННУЮ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА S ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		2	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$A_1 = PS\cos\alpha$
		4	$A_1 = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$

### 8.4 Контрольные вопросы к практическим занятиям, к защите расчетно-графических работ (примеры):

а) по теоретической механике:

Тема: Плоская система сил. Условия и уравнения равновесия. Пространственная система сил. Условия и уравнения равновесия.

1. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?
2. Что такое моментная точка?
3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса? Правило знаков.
5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
6. Какая система сил называется парой сил?
7. Что такое момент пары?
8. Что называется плечом пары?
9. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?
10. Почему пара сил не имеет равнодействующей?
11. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?
12. Как направлен вектор момента пары сил?
13. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?
14. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?
15. Какие пары сил называются эквивалентными?
16. Что называется результирующей парой?
17. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.
18. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.
19. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия?
20. Дайте определение момента силы относительно оси и укажите способы его нахождения.
21. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
22. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.
23. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.

### **8.5 Примерные вопросы к экзамену по теоретической механике**

#### **1. КИНЕМАТИКА**

1. Основные понятия и определения кинематики.
2. Способы задания движения точки.
3. Скорость и ускорение точки при задании ее движения векторным способом.
4. Скорость и ускорение точки при задании ее движения естественным способом.
5. Скорость и ускорение точки при задании ее движения в декартовых координатах.
6. Частные случаи описания движения твердого тела.
7. Поступательное движение твердого тела. Уравнения движения. Свойства поступательного движения. Вращательное движение и его характеристики.
8. Линейная скорость и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Формула Эйлера.
9. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Способы передачи вращательного движения.
10. Понятие абсолютного, относительного и переносного движения. Теорема сложения скоростей. Теорема сложения ускорений при поступательном переносном движении.
11. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Определение направления кориолисова ускорения.
12. Плоскопараллельное движение. Уравнение движения плоской фигуры.

13. Определение скорости любой точки плоской фигуры как геометрической суммы скорости полюса и скорости этой точки при вращении фигуры вокруг полюса. Мгновенный центр скоростей.

14. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.

15. Углы Эйлера. Уравнения вращения твердого тела вокруг неподвижной точки.

16. Теорема о конечном перемещении твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения.

17. Угловая скорость и угловое ускорение при вращении тела вокруг неподвижной точки.

18. Линейные скорости и ускорения тела при сферическом движении.

## 2. СТАТИКА

1. Основные понятия и определения статики: понятие абсолютно твердого тела, материальной точки, силы и системы сил.

2. Аксиомы статики.

3. Связи и реакции связей.

4. Приведение системы сходящихся сил к равнодействующей.

5. Условия равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.

6. Теорема о трех непараллельных силах.

7. Расчет усилий в стержнях способом Риттера..

8. Расчет фермы способом вырезания узлов.

9. Момент силы относительно точки. Вектор момента силы.

10. Понятие пары сил. Теорема о моменте пары. Момент пары как вектор.

11. Теорема о переносе пары сил в ее плоскости и об эквивалентности двух пар.

12. Сложение пар сил, лежащих в одной плоскости. Условие равновесия плоской системы пар.

13. Теорема о переносе пары сил в параллельную плоскость.

14. Сложение пар сил в пространстве. Условие равновесия пространственной системы пар сил.

15. Приведение плоской системы сил к простейшему виду методом Пуансо.

16. Приведение плоской системы сил к одной силе - равнодействующей.

17. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.

18. Частные случаи приведения плоской системы сил.

19. Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие системы параллельных сил.

20. Различные формы уравнений равновесия плоской системы сил.

21. Трение. Равновесие при наличии трения скольжения. Угол и конус трения.

22. Трение качения.

23. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси.

24. Зависимость между моментами силы относительно оси и относительно точки на оси.

25. Приведение пространственной системы к простейшему виду. Главный вектор и главный момент.

26. Изменение главного момента при перемене центра приведения. Инварианты системы сил.

27. Случай приведения пространственной системы к одной паре.

28. Приведение пространственной системы сил к одной силе - равнодействующей.

29. Приведение системы сил к динамическому винту.

30. Условие равновесия произвольной пространственной системы сил.

31. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.

32. Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Центр параллельных сил.

33. Центр тяжести тела, объема, площади, линии.

34. Аналитический способ определения положения центра системы параллельных сил.

### 3. ДИНАМИКА

1. Введение в динамику. Предмет динамики. Пространство, время в законах Ньютона. Инерциальная система отсчета. Задачи динамики.

2. Основные законы динамики. Классификация систем сил. Две основные задачи динамики точки. Алгоритм решения первой и второй задач динамики точки.

3. Дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной материальной точки.

4. Введение в динамику механической системы. Понятие механической системы. Силы внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Масса системы.

5. Моменты инерции (полярный, осевой, плоскостные) и их взаимосвязь. Радиус инерции. Центробежные моменты инерции. Главная ось инерции. Момент инерции относительно произвольной оси. Эллипсоид инерции.

6. Теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.

7. Примеры вычисления моментов инерции тонкого однородного стержня, кольца, сплошного однородного диска (цилиндра), полого цилиндра (кольца).

8. Центр масс механической системы. Центр масс однородных тел. Вывод теоремы о движении центра масс. Дифференциальные уравнения движения центра масс. Закон сохранения движения центра масс.

9. Количество движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения механической системы (в дифференциальной форме). Закон сохранения количества движения механической системы.

10. Элементарный импульс силы. Импульс силы за определенный промежуток времени. Теорема импульсов. Закон сохранения импульса.

11. Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении.

12. Элементарная работа силы. Работа силы на конечном перемещении.

13. Работа силы тяжести, работа силы упругости.

14. Работа и мощность сил, приложенных к твердому телу при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.

15. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы (дифференциальный и интегральный вид).

16. Потенциальное силовое поле и его свойства. Потенциальная функция. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.

17. Алгоритм решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемой системы.

18. Момент количества движения точки. Главный момент количества движения системы относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента.

19. Закон сохранения кинетического момента. Главный момент количества движения вращающегося тела относительно оси вращения. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.

20. Динамика простейших движений твердого тела: дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.

21. Принцип Даламбера для точки и механической системы. Определение главного вектора и главного момента сил инерции при различных движениях твердого тела.

22. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.

23. Классификация связей. Уравнение связей. Перемещения возможные и действительные. Вариация и дифференциал.

24. Работа силы на возможном перемещении. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Примеры определения реакций связей.
25. Принцип Даламбера – Лагранжа. Общее уравнение динамики. Алгоритм решения задач.

#### **8.6 Примерные вопросы к экзамену по теории механизмов и машин:**

1. Задачи и методы ТММ, связь с другими дисциплинами.
2. Структура механизмов. Основные понятия и определения.
3. Классификация кинематических пар.
4. Степени свободы (подвижности механизмов).
5. Основные виды механизмов (рычажные, кулачковые, зубчатые).
6. Избыточные связи и подвижности.
7. Замена высших кинематических пар низшими.
8. Структурные и кинематические схемы, понятие масштабного коэффициента.
9. Планы положений рычажных механизмов. Определение "крайних" положений.
10. Задачи и методы кинематического анализа.
11. Исследование кинематики рычажных механизмов методом планов.
12. Кинематическое исследование рычажных механизмов аналитическим методом.
13. Основное и дополнительные условия синтеза рычажных механизмов. Классификация задач синтеза рычажных механизмов.
14. Функция отклонений. Функциональные возможности рычажных механизмов.
15. Классификация методов синтеза рычажных механизмов.
16. Методы: интерполирования, квадратичного приближения, наилучшего приближения.
17. Оптимизационный синтез рычажных механизмов.
18. Кинематическое исследование кулачковых механизмов графическим методом.
19. Классификация сил, действующих в машине.
20. Учет действия сил инерции.
21. Реакции в кинематических парах механизма.
22. Задачи и методы кинетостатического исследования рычажных механизмов.
23. Принцип Даламбера-Лагранжа. Рычаг Жуковского.
24. Кинематика зубчатых передач с неподвижными осями.
25. Многоступенчатые зубчатые передачи.
26. Основной закон зацепления. Теорема Виллиса. Основная теорема о соотношении скоростей звеньев.
27. Зубчато-рычажные передачи.
28. Выбор типа планетарного редуктора.
29. Кинематика планетарных передач. Формула Виллиса.
30. Геометрический синтез планетарных передач.
31. Методы изготовления зубчатых колес.
32. Коррегирование зубчатых колес. Наименьшее число зубьев.
33. Кинематический анализ и синтез кулачковых механизмов. Законы движения кулачковых механизмов.
34. Угол давления, передачи, подъема профиля кулачковых механизмов.
35. Природа и виды трения.
36. Трение скольжения, трение качения.
37. Критерии качественной оценки работы механизмов и машин.
38. КПД механизмов. Коэффициент потерь.
39. КПД сложных механизмов.
40. Причины и последствия неуравновешенности вращающихся звеньев механизмов.
41. Виды неуравновешенности роторов.
42. Теоретическое уравновешивание роторов.
43. Экспериментальное уравновешивание роторов.

44. Динамические модели машин и механизмов. Динамические модели двигателей.
45. Динамические характеристики механизмов с жесткими звеньями.
46. Динамика машинного агрегата с жесткими звеньями:
- уравнения движения машины; режимы движения машины;
  - определение средней угловой скорости установившегося движения;
  - определение динамических ошибок;
  - влияние неравномерности движения на потери энергии в двигателе;
  - динамические нагрузки в передаточном механизме;
  - способы уменьшения динамических ошибок и динамических нагрузок при установившемся движении машины;
  - влияние постоянной времени двигателя на установившееся движение машины;
  - разбег машины, влияние характеристики двигателя на разбег машины;
  - торможение машины.
47. Колебания в механизмах. Колебания в рычажных и кулачковых механизмах. Вибрационные транспортеры. Вибрация. Динамическое гашение колебаний.
50. Динамика приводов: электропривод, гидропривод, пневмопривод механизмов. Выбор типа приводов.

### **8.7 Примерные вопросы к зачету по сопротивлению материалов и деталям машин:**

1. Основные задачи сопротивления материалов.
2. Основные гипотезы сопротивления материалов.
3. Внешние силы.
4. Метод сечений.
5. Напряжение: полное, нормальное, касательное. Условие прочности.
6. Деформации. Перемещения. Условие жесткости.
7. Осевое растяжение. Определение внутренних усилий. Построение эпюр продольных сил.
8. Осевое растяжение. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Условие прочности.
9. Осевое растяжение. Закон парности касательных напряжений.
10. Деформации. Перемещения. Закон Гука. Закон Пуассона.
11. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.
12. Механические характеристики материала.
13. Диаграммы сжатия.
14. Коэффициент запаса прочности. Выбор допускаемых напряжений.
15. Понятие о напряженном состоянии. Виды напряженного состояния.
16. Главные площадки. Главные напряжения.
17. Зависимость между деформациями и напряжениями при плоском и объемном напряженных состояниях (обобщенный закон Гука).
18. Назначение теорий прочности. Третья и четвертая теории прочности.
19. Сдвиг. Внутренние усилия, напряжения, деформации. Закон Гука.
20. Практические расчеты на сдвиг. Расчет заклепочных, болтовых, сварных соединений.
21. Геометрические характеристики плоских сечений. Основные понятия.
22. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей.
23. Моменты инерции простых сечений.
24. Главные оси инерции и главные моменты инерции. Радиус инерции.
25. Кручение. Построение эпюр моментов крутящих.
26. Кручение. Напряжения.
27. Кручение. Деформации.
28. Связь между моментом вращающим, мощностью, числом оборотов.
29. Расчет сплошных и полых валов на прочность и жесткость.
30. Рациональная форма сечения вала.

31. Прямой поперечный изгиб. Основные понятия.
32. Прямой поперечный изгиб. Опоры. Опорные реакции.
33. Прямой поперечный изгиб. Внутренние усилия.
34. Правило знаков для момента изгибающего и поперечной силы.
35. Построение эпюр моментов изгибающих и поперечных сил.
36. Напряжения при чистом изгибе.
37. Условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе.
38. Влияние способа закрепления на величину критической силы.
39. Пределы применимости формулы Эйлера.
40. Эмпирические формулы определения критических напряжений.
41. Практическая формула для расчета на устойчивость.
42. Рациональные формы сечений сжатых стержней.
43. Основные понятия об усталостном разрушении.
44. Циклы напряжений.
45. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел выносливости.
46. Факторы, влияющие на предел выносливости.
47. Практические меры повышения сопротивления усталости.
48. Классификация машин.
49. Основные требования к машинам и деталям машин.
50. Краткие сведения о стандартизации и взаимозаменяемости деталей машин.
51. Передачи вращательного движения. Классификация передач и их назначение.
52. Кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах.
53. Валы и оси. Конструктивные формы осей и валов.
54. Назначение и классификация муфт.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

### **«Теоретическая механика»**

#### **а) основная литература:**

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. - 730 с.: (и предыдущие издания).
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006 – 416с. (и предыдущие издания).
3. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2002. - 765 с.: (и предыдущие издания).

#### **«Теория механизмов и машин»:**

1. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ М.З.Коловский (и др.). – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 765с.
2. Теория механизмов и машин: учеб.: рек. Мин. обр. РФ/К.В.Фролов (и др.); под ред. К.В.Фролова. – 5-е изд., стер., - М.: Высш. шк., 2005. – 496с.: а-рис.
3. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ А.И.Смелягин. – М.: ИНФА\_М; Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн.ун-та, 2003. – 263с.:а-рис.

#### **«Сопротивление материалов»:**

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебн.: рек.УМО / М.Х.Ахметзянов, П.В.Гресс, и.Б.Лазарев; под ред. М.Х.Ахметзянова. – М.: Высш. Шк., 2007. – 335 с.
2. Макаров Е.Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов: учебное пособие: рек. УМО: в 2 кн. – (Для высших учебных заведений). Кн. 1 : Основной курс. – 2009. – 407 с.
3. Степин П.А. Сопротивление материалов.: учебн. СПб.: Лань, 2010. 320 с.
4. Сопротивление материалов: учебн: рек. УМО / Г.Д.Межейцкий (и др.).М.: Дашков и К, 2007. – 416 с.
5. Сопротивление материалов: учебн. пособие: рек. Мин. Обр. РФ / Н.А.Костенко (и др.); ред. Н.А.Костенко. – М.: Высш. школа., 2007. – 488 с.

6. Сопротивление материалов: пособие по решению задач / И.Н.Миролюбов (и др.); - СПб.: Лань, 2009. – 508 с.

**«Детали машин»:**

1. Дунаев П.Ф. Детали машин курсовое проектирование: учеб. пособие: рек. Мин. Обр. РФ/ П.Ф.Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2004. 560 с.

2. Иванов М.Н. Детали машин: учеб.: рек. Мин.обр.РФ/ М.Н.Иванов.,В.А., Финогенов. – М.: Высшая школа, 2008. – 408 с.

3. Курмаз Л.В. Детали машин: Проектирование. Справочно-методическое пособие: учеб. пособие: 2-е изд. – М., Высш. школа, 2005. - 309с.

**б) дополнительная литература**

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие: Доп. Мин.обр. СССР / Ред. А.А. Яблонский/. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. - 382 с. (и предыдущие издания).

2. Диевский В.А. Теоретическая механика: сб.заданий: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2007. -192 с.

3. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. -320 с.

4. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособие: рек.. Мин.обр.РФ/ М.: Высш. шк. 2002. – 336 с.

5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2008. – 319с.

**«Теория механизмов и машин»:**

1. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учеб. пособие: рек. Мин. обр.РФ/ С.А.Попов, Г.А.Тимофеев,; ред. К.В.Фролов, - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 460с.: а-рис.

2. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учеб. пособие: рек. Мин. обр.РФ/ С.А.Попов, Г.А.Тимофеев,; ред. К.В.Фролов, - 5-е изд.,стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 456с.: а-ил.

3. Волков С.П. Техническая механика. Курсовое проектирование: учеб. пособие: рек. ДВ РУМЦ: в 2 ч./ С.П.Волков. Ч.1 – 2008. – 170с.: а-рис.

**«Сопротивление материалов»:**

1. Александров А.В. Сопротивление материалов: учеб: доп. Мин. обр.РФ/ А.В.Александров, В.Д.Потапов, Б.П.Державин; под ред. А.В.Александрова, - М.: Высш. шк., 2009. – 509 с.

2. Вольмир А.С. Сопротивление материалов: учеб: доп. Мин. обр. РФ / А.С.Вольмир, Ю.П.Григорьев, А.И. Станкевич; под ред. Д.И.Макаревского. – М.: Дрофа, 2007. – 592 с.

3. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: основы теории упругости , пластичности, ползучести и механики разрушения: учеб. пособие/М.Д.Подскребко, - Минск: Вышэйш. Шк., 2009. – 672 с.

**«Детали машин»:**

1. Клоков В.Г. Детали: учеб. пособие/ В.Г.Клоков – (Б.м.) : Изд-во Моск. Гос. Индустриального ун-та, 2006. – 75с.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный ресурс библиотеки АмГУ: <http://www.biblioclub.ru>

2. <http://www.lib.-> сайт, посвящённый проблемам механики.

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Механика»**

1. Модели рычажных и зубчатых механизмов.

2. Тесты по темам.

3. Учебные видеофильмы: "Динамика", "Основные виды механизмов", "Зубчатые передачи", "Статическое уравнивание механизмов", "Балансировка роторов

4. Программы расчета на ПЭВМ.

5. Плакаты по теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин.
6. Образцы изучаемых деталей и узлов.
7. Макеты и модели механизмов: рычажных, кулачковых, зубчатых, червячных, планетарных, дифференциальных, механизмов прерывистого движения (плоских и пространственных).
8. Лабораторные установки, мерительный инструмент.

## **2.1. ПЛАН – КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО МЕХАНИКЕ**

### **2.1.1 ПЛАН – КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ**

**Материалы для изучения раздела (модуля «Теоретическая механика») приведены в следующей литературе:**

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. -730 с.: (и предыдущие издания).

2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006 – 416с. (и предыдущие издания).

3. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2002. -765 с.: (и предыдущие издания).

4. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. -320 с.

5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2008. – 319с.

6. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: учеб. пособие. 44 изд., стер. Рек. Мин. обр. РФ – СПб. Лань, 2005. 448 с. (и предыдущие издания).

#### **ЛЕКЦИЯ 1.**

**Тема: Введение в кинематику. Кинематика точки.**

**Цель лекции:** Иметь представление о траектории, скорости и ускорении. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении кинематики точки. Знать способы задания движения точки. Знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, Знать, как определяется модуль и направление вектора скорости точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий средняя скорость и скорость в данный момент времени. Знать, как определяется модуль и направление вектора ускорения точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий среднее ускорение и ускорение в данный момент времени.

#### **План лекции:**

Предмет и значение теоретической механики в формировании инженера и ее место среди других естественных и технических наук. Краткий исторический очерк развития механики. Основные понятия: механическое движение, равновесие, пространство, время, системы отсчета. Состояние материальных объектов: покой, движение. Метод научной абстракции в теоретической механике. Модели материального объекта: материальная точка, абсолютно твердое тело, системы материальных точек, механическая система. Величины векторные и скалярные.

Предмет кинематики. Система отсчета. Разделы кинематики. Простое и сложное движение. Возможные варианты исходной информации о положении точки, применяемые в жизни и на производстве. Объединение всех возможных вариантов в три класса: векторный способ, координатный способ и естественный способ. Введение векторного способа исходной информации о движении точки. Сущность способа, цель введения. Переход от информации о положении точки к информации о движении точки. Уравнения движения. Вектор перемещения. Годограф радиус вектора. Понятие скорости точки (средняя скорость, скорость в данный момент времени). Скорость точки как векторная производная радиус-вектора по времени. Модуль и направление вектора скорости при векторном способе задания движения точки. Примеры определения скорости точки. Понятие ускорения точки (среднее ускорение, ускорение в данный момент времени). Уравнение траектории. Примеры определения траектории движения точки. Модуль и направление вектора скорости при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора скорости на оси декартовой системы координат. Модуль и направление вектора ускорения при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора ускорения на оси декартовой системы координат. Естественный способ задания движения точки. Дуговые координаты. Естественный трехгранник, орты естественного

трехгранника. Соприкасающаяся плоскость. Закон движения. Скорость точки при естественном способе задания движения точки. Годограф скорости. Ускорения точки при естественном способе задания движения точки. Касательное и нормальное ускорение точки. Понятие радиуса кривизны.

### **Ключевые вопросы**

1. В чем состоит сущность движения с позиций кинематики?
2. В чем выражается абсолютность пространства и времени?
3. Какие задачи изучаются в кинематике?
4. В чем различие между телом отсчета и системой отсчета?
5. Какие кинематические способы задания движения точки существуют, и в чем состоит каждый из этих способов?
6. Что называют траекторией движения точки?
7. Чем является траектория точки при векторном способе задания движения точки?
8. Что называется законом или уравнением движения точки по данной траектории?
9. Что называется перемещением точки за фиксированный промежуток времени?
10. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить ее траекторию?
11. Как направлена средняя скорость точки за некоторый промежуток времени?
12. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени, и какое направление он имеет?
13. Дайте определение среднего ускорения точки за некоторое время.
14. Как связан орт касательной к кривой с радиус-вектором движущейся точки?
15. Чему равна проекция скорости точки на касательную к ее траектории?
16. Как определяются проекции скорости точки на неподвижные оси декартовых координат?
17. Что представляет собой годограф скорости?
18. Какая существует зависимость между радиус-вектором движущейся точки и вектором скорости этой точки?
19. Какой вид имеет годограф скорости прямолинейного неравномерного движения и равномерного движения по кривой, не лежащей в одной плоскости?
20. Чему равен вектор ускорения точки и как он направлен по отношению к годографу скорости?
21. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
22. Приведите определения соприкасающейся, спрямляющей и нормальной плоскостей.
23. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
24. Что должно быть известно при естественном способе задания движения точки?
25. При каких условиях значение дуговой координаты точки в некоторый момент времени равно пути, пройденному точкой за промежуток от начального до данного момента времени?
26. Каковы модуль и направление вектора кривизны кривой в данной точке?
27. В какой плоскости расположено ускорение точки и чему равны его проекции на естественные координаты оси?
28. Что характеризует собой касательное и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
29. Что характеризует собой нормальное ускорение точки и как оно направлено по отношению к скорости точки?
30. При каком движении касательное ускорение точки равно нулю? При каком движении нормальное ускорение точки равно нулю?
31. Как классифицируются движения точки по ускорениям?
32. В какие моменты времени нормальное ускорение в криволинейном движении может обратиться в нуль?

33. Чем отличается график пути от графика движения точки?
34. Как по графику движения определить алгебраическое значение скорости точки в любой момент времени?
35. Что такое равнопеременное движение точки?
36. Что такое равноускоренное (равнозамедленное) движение точки?
37. Напишите формулу для определения касательного ускорения точки и укажите, в каких случаях оно равно нулю.
38. Можно ли утверждать в общем случае, что в те моменты, когда скорость точки равна нулю, ее ускорение также обязательно имеет нулевое значение?

## **ЛЕКЦИЯ 2.**

**Тема: Основы кинематики твердого тела. (Простейшие движения абсолютно твердого тела).**

**Цель лекции:** исследование простейшего движения абсолютно твердого тела. Знать, как выделить простейшие движения из множества движений абсолютно твердого тела. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении простейших движений.

### **План лекции:**

Поступательное движение: определение поступательного движения. Примеры поступательного прямолинейного движения. Примеры поступательного криволинейного движения. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях тела при поступательном движении - путь решения этой задачи. Вращение тела относительно неподвижной оси. Признаки вращательного движения. Характеристики вращательного движения тела угол поворота тела, угловая скорость и угловое ускорение, их среднее значение и значение в данный момент времени. Определение скорости любой точки. Формула Эйлера: ее модуль и направление. Эпюра скоростей точек одного радиуса. Эпюра скоростей точек кривошипа и определение угловой скорости кривошипа по скорости одной из его точек. Определение ускорений любой точки тела. Формула Ривальдса. Эпюра ускорений точек одного радиуса (эпюра ускорений точек кривошипа и определение угловой скорости и углового ускорения кривошипа по заданному ускорению одной из его точек). Формулы Пуассона, их физический смысл. Способы передачи вращательного движения. Передаточное отношение.

### **Ключевые вопросы**

1. Перечислите основные виды движений твердого тела.
2. Что определяет число степеней свободы твердого тела?
3. Какое движение твердого тела называется поступательным, и какими свойствами оно обладает?
4. Что собой представляют траектории отдельных точек при поступательном движении?
5. Запишите уравнения поступательного движения.
6. Почему при поступательном движении скорости и ускорения его точек не могут быть различными?
7. Какое движение твердого тела называется вращением вокруг неподвижной оси и как оно осуществляется?
8. Что такое ось вращения?
9. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси?
10. По каким формулам определяются модули угловой скорости и углового ускорения вращающегося твердого тела?
11. Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения при вращении тела вокруг неподвижной оси?
12. Выведите формулы модулей скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
13. При каких условиях ускорение точки вращающегося тела составляет с отрезком, соединяющим точку с центром описываемой ею окружности, углы  $0$ ,  $45$ ,  $90^\circ$ ?
14. Ускорения каких точек вращающегося тела:

- а) равны по модулю,
- б) совпадают по направлению,
- в) равны по модулю и совпадают по направлению?

15. Запишите в векторном виде выражения линейной скорости, касательного и нормального ускорений при вращательном движении?

16. Объясните, как направлен вектор скорости точки, вращающейся вокруг неподвижной оси?

17. Запишите формулу Эйлера. В чем ее физический смысл ?

18. Запишите формулу Ривальса. В чем ее физический смысл?

19. Что представляет собой передаточное отношение передачи и как оно определяется для многоступенчатой передачи?

20. Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.

21. Какое вращение называется равномерным?

22. Какое вращение называется равнопеременным?

23. Запишите уравнения равномерного и равнопеременного вращательного движений твердого тела.

### **ЛЕКЦИЯ 3.**

**Тема: Сложное движение точки.**

**Цель лекции:**

Исследование сложного движения точки. Уметь выделить относительное, переносное и абсолютное движение точки и определить кинематические параметры при сложном движении.

**План лекции:**

Относительное, переносное и абсолютное движение точки. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при поступательном переносном движении. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при переносном вращательном движении. Теорема Кориолиса. Модуль и направление кориолисова ускорения. Частные случаи равенства нулю кориолисова ускорения. Пример влияния одного движения на изменение вектора скорости в другом движении. Расчет кулисных механизмов.

**Ключевые вопросы**

1. Какое движение точки является сложным (составным)?
2. Какие системы координат выбирают при определении скоростей твердых тел при сложном движении?
3. Что такое относительная, переносная и абсолютная траектории?
4. Какая скорость (ускорение) является относительной? Приведите примеры.
5. Какая скорость (ускорение) называется переносной? Приведите примеры.
6. Что такое абсолютная скорость и ускорение? Приведите примеры.
7. Смысл теоремы о сложении скоростей.
8. Смысл теоремы о сложении ускорений.
9. Какое ускорение называется Кориолисовым? Как определяется его величина и направление.
10. В каких случаях ускорение Кориолиса обращается в нуль?

### **ЛЕКЦИЯ 4.**

**Тема: Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.**

**Цель лекции:** исследование плоскопараллельного движения абсолютно твердого тела. Знать, признаки плоского движения. Уметь определять скорость любой точки тела как сумму двух скоростей. Уметь определять положение мгновенного центра скоростей. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении плоскопараллельного движения.

**План лекции:**

Определение плоского движения. Примеры плоского движения. Разложение движения плоской фигуры на два движения. Независимость угловой скорости и углового ускорения фигуры от выбора полюса. Определение скорости любой точки фигуры как суммы двух

скоростей. Теорема о проекциях скоростей. Определение мгновенного центра скоростей. Определение скоростей точек плоской фигуры и точек звеньев плоского механизма с помощью МЦС. Определение ускорения любой точки фигуры при ее движении в плоскости через полюс. Определение ускорений точек звеньев плоского механизма и угловых ускорений звеньев. Мгновенный центр ускорений. Определение ускорений с помощью мгновенного центра ускорений. Подвижные и неподвижные центроиды.

#### **Ключевые вопросы**

1. Какое движение твердого тела называется плоским?
2. Приведите примеры звеньев механизмов, совершающих плоское движение
3. Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и ее поворот от выбора полюса?
4. Из каких простых движений складывается плоское движение твердого тела?
5. Покажите, что проекции скоростей точек неизменяемого отрезка на ось, совпадающую с этим отрезком, равны между собой.
6. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей? В чем заключается физический смысл МЦС? Приведите основные случаи определения положения МЦС?
7. Как определяется величина и направление скорости произвольной точки тела при известном положении мгновенного центра скоростей и угловой скорости?
8. Что представляет собой распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент?
9. Как построить центр поворота плоской фигуры, зная ее начальное и конечное положения?
10. Что представляют собой неподвижная и подвижная центроиды и что происходит с центроидами при действительном движении плоской фигуры?
11. Как определяется ускорение любой точки плоской фигуры?
12. Почему проекция ускорения любой точки плоской фигуры на ось, проходящую через эту точку из полюса, не может быть больше проекции ускорения полюса на эту ось?
13. Что представляет собой картина распределения ускорений точек плоской фигуры в данный момент времени в трех случаях:
  - 1)  $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$ ;
  - 2)  $\omega \neq 0, \varepsilon = 0$ ;
  - 3)  $\omega = 0, \varepsilon \neq 0$ ?
14. Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоского механизма?

#### **ЛЕКЦИЯ 5.**

##### **Цель лекции:**

Знать признаки сферического движения. Уметь обосновать целесообразность введения углов Эйлера при исследовании сферического движения тела. Уметь провести сравнение и уметь показать различие двух вращений: вращение тела вокруг неподвижной оси и сферического движения.

##### **План лекции**

Признаки сферического движения. Углы Эйлера. Уравнения движения тела. Определение скорости любой точки тела в случае, когда заданы функции: углы Эйлера и координаты точки. Определение углового ускорения. Определение ускорения любой точки тела. Теорема Эйлера – Даламбера. Сопоставление вращения тела вокруг неподвижной оси и сферического движения. Мгновенная ось вращения. Случай постоянной по модулю угловой скорости. Примеры такого движения. Примеры определения углового ускорения, вращательного, осеостремительного ускорения и полного ускорения точек тела в случае постоянства угловой скорости тела при движении без использования углов Эйлера. Область применения метода расчета в инженерной практике. Подвижные и неподвижные аксоиды.

#### **Ключевые вопросы**

1. Сколько степеней свободы имеет твердое тело, совершающее сферическое движение?
2. Укажите, вокруг какой оси будет вращаться тело, если изменяется только или угол прецессии, или только угол собственного вращения, или угол нутации?
3. По какой формуле определяются скорости любой точки тела, совершающего сферическое движение?
4. Что называется мгновенной осью вращения?
5. Как распределяются скорости точек тела, имеющего одну неподвижную точку, относительно мгновенной оси вращения?
6. Что называется вектором углового ускорения твердого тела при сферическом движении?
7. Как направлен вектор углового ускорения при сферическом движении?
8. По какой формуле определяется ускорение любой точки тела, совершающего сферическое движение?

**Тема: Общий случай движения твердого тела.**

**Цель лекции:**

Иметь представление об общем случае движения свободного твердого тела.

**План лекции:**

Общий случай движения твердого тела. Число степеней свободы. Разложение движения твердого тела на поступательное и сферическое. Уравнения движения. Распределение скоростей и ускорений свободного тела при его пространственном движении. Угловая скорость и угловое ускорение. Линейная скорость и линейные ускорения точек.

**Ключевые вопросы**

1. На какие составляющие движения можно разложить движение свободного тела в общем случае и как они зависят от выбора полюса?
2. Как определяют скорости точек свободного твердого тела?
3. Как связаны между собой скорости точек свободного тела, расположенного на отрезке произвольного направления, и на отрезке, параллельном мгновенной оси вращения?
4. Покажите, что векторы угловой скорости и углового ускорения свободного тела не зависят от выбора полюса.
5. Как определяют ускорения точек свободного твердого тела?

**ЛЕКЦИЯ 6.**

**Тема: Сложение движений твердого тела.**

**Цель лекции:**

Иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении абсолютно твердого тела.

**План лекции:**

Постановка задачи, основные понятия. Сложение вращений твердого тела вокруг осей, пересекающихся в одной точке. Угловая скорость результирующего движения и ее определение. Метод Виллиса. Сложение двух поступательных движений твердого тела. Сложение поступательного и вращательного движений. Сложение двух вращений. Сложение вращательных движений около пересекающихся осей, Сложение вращательных движений около параллельных и антипараллельных осей. Мгновенная ось вращения и мгновенная угловая скорость результирующего движения. Пара вращений, момент пары вращений. Определение скоростей точек твердого тела в том случае, когда оно участвует в паре вращений. Сложение поступательных и вращательных движений.

**Ключевые вопросы**

1. Какое движение тела является сложным?
2. Сформулируйте определения абсолютного, относительного и переносного движений твердого тела.
3. Как определить скорость произвольной точки тела, совершающего поступательное переносное и поступательное относительное движения?

4. Что собой представляет результирующее движение при вращении тела одновременно в одну и ту же сторону вокруг параллельных осей?
5. Как складываются:
  - а) два поступательных движения?
  - б) два вращательных движения вокруг пересекающихся осей? Каким будет результирующее движение?
6. Как определить при сложении вращений вокруг пересекающихся осей: мгновенную угловую скорость тела, скорость заданной точки тела и ее ускорение?
7. Как складываются вращения:
  - а) вокруг скрещивающихся осей?
  - б) вокруг параллельных осей?
8. Что называется парой вращений? Чему эквивалентна пара вращений?
9. Чему равна мгновенная угловая скорость тела, совершающего вращения вокруг пересекающихся осей?
10. Какое движение тела называется винтовым? Сложением каких движений оно получается?
11. Какие инварианты кинематики вы знаете?

### **ЛЕКЦИЯ 7.**

**Тема: Предмет динамики и статики. Законы механики Галилея-Ньютона. Связи и реакции связей. Системы сил.**

**Цель лекции:** Знакомство с аксиомами механики, системами сил, видами связей и их реакциями.

#### **План лекции**

**Статика.** Статика как раздел теоретической механики. Задачи статики. Основные понятия и определения статики: сила и система сил. Виды сил: равнодействующая и уравнивающая, внешние и внутренние, сосредоточенные и распределенные, активные и пассивные. Системы сил: эквивалентные и уравновешенные, сходящаяся, параллельная, плоская и пространственная.

#### **Аксиомы статики:**

- аксиома 1 – Принцип инерции;
- аксиома 2 – Принцип равенства двух сил;
- аксиома 3 – присоединения и исключения взаимоуравнивающих сил;
- аксиома 4 - определяет правило сложения двух сил (правило параллелограмма, правило «силового» треугольника);
- аксиома 5 – Принцип действия и противодействия;
- аксиома 6 – о равновесии деформируемого абсолютно твердого тела (о затвердевании).

**Связи и реакции связей.** Свободные и несвободные тела. Понятие связей. Принцип освобожденности от связей (аксиома - 7). Связи в геометрической статике и их классификация. Реакции связей. Связи, для которых можно указать заранее их направление. (Первая группа связей: идеально гладкая плоскость или поверхность, опора на острие, шарнирно-подвижная опора. Вторая группа связей: невесомый стержень, скользящая заделка, двойная скользящая заделка). Связи, для которых нельзя указать заранее их направления - шарнирно-неподвижная опора, подшипники, подпятники, балка консоль. Теорема о трех силах.

#### **Ключевые вопросы**

1. Приведите определение понятия «сила». Перечислите признаки, характеризующие силу.
2. Назовите единицы измерения силы в системах СИ, МКГСС и СГС.
3. Что называется системой сил?
4. Приведите примеры сосредоточенных и распределенных сил.
5. Что называется равнодействующей системы сил?
6. Какая сила называется уравнивающей?

7. Дайте определение внешней и внутренней силы.
8. Сформулируйте аксиому о равновесии двух сил.
9. Какие системы сил называются статически эквивалентными?
10. Назовите простейшую систему сил эквивалентную нулю.
11. В чем сущность аксиомы присоединения и исключения уравновешенной системы сил?
12. В чем физический смысл аксиомы отвердевания?
13. Сформулируйте правило параллелограмма сил.
14. Что выражает аксиома инерции?
15. Приведите формулировку аксиомы равенства действия и противодействия.
16. Свободным или несвободным телом является намагниченная металлическая пластинка, повисшая между полюсами постоянного магнита? лежащая на столе?
17. Что называется связью? В чем заключается сущность принципа освобожденности от связей? Какое практическое значение имеет этот принцип? Привести пример.
18. Что такое реакция связи?
19. К какому объекту приложены силы реакции?
20. Что такое активные силы и реакции связей? Так как реакция связи - это сила, то верно ли положение: связь и сила понятия эквивалентные? Привести пример.
21. Перечислите основные виды связей, для которых заранее известно направление силы реакции.
22. Назовите связи, для которых заранее известна точка приложения реакции, но не ее направление.
23. Как классифицируются основные типы опор, применяемых в технике?
24. Что называется усилием в стержне?
25. Что называется натяжением нити?
26. В каких случаях не нарушится равновесие тела, если отбросить связи?

### **ЛЕКЦИЯ 7-8.**

**Тема: Моменты силы относительно точки и оси. Теория пар сил.**

**Цель лекции:** Определение моментов сил относительно точки и оси.

**План лекции:**

Обозначение момента силы относительно точки. Моментная точка. Плоскость действия силы. Векторный и алгебраический момент силы относительно центра. Теория пар сил. Момент пары сил. Эквивалентность пар сил. Свойства момента пары сил. Момент результирующей пары сил. Условия равновесия системы пар сил. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси. Момент силы относительно начала координат. Теорема Вариньона.

**Ключевые вопросы**

**Ключевые вопросы**

1. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?
2. Что такое моментная точка?
3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса? Правило знаков.
5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
6. Какая система сил называется парой сил?
7. Что такое момент пары?
8. Что называется плечом пары?
9. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?
10. Почему пара сил не имеет равнодействующей?
11. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?

12. Как направлен вектор момента пары сил?
13. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?
14. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?
15. Какие пары сил называются эквивалентными?
16. Что называется результирующей парой?
17. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.
18. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.
19. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия?
20. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.

### **ЛЕКЦИЯ 8-9.**

**Тема: Аналитические условия и уравнения равновесия различных типов систем сил.**

**Цель лекции:** Знакомство с системой сходящихся сил и способами ее приведения к простейшему виду. Знакомство с плоской и пространственными системами сил и способами их приведения к простейшему виду. Иметь представление об условиях и уравнениях равновесия сходящейся, плоской и пространственной систем сил.

#### **План лекции:**

Система сходящихся сил. Геометрический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Равнодействующая системы сходящихся сил. Силовой многоугольник. Аналитический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Проекции системы сходящихся сил на координатные оси. Условия и уравнения равновесия системы сходящихся сил. Понятие главного вектора системы сходящихся сил. Теоремы о трех силах. Приведение силы к точке, не лежащей на линии действия силы. Приведение плоской системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо) для плоской системы сил. Условия равновесия плоской системы сил. Три формы уравнений равновесия плоской системы сил. Частные случаи приведения плоской системы сил к простейшему виду. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо). Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил. Частные случаи приведения пространственной системы сил к простейшему виду. Инварианты пространственной системы сил.

#### **Ключевые вопросы**

1. Приведите определение системы сходящихся сил.
2. Что называется главным вектором системы сходящихся сил?
3. Для какой системы сил равнодействующая и главный вектор совпадают?
4. Назовите методы определения равнодействующей системы сходящихся сил.
5. Как выражаются проекции равнодействующей системы сходящихся сил через проекции сил этой системы?
6. Назовите необходимое и достаточное условие равновесия системы сходящихся сил.
7. Что такое силовой многоугольник? Как определяется направление равнодействующей системы сходящихся сил при построении силового многоугольника?
8. Запишите условие равновесия системы сходящихся сил в векторной форме.
9. Какие задачи позволяют решать условия равновесия системы сходящихся сил?
10. Сформулируйте теорему о трех силах.
11. При каком условии три непараллельные силы, приложенные к твердому телу, уравновешиваются?
12. Возможно ли равновесие трех сходящихся сил, не лежащих в одной плоскости?
13. Как формулируется алгоритм решения задач статики на равновесие системы сходящихся сил?

14. Сформулируйте основную теорему статики.
15. Сформулируйте теорему Вариньона для произвольной плоской системы сил?
16. Что называется главным вектором плоской системы сил?
17. Что называется главным моментом плоской системы сил?
18. Каковы возможные случаи приведения сил, расположенных произвольно на плоскости?
19. При каком условии сила, равная главному вектору плоской системы сил, является равнодействующей этой системы?
20. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы сил. Запишите три формы уравнений равновесия плоской системы сил.
21. Будет ли находиться в равновесии плоская система сил, для которой алгебраические суммы моментов относительно трех точек, расположенных на одной прямой, равны нулю?
22. Как поступают при наличии распределенной нагрузки?
23. Пусть для плоской системы сил суммы моментов относительно двух точек равны нулю. При каких дополнительных условиях система будет в равновесии?
24. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы параллельных сил.
25. Равновесие систем тел.
26. Зависимость главного момента от центра приведения.
27. Сформулируйте основную теорему статики для пространственной системы сил. В чем состоит смысл основной теоремы статики?
28. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил. Напишите их аналитические выражения.
29. Сформулируйте условия равновесия для пространственной системы сил.
30. Напишите уравнения равновесия пространственной системы сил в скалярном виде.
31. Напишите уравнения равновесия пространственной системы параллельных сил.
32. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил.
33. Напишите аналитические выражения для главного вектора и главного момента.
34. Как зависят главный вектор и главный момент от перемены центра приведения?
35. Какая совокупность сил называется динамическим винтом?
36. Как должны быть взаимно расположены главный вектор и главный момент системы сил для того, чтобы она приводилась к динамическому винту?
37. Что представляет собой геометрическое место точек пространства, в которых система приводится к динамическому винту?
38. Частные случаи приведения системы пространственных сил к простейшему виду.
39. Теорема о моменте равнодействующей пространственной системы сил (теорема Вариньона).
40. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.
41. Каковы геометрические и аналитические условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
43. К какому простейшему виду можно привести систему сил, если известно, что главный момент этих сил:
  - равен нулю;
  - перпендикулярен главному вектору;
  - параллелен главному вектору.
44. По какой формуле вычисляют минимальный главный момент заданной системы сил.
45. Назовите инварианты пространственной системы сил.
46. Каковы условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?

47. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный вектор равен нулю, а главный момент системы сил относительно этого центра не равен нулю?

48. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный момент равен нулю, а главный вектор не равен нулю?

### **ЛЕКЦИЯ 9.**

**Тема: Динамика как раздел теоретической механики. Основные понятия и аксиомы динамики. Задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы.**

#### **Цель лекции:**

Иметь представление о разделе «Динамика» дисциплины теоретическая механика, о двух основных задачах динамики, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения.

#### **План лекции:**

Динамика как раздел теоретической механики. Законы Галилео-Ньютона. Инерциальная и неинерциальная система отсчета. Первая и вторая задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки: в векторном виде, в проекциях на оси декартовой и естественной систем координат. Дифференциальные уравнения движения несвободной материальной точки. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

#### **Ключевые вопросы**

1. Сформулируйте законы (аксиомы) динамики.
2. Какое уравнение называется основным уравнением динамики?
3. Написать дифференциальные уравнения движения точки в проекциях на оси координат (декартовы, естественные).
4. Каковы две основные задачи динамики точки, которые решаются при помощи дифференциальных уравнений движения точки?
5. Сформулируйте первую (прямую) задачу динамики точки.
6. Как определяются произвольные постоянные при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?
7. Сформулируйте вторую (обратную) задачу динамики точки.
8. Приведите формулировку закона независимости действия сил.
9. Дайте определение инерциальной системы отсчета.

### **ЛЕКЦИЯ 10**

**Тема: Геометрия масс. Моменты инерции.**

#### **Цель лекции:**

Получить представление о геометрии сечений. Уяснить физический смысл моментов инерции.

#### **План лекции:**

Введение в динамику механической системы. Силы внешние и внутренние Моменты инерции материальной точки относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции системы материальных точек, относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции абсолютно твердого тела относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции однородных тел. Радиус инерции. Физический смысл моментов инерции. Осевые моменты инерции в декартовых координатах. Полярный момент инерции в декартовых координатах. Связь между осевыми и полярными моментами инерции. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера (теорема о моментах инерции относительно параллельных осей). Момент инерции относительно оси любого направления. Тензор инерции. Эллипсоид инерции и его физический смысл.

#### **Ключевые вопросы**

1. Момент инерции относительно полюса, оси и плоскости.

2. Осевые и центробежные моменты инерции, их математические выражения.
3. Радиус инерции и его физический смысл.
4. Моменты инерции относительно параллельных осей.
5. Эллипсоид инерции.
6. Главные оси инерции и их свойства.

### **ЛЕКЦИЯ 10 - 11**

**Тема: Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.**

**Цель лекции:**

Иметь представление о силах инерции и моментах сил инерции для решения практических задач. Уметь определять параметры движения, используя метод кинетостатики. Принцип Даламбера – Лагранжа.

**План лекции:**

Принцип Даламбера для материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор сил инерции. Главный момент сил инерции. Частные случаи приведения сил инерции: при поступательном движении, при вращательном движении вокруг центра масс, при вращении вокруг произвольной оси, при плоском движении, при равномерном вращении однородного стержня. Метод кинетостатики.

**Ключевые вопросы**

1. В чём заключается принцип Даламбера для точки?
2. Каковы модуль и направление вектора силы инерции точки?
3. В чём заключается принцип Даламбера для системы?
4. Чему равен главный вектор сил инерции?
5. Чему равен главный момент сил инерции?
6. Силы инерции в частных случаях движения твёрдого тела: поступательного, вращательного вокруг оси, проходящей через центр масс, вокруг оси, не проходящей через центр масс, плоскопараллельного движения твёрдого тела.

### **ЛЕКЦИЯ 11-12.**

**Тема: Аналитические связи и их уравнения. Принцип возможных перемещений.**

**Общее уравнение динамики.**

**Цель лекции:**

Иметь представление об аналитических связях, перемещениях возможных и действительных. Изучить принцип Лагранжа и общее уравнение динамики.

**План лекции:**

Аналитические связи: односторонние и двухсторонние, кинематические и геометрические, стационарные и нестационарные, голономные и неголономные, идеальные и неидеальные. Вариация и дифференциал. Перемещения возможные и действительные. Виртуальная работа силы. Постулат идеальных связей. Принципы Лагранжа: принцип возможных перемещений, принцип возможных скоростей. Принцип Даламбера – Лагранжа. Общее уравнение динамики.

**Ключевые вопросы**

1. Какие материальные системы называют свободными и несвободными?
2. Что называют аналитическими связями?
3. Какие связи называют геометрическими и кинематическими?
4. Какие связи называют стационарными и нестационарными?
5. Какие связи называют удерживающими и недерживающими?
6. Какие связи называют голономными и неголономными?
7. Что называется возможным (виртуальным) перемещением?
8. Зависят ли виртуальные перемещения от действующих на материальную систему сил?
9. При каких связях одно из виртуальных перемещений материальной точки совпадает с ее действительным перемещением?
10. Как взаимосвязаны возможные и действительные перемещения системы?

11. Какие связи называют идеальными?
12. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
13. Возможно ли применение принципа возможных перемещений к системам с неидеальными связями?
14. Как определить работу, совершаемую силами инерции при различных видах движения твердого тела?
15. Какие принципы используются при получении общего уравнения динамики?
19. Как записывается общее уравнение динамики для системы, подчиненной голономным, стационарным, удерживающим и идеальным связям?

### **ЛЕКЦИЯ 12-13.**

**Тема: Центр тяжести тела и его координаты. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении количества движения.**

#### **Цель лекции:**

Иметь представление о понятии «центр масс». Научить определять параметры движения с помощью теоремы о движении центра масс. Научиться применять закон сохранения движения центра масс к решению практических задач. Иметь представление о понятиях «количество движения», «импульс силы». Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении количества движения. Научиться применять закон сохранения количества движения к решению практических задач.

#### **План лекции:**

Центр тяжести тела и его координаты. Общие теоремы динамики точки и механической системы. Теорема о движении центра масс: центр масс механической системы. Центр масс отдельных тел. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс. Количество движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения (дифференциальный вид). Понятие элементарного импульса и импульса силы за какой-либо промежуток времени. Теорема импульсов (интегральный вид теоремы об изменении количества движения). Закон сохранения количества движения в дифференциальном и интегральном виде.

#### **Ключевые вопросы**

1. Какие силы называют внешними силами, внутренними силами?
2. Чему равны главный вектор, главный момент, работа внутренних сил?
3. Что называют центром масс механической системы?
4. Как определяются координаты центра масс системы?
5. Может ли центр масс твердого тела находиться вне этого тела?
6. Запишите формулу для определения координат центра масс в трехмерном пространстве.
7. Из какого физического закона вытекает, что равнодействующая внутренних сил системы равна нулю?
8. Сформулируйте теорему о движении центра масс системы.
9. Сформулируйте закон сохранения движения центра масс системы.
10. В каких случаях центр масс системы движется равномерно и прямолинейно?
11. Что называют материальной системой, неизменяемой материальной системой?
12. Что называется количеством движения точки?
13. Что называется элементарным импульсом силы?
14. Как определяется импульс силы за конечный промежуток времени?
15. Как формулируется теорема об изменении количества движения точки в дифференциальной форме?
16. Как формулируется теорема об изменении количества движения в конечной форме?
17. Как определить количество движения системы?
18. Сформулируйте закон сохранения количества движения системы.
19. В каком случае количество движения механической системы не изменяется?

## **ЛЕКЦИЯ 13-14.**

**Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.  
Теорема об изменении кинетической энергии.**

### **Цель лекции:**

Иметь представление о кинетической энергии материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела. Иметь представление о работе силы при прямолинейном и криволинейном движении, о мощности полезной и затраченной. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальном и интегральном виде.

### **План лекции:**

Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении абсолютно твердого тела. Теорема Кёнига. Работа силы: элементарная, на конечном перемещении, силы тяжести, силы трения скольжения, силы упругости. Элементарная работа момента силы. Мощность силы. Теоремы об изменении кинетической энергии точки и механической системы (дифференциальный и интегральный вид). Изменяемые и неизменяемые механические системы. Потенциальное силовое поле и его свойства. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

### **Ключевые вопросы**

1. Как определить кинетическую энергию абсолютно твердого тела при поступательном движении, вращении вокруг неподвижной оси, плоском движении тела и сферическом движении?
2. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной форме.
3. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в конечной форме.
4. Для какой системы изменения кинетической энергии не зависят от внутренних сил?
5. Понятие работы силы. Как определяется работа силы тяжести, силы упругости, силы трения скольжения, момента трения качения.
6. Что называется силовым полем?
7. Какое силовое поле называется потенциальным?
8. Чему равна работа сил, действующих на точки системы в потенциальном поле, на замкнутом перемещении?
9. Сформулируйте и запишите закон сохранения полной механической энергии.

## **ЛЕКЦИЯ 15.**

**Теорема об изменении кинетического момента.**

### **Цель лекции:**

Иметь представление о моменте количества движения относительно точки и оси. Иметь представление о кинетическом моменте механической системы и кинетическом моменте относительно оси вращения. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетического момента. Научиться применять закон сохранения кинетического момента.

### **План лекции:**

Векторный момент количества движения материальной точки относительно полюса: алгебраическое значение, направление вектора. Момент количества движения материальной точки относительно оси. Момент количества движения относительно начала координат. Кинетический момент механической системы относительно точки. Кинетический момент механической системы относительно оси. Кинетический момент вращающегося тела относительно оси вращения. Основное дифференциальное уравнение вращательного движения абсолютно твердого тела. Теорема об изменении кинетического момента. Закон сохранения кинетического момента.

### **Ключевые вопросы**

1. Что называется моментом количества движения точки?
2. Что называется главным моментом количества движения системы (кинетическим моментом системы)?
3. Как определяется кинетический момент системы относительно неподвижной оси?
4. Чему равен кинетический момент твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
5. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно полюса.
6. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно оси.
7. Сформулируйте закон сохранения кинетического момента системы.
8. В каких случаях кинетический момент системы относительно точки и относительно оси остается постоянным?

### **ЛЕКЦИЯ 16.**

**Тема: Динамика простейших движений твердого тела.**

#### **Цель лекции:**

Иметь представление о статическом и динамическом уравнивании.

#### **План лекции:**

Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела. Относительное движение материальной точки. Определение реакций в опорах твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Статические и добавочные динамические реакции. Условия динамической балансировки.

### **Ключевые вопросы**

1. Сколько степеней свободы имеет тело при поступательном, вращательном и плоском движении?
2. Напишите дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.
3. Почему при составлении уравнений плоского движения в качестве полюса выбирается центр масс?
4. На какие составляющие по осям координат раскладываются реакции радиального подшипника и подпятника при оси, совмещенной с осью вращения тела?
5. От чего зависит продольная реакция подпятника?
6. Напишите формулу связи между статическими, добавочными динамическими и полными динамическими реакциями подшипников.
7. По каким уравнениям определяются статические реакции подшипников?
8. Как составляются уравнения для определения добавочных динамических реакций подшипников?
9. Какое тело называется статически уравновешенным?
10. Какое тело называется динамически уравновешенным?
11. Что необходимо для полного отсутствия добавочных динамических реакций подшипников?
12. В каком случае динамические составляющие подшипника и подпятника обращаются в нуль?

### **ЛЕКЦИЯ 16 – 17**

**Тема: Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа II рода. Принцип Гамильтона – Остроградского.**

#### **Цель лекции:**

Иметь представление об обобщенных координатах и обобщенных силах. Уметь определять параметры движения, используя уравнения Лагранжа второго рода. Уяснить

физический смысл уравнений Лагранжа второго рода и функции Лагранжа. Иметь представление о вариационных принципах механики.

**План лекции:**

Обобщенные координаты, скорости, ускорения и возможные перемещения. Обобщенные силы и методы их вычисления. Принцип обобщенных возможных перемещений. Условия равновесия системы в обобщенных координатах. Вывод уравнений Лагранжа второго рода из общего уравнения динамики. Уравнения Лагранжа второго рода в потенциальном поле. Функция Лагранжа. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Алгоритм решения задач. Переменные Гамильтона. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Действие по Гамильтону. Принцип Гамильтона – Остроградского.

**Ключевые вопросы**

1. Что называется обобщенными координатами?
2. Что называется обобщенными силами?
3. Запишите уравнения Лагранжа II рода.
4. Какой физический смысл имеют уравнения Лагранжа II рода.
5. Что называется функцией Лагранжа.
6. Какой физический смысл имеет функция Лагранжа?
7. Запишите уравнения Лагранжа II рода для потенциальных систем.
8. Порядок составления уравнений Лагранжа II рода.
9. Достоинства уравнений Лагранжа II рода.
10. Каково выражение кинетической энергии механической системы с произвольными голономными связями?
11. Каково выражение кинетической энергии со стационарными связями?
12. Каково выражение кинетического потенциала механической системы с нестационарными и со стационарными связями?
13. Что представляют собой канонические переменные?
14. Что представляет собой функция Гамильтона и, функцией каких аргументов она является?
15. Что называется действием по Гамильтону?
16. Запишите канонические уравнения Гамильтона.
17. Какие выражения называют действием по Гамильтону и действием по Лагранжу и какова зависимость между ними?
18. В чем сущность принципа Гамильтона – Остроградского?

**ЛЕКЦИЯ 17 - 18**

**Тема: Малые колебания. Устойчивость равновесия. Колебания систем с одной и несколькими степенями свободы и их свойства.**

**Цель лекции:**

Уяснить смысл малых колебаний механической системы около устойчивого положения равновесия. Проанализировать способы эквивалентной замены параллельно и последовательно соединенных пружин одной пружиной, возможные зависимости модуля силы упругости от координаты точки. Проанализировать способы решения и виды решений для собственных и вынужденных колебаний точки среде с сопротивлением и без сопротивления.

**План лекции:**

Общие сведения о малых колебаниях механической системы с одной степенью свободы. Равновесие, устойчивость равновесия консервативных механических систем. Разложение в ряд выражений для потенциальной, кинетической энергии механической системы и функции Рэля. Теорема Лагранжа-Дирихле. Классификация колебаний. Свободные колебания в среде с сопротивлением и без сопротивления и их свойства. Вынужденные колебания в среде с сопротивлением и без сопротивления и их свойства.

Амплитудно- частотные характеристики. Фазо-частотные характеристики. Явление биений. Резонанс.

### **Ключевые вопросы**

1. Что называется колебаниями?
2. Что такое функция Рэлея?
3. Каков физический смысл диссипативной функции?
4. Какие условия равновесия вы знаете?
5. Что называется малыми колебаниями механической системы?
6. В чем заключается линеаризация кинетической и потенциальной энергии?
7. Что такое свободные колебания механической системы?
8. Что такое вынужденные колебания механической системы?
9. Что такое явление резонанса?
10. Что такое декремент затуханий?
11. Что такое коэффициент динамичности?
12. Каким может быть состояние покоя механической системы?
13. Каков критерий устойчивости состояния покоя механической системы, устанавливаемый теоремой Лагранжа-Дирихле?
14. Под действием какой силы совершаются свободные колебания материальной точки?
15. Какой вид имеет дифференциальное уравнение свободных колебаний материальной точки?
16. От каких факторов зависят частота, период, амплитуда и начальная фаза свободных колебаний материальной точки?
17. Какой вид имеет дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки и каково его общее решение?
18. От каких факторов зависит амплитуда вынужденных колебаний?
19. При каком условии возникает явление биений?
20. При каких условиях возникает резонанс и каковы уравнение и график вынужденных колебаний при резонансе?
21. Как влияет сопротивление пропорциональное скорости на амплитуду, фазу, частоту и период вынужденных колебаний?

### **2.1.2. ПЛАН – КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

**Теоретические сведения для изучения раздела (модуля «Теория механизмов и машин») приведены в следующей литературе:**

1. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ М.З.Коловский (и др.). – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 765 с.
2. Теория механизмов и машин: учеб.: рек. Мин. обр. РФ/К.В.Фролов (и др.); под ред. К.В.Фролова. – 5-е изд., стер., - М.: Высш. шк., 2005. – 496 с.: а-рис.
3. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ А.И.Смелягин. – М.: ИНФА\_М; Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн.ун-та, 2003. – 263 с.:а-рис.

### **ЛЕКЦИЯ 1**

**Тема:** Основные цели и задачи теории механизмов и машин. Основные этапы проектирования, характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. Механизмы и машины.

#### **Цель лекции:**

Ознакомление с основными видами механизмов и машин и методами исследования механизмов с низшими кинематическими парами.

#### **План лекции**

Введение. Основные цели и задачи теории механизмов и машин. Основные этапы проектирования, характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. Краткая историческая справка. Место дисциплины в системе подготовки инженера. Инженерное проектирование. Основные этапы процесса проектирования. Методы

проектирования. Машинный агрегат и его составные части. Классификация машин: машины, аппараты приборы, классификация машин по назначению. Механизмы и их виды. Характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. Классификация механизмов. Методы исследования механизмов.

**Ключевые вопросы:**

1. Что такое «техническая система» и какие составляющие элементы технической системы вы знаете?
2. Дайте определение понятия «модель технической системы. Какими критериями руководствуются при составлении моделей?
3. Дайте определение машинного агрегата.
4. Как классифицируются машины по выполняемым рабочим процессам?
5. Поясните принцип образования основных видов технических систем: привод, машинный агрегат и машина-автомат и дайте определения этих понятий.
6. Как классифицируются механизмы по методам расчета?
7. Как классифицируются механизмы по конструктивным и функциональным признакам?
8. Дайте определение рычажного механизма. Приведите схемы рычажных механизмов.
9. Какие механизмы называются кулачковыми? Особенности кулачковых механизмов и их назначение.
10. Какой механизм называется зубчатым? Особенности зубчатых передач и их назначение.
11. Какие механизмы называются механизмами прерывистого движения. Особенности механизмов прерывистого движения и их назначение.

В дополнение к списку литературы можно пользоваться следующим пособием:

**ЛЕКЦИЯ 2 - 3**

**Тема:** Структурный анализ и синтез механизмов.

**Цель лекции:**

Ознакомление с основными видами механизмов и машин и методами структурного анализа и синтеза механизмов с низшими кинематическими парами. Ознакомление с основными этапами синтеза механизмов. Ознакомление с методами оптимального синтеза.

**План лекции**

Элементы механизмов. Звенья, кинематические пары и кинематические цепи. Классификация кинематических пар. Основные структурные формулы. Понятие о структурном анализе и синтезе. Структурная классификация механизмов по Ассур-Артолеву. Первичный механизм и структурные группы. Структурные группы Ассура и их классификация. Структурный анализ механизма. Подвижности и связи в механизме. Понятие об избыточных связях и местных подвижностях. Рациональная структура механизма. Методы определения и устранения избыточных связей и местных подвижностей. Замена высших кинематических пар низшими.

**Ключевые вопросы:**

1. Что называется звеном механизма? Как классифицируются звенья по виду движения?
2. Что называется кинематической парой? Как классифицируются кинематические пары по числу условий связи и по числу степеней свободы?
3. Что называется кинематической цепью? Чем отличается механизм от кинематической цепи? Какие виды кинематических цепей существуют?
4. По какой формуле определяется степень подвижности механизма?
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.

7. Поясните состав структуры механизмов по Ассуру и дайте определение понятию «структурная группа» и «первичный механизм».

8. Объясните физический смысл числовых коэффициентов в структурной формуле общего вида.

9. Дайте определение понятия «подвижность» механизма. Какие основные структурные формулы используются для ее определения?

10. Как определяется класс механизма?

11. Что собой представляют пассивные связи, какое влияние они оказывают на механизм?

12. Объясните назначение местных подвижностей.

13. Каким образом структурную классификацию плоских механизмов можно распространить на механизмы с высшими кинематическими парами?

14. Как определяется подвижность пространственных рычажных механизмов?

#### **ЛЕКЦИЯ 4**

**Тема:** Кинематический анализ и синтез рычажных механизмов.

**Цель лекции:**

Ознакомление с методами кинематического анализа и синтеза механизмов.

**План лекции**

Понятие о геометрических и кинематических характеристиках механизмов (функция положения и ее производные по времени и по обобщенной координате). Методы определения геометро-кинематических характеристик механизма. Цикл и цикловые графики. Связь между кинематическими и геометрическими параметрами. Исследование кинематики типовых рычажных механизмов: Метрический синтез типовых рычажных механизмов. Этапы синтеза. Структурный и метрический синтез. Цель и задачи метрического синтеза механизмов. Методы метрического синтеза механизмов.

**Ключевые вопросы:**

1. Понятие масштабных коэффициентов.  
2. Масштабный коэффициент длины и его применение при построении планов положений.

3. Масштаб кривошипа и его применение.

4. Планы положений рычажных механизмов и их построение.

5. Определение крайних положений различных видов различных рычажных механизмов.

6. Функция положения выходного звена и промежуточных звеньев рычажных механизмов. Построение графика зависимости перемещения выходного звена от обобщенной координаты.

7. Первая и вторая передаточные функции рычажных механизмов (аналоги скоростей и ускорений). Построение графиков их зависимости от обобщенной координаты.

8. Вычисление координат и построение шатунной кривой.

9. Поясните отличия этапов синтеза механизмов.

10. Как выполняется структурный синтез рычажных механизмов?

11. Как выполняется метрический синтез рычажных механизмов?

12. Охарактеризуйте качественные показатели рычажных механизмов.

#### **ЛЕКЦИЯ 5 – 6**

**Тема:** Методы оптимизации в синтезе с применением ЭВМ.

**Цель лекции:**

Ознакомление с методами кинематического оптимального синтеза механизмов:

- 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.

### **План лекции**

Синтез по положениям звеньев. Критерии метрического синтеза. Условия проворачиваемости звеньев механизма. Качественные показатели рычажных механизмов: коэффициент полезного действия, ход механизма, понятие о коэффициенте неравномерности средней скорости, угле давления и передачи в рычажных механизмах. Частные задачи синтеза: четырехшарнирный механизм - синтез по  $k_v$  и синтез по двум положениям выходного звена; кривошипно-ползунный механизм - синтез по  $k_v$ , по средней скорости ползуна, по двум положениям выходного звена; кулисный механизм - по рабочему перемещению выходного звена (для четырехзвенного механизма), по коэффициенту  $k_v$  (для шестизвенного механизма). Оптимизация при синтезе рычажных механизмов. Синтез механизма по заданной функции положения. Синтез механизмов по методу приближения функций. Синтез направляющих механизмов.

#### **Ключевые вопросы:**

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;
- К-1 – максимум передаточной функции первого порядка;
- максимум передаточной функции второго порядка;
- среднеквадратическое отклонение функции положения выходного звена при фиксированных углах поворота входного звена;
- К-2 – критерий, характеризующий условия передачи сил в поступательной паре последней группы Ассура;
- углы давления и углы передачи на схеме механизма, как они влияют на качество передачи сил.
- основные и дополнительные условия синтеза.

### **ЛЕКЦИЯ 7 - 9**

**Тема:** Динамический анализ и синтез механизмов с жесткими звеньями. Линейные уравнения движения в механизмах. Нелинейные уравнения движения в механизмах.

#### **Цель лекции:**

Ознакомление с методами динамического анализа машинного агрегата.

#### **План лекции**

Цели и задачи динамического анализа механизмов. Динамические параметры машины и механизма. Понятие цикла движения механизма, рабочий и холостой ход. Прямая задача динамики машин. Понятие о динамической модели машины с одной степенью свободы. Методы обеспечения эквивалентности динамических моделей. Понятие цикла движения механизма. Рабочий и холостой ход. Приведение сил, масс и моментов инерции. Звено приведения. Уравнения движения динамической модели. Параметры динамической модели: - приведенный суммарный момент инерции механизма и - приведенный суммарный момент внешних сил. Режимы движения машины. Режим движения пуск-останов. Установившийся режим движения машины. Неравномерность движения и методы ее регулирования. Коэффициент неравномерности. Маховик и его роль в регулировании неравномерности движения. Решение задачи регулирования хода машины по методу Н.И.Мерцалова. Алгоритм решения прямой задачи динамики при установившемся режиме движения машины. Учет характеристик двигателя при определении закона движения механизма. Динамические ошибки.

#### **Ключевые вопросы:**

1. Что называется звеном приведения? Какое звено чаще всего выбирают в качестве звена приведения?

2. Дайте определение понятия «динамическая модель». Какие методы обеспечения эквивалентности динамических моделей механизмов вы знаете?
3. Физический смысл приведенного момента, приведенной массы, приведенного момента сил сопротивления и движущих сил от чего они зависят?
4. Аналитический метод определения приведенного момента.
5. Построение графика приведенного момента инерции, выбор масштабного коэффициента?
6. Докажите, что приведенный момент инерции механизма не зависит от скорости звена приведения.
7. Уравнение Лагранжа II рода и его применение для записи уравнений движения машины?
8. Охарактеризуйте режимы движения машины.
9. Что называется коэффициентом неравномерности движения звена приведения механизма?
10. Какова цель установки маховика в механизме или машине?
11. Какие причины вызывают периодические колебания скорости звена приведения механизма?
12. Что понимают под механическим коэффициентом полезного действия механизма? Как он вычисляется?
13. Каким образом можно снизить неравномерность хода машины?
14. Каким образом, и для каких целей реализуется в механизме маховая масса?

#### **ЛЕКЦИЯ 10.**

**Тема:** Кинематический анализ и синтез кулачковых механизмов

**Цель лекции:**

Ознакомление с кулачковыми механизмами и методами их расчета.

**План лекции**

Виды кулачковых механизмов, их назначение и область применения. Аксиальные и дезаксиальные кулачковые механизмы. Виды профилей кулачка. Этапы проектирования кулачковых механизмов. Выбор законов движения кулачковых механизмов. Способы замыкания высшей кинематической пары. Структурный анализ типовых схем кулачковых механизмов. Угол давления кулачковых механизмов. Метрический синтез кулачковых механизмов по допускаемому углу давления. Входные параметры синтеза (основные и дополнительные). Выходные параметры синтеза. Циклограмма. Фазы перемещения толкателя. Мягкий и жесткий удар. Радиус начальной шайбы кулачка и эксцентриситет. Характеристика угла давления, передачи и угла подъема профиля кулачковых механизмов. Реверсивный и нереверсивный кулачковый механизм. Теоретический и рабочий профиль кулачка. Остроконечный, роликовый и плоский толкатель.

**Ключевые вопросы:**

1. Что называется кулачковым механизмом? Из каких звеньев состоит типовой кулачковый механизм? 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 желателен употребить в быстроходных кулачковых механизмах?
4. Для чего в схему типового кулачкового механизма вводят дополнительное звено - ролик?
5. По каким признакам классифицируют кулачковые механизмы?
6. Объясните суть силового и геометрического замыкания высшей кинематической пары в кулачковом механизме.

7. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?

8. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.

9. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?

10. Почему в кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?

11. Какие фазы движения выходного звена кулачкового механизма вы знаете?

12. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?

13. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?

14. Каким способом проводится профилирование кулачка?

15. В чем заключается особенность структурного анализа кулачкового механизма с роликотолкателем?

### **ЛЕКЦИЯ 11 – 13**

**Тема:** Кинематический анализ и синтез механизмов передач

**Цель лекции:**

Ознакомление с зубчатыми механизмами и методами их расчета.

**План лекции**

Введение в теорию высшей пары, основные понятия и определения. Механизмы с высшими кинематическими парами и их классификация. Назначение и область применения зубчатых механизмов. Рядовые зубчатые передачи и их кинематическое исследование. Многоступенчатые зубчатые передачи. Планетарные и дифференциальные механизмы. Метод обращения движения. Формула Виллиса для планетарных механизмов. Кинематическое исследование типовых планетарных механизмов графическим и аналитическим методами. Выбор типа планетарного редуктора. Многоступенчатые зубчатые передачи. Основная теорема зацепления. Понятие о полюсе и центроидах. Сопряженные профили в высшей кинематической паре. Угол давления в механизмах с высшими кинематическими парами Эвольвента окружности и ее параметрические уравнения. Эвольвентное зацепление и его свойства. Методы изготовления эвольвентных зубчатых колес. Станочное зацепление. Основные параметры зубчатого колеса. Подрезание зубьев колеса. Качественные показатели для эвольвентной передачи. Коэффициент перекрытия. Коэффициент удельного давления. Коэффициент удельного скольжения. Корректирование зубчатых колес. Пространственные механизмы с высшей кинематической парой: конические и червячные механизмы.

**Ключевые вопросы:**

1. Как определить число степеней свободы различных типов зубчатых передач.

2. Дайте определение сопряженного профиля.

3. Какое ограничение на движение сопряженных профилей накладывает теорема о высшей кинематической паре?

4. Назовите основное свойство теоремы зацепления.

5. Где применяется метод обращения движения?

6. Сформулируйте основной закон зацепления.

7. Какие виды зубчатых механизмов в зависимости от расположения осей вы знаете?

8. Запишите формулу Виллиса и объясните ее физический смысл.

9. Как производится кинематическое исследование многоступенчатых зубчатых передач?

10. Как определяется коэффициент полезного действия многоступенчатых зубчатых передач?

11. Что называется передаточным отношением зубчатой передачи?

12. Дайте определения основных параметров зубчатых колес.

13. Дайте определения понятий «головка зуба», «ножка зуба » и запишите формулы для определения высот этих параметров.
14. Что называется эвольвентой окружности?
15. Назовите достоинства эвольвентного зацепления.
16. Охарактеризуйте качественные показатели зубчатых механизмов.
17. Что называется углом перекрытия? Какой физический смысл он имеет?
18. Назовите методы изготовления зубчатых колес.
19. Дайте определения звеньев типовых планетарных механизмов и вычертите их схемы.
20. Запишите условия соосности, соседства и сборки для типовых планетарных механизмов.

#### **ЛЕКЦИЯ 14 – 16**

**Тема:** Колебания в машинах. Вибрации.

**Цель лекции:**

Ознакомление с методами защиты машинного агрегата от вибраций.

**План лекции**

Колебания в машинах. Причина появления колебаний. Вибрация и ее виды. Причины возникновения вибрации. Понятие о неуравновешенности звена и механизма, статической и динамической уравновешенности механической системы. Статическое уравновешивание рычажных механизмов. Метод замещающих масс. Полное и частичное статическое уравновешивание механизма. Ротор и виды его неуравновешенности: статическая, моментная и динамическая. Балансировка роторов при проектировании. Виброзащита машин и механизмов. Методы виброзащиты. Подрессоривание и виброизоляция. Динамическое гашение колебаний. Защита механических систем от вибраций: уравновешивание, балансировка. Виброзащитные устройства: динамический гаситель, виброизолятор, демпфер.

**Ключевые вопросы:**

1. В каком случае применяется полное уравновешивание сил инерции?
2. В каком случае применяется частичное уравновешивание сил инерции?
3. Механические характеристики двигателей (идеальная, статическая, динамическая).  
Какая физическая модель описывает выбранный двигатель?
4. Крутизна статической характеристики двигателя, постоянная времени двигателя, что они характеризуют?
5. Понятие динамической ошибки по скорости? Какие способы уменьшения динамической ошибки существуют?
6. Возмущающий момент и его физический смысл?
7. Понятие внутренней виброактивности машинного агрегата.
8. Что называется динамическим моментом в передаточном механизме? Какими способами можно добиться знакопостоянства динамического момента в передаточном механизме?
9. Чем отличается переходный процесс от установившегося процесса? Что такое время разбега? При каких условиях процесс разбега колебательный? Какими методами можно добиться апериодического процесса разбега?
10. Как влияет маховик на время разбега?
11. Какие отрицательные явления возникают в механизмах при наличии вибрации?
12. Назовите меры, позволяющие минимизировать влияние вибрации на работоспособность технических систем.
13. Объясните принципы работы виброзащитных устройств.
14. Назовите виды приводов, используемые в машинных агрегатах.
15. На каких этапах синтеза механизма применяется балансировка?
16. На каких этапах синтеза применяется защита от внешних воздействий?

17. Как изменится уравнение движения машинного агрегата при введении в ее состав виброизолятора?

### **ЛЕКЦИЯ 17 – 18**

**Тема:** Динамика приводов: электропривод, гидропривод, пневмопривод механизмов. Выбор типа привода.

#### **Цель лекции:**

Ознакомление с видами привода, используемого в машинном агрегате.

#### **План лекции**

Основные характеристики и область применения приводов. Выбор типа привода. Динамика механизмов с гидроприводом. Типовая схема объемного гидропривода, уравнение движения. Динамика механизмов с пневмоприводом. Безразмерное уравнение движения механизмов с пневмоприводом. Характеристики электроприводов: идеальная, статическая, динамическая. Уравнение движения машинного агрегата с учетом характеристики двигателя.

## **2.1.3 ПЛАН – КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ И ДЕТАЛЯМ МАШИН**

### **ЛЕКЦИЯ 1**

**Тема:** Основные задачи и понятия курса «Сопротивление материалов». Гипотезы механики материалов и конструкций. Внешние силы. Метод сечений. Напряжения. Деформации. Перемещения. Осевое растяжение, сжатие. Центральное растяжение (сжатие).

#### **Цель лекции:**

- усвоить, что сопротивление материалов это наука об инженерных методах расчета на прочность и жесткость, устойчивость элементов машин и сооружений;
- усвоить, что метод сечений дает возможность определять в сечении направление и значение равнодействующих внутренних усилий;
- научить проводить расчеты на прочность и жесткость стержней при растяжении и сжатии;
- усвоить условия прочности и жесткости при осевом растяжении (сжатии) для пластичных и хрупких материалов.

**План лекции:** Задачи курса сопротивления материалов. Основные гипотезы курса сопротивления материалов. Расчетная схема конструкций. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Напряжения; полное, нормальное, касательное. Физический смысл напряжений. Условие прочности. Деформации. Упругие и пластические. Деформации: линейные, угловые, абсолютные, относительные. Условие жесткости. Осевое растяжение (сжатие). Продольная сила. Построение эпюр N. Напряжение в поперечном сечении. Три типа задач. Деформации. Закон Гука. Закон Пуассона. Условие жесткости. Потенциальная энергия деформаций.

#### **Ключевые вопросы:**

1. Какие задачи решаются в курсе сопротивления материалов?
2. На каких допущениях базируется сопротивление материалов?
3. Какие силы называются внешними, какие внутренними?
4. В чем сущность метода сечений?
5. Что такое напряжение?
6. Физический смысл нормального и касательного напряжения.
7. Условие прочности.
8. Назовите три типа задач, которые решаются в сопротивлении материалов.
9. Деформации. Условие жесткости.
10. Какая деформация называется центральным растяжением (сжатием)?
11. Как вычислить значение продольной силы в поперечном сечении стержня (бруса)?
12. Как распределяются нормальные напряжения в поперечном сечении? Чему они равны?

13. Чем отличается расчет на прочность конструкций из пластичных и хрупких материалов?

14. Три характерных вида задач при осевом растяжении (сжатии) на прочность.

15. Что такое абсолютная продольная деформация? Абсолютная поперечная деформация.

16. Что такое относительная продольная деформация? Относительная поперечная деформация?

17. Что называется коэффициентом поперечной деформации?

18. Что называется модулем упругости  $E$ ?

19. Какие формулы, выражающие закон Гука, Вы знаете?

20. Как определить перемещение произвольного сечения?

## **ЛЕКЦИЯ 2**

**Тема:** Опытное изучение свойств материала при осевом растяжении и сжатии. Теория напряженного и деформированного состояния. Теории прочности.

### **Цель лекции:**

- знать диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов;
- знать теорию наибольших касательных напряжений (третья теория прочности) и энергетическую теорию прочности (четвертая теория прочности);
- иметь представление о предельных и допускаемых напряжениях и коэффициенте запаса прочности при осевом растяжении, сжатии;
- умение проводить расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии материалов;
- умение делать анализ напряженного и деформированного состояния.

### **План лекции:**

Силовая диаграмма растяжения и сжатия малоуглеродистой стали. Основные механические характеристики материала. Истинная и условная диаграмма растяжения. Основные механические характеристики материала. Явление наклепа. Диаграммы растяжения, сжатия различных конструкционных материалов. Влияние времени на деформацию. Последствия. Релаксация. Ползучесть. Опасное состояние материала. Допускаемые напряжения. Коэффициент запаса прочности.

Понятие о напряженном состоянии материала в точке. Тензор напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния. Деформации при сложно - напряженном состоянии. Обобщенный закон Гука.

### **Ключевые вопросы:**

1. Что такое напряженное состояние в точке?
2. Какое напряженное состояние называется объемным (трехосным), плоским (двухосным) и линейным (одноосным)?
3. Дайте понятие о главных напряжениях.
4. Как определяются главные напряжения при плоском и объемном напряженном состоянии?
5. Какие прочностные критерии используются при определении величины эквивалентного напряжения для пластичных тел?
6. Какие прочностные критерии используются при определении величины эквивалентного напряжения для хрупких тел?
7. Сформулируйте 3-ю и 4-ю теории прочности.

## **ЛЕКЦИЯ 4**

**Тема:** Теории прочности. Сдвиг.

### **Цель лекции:**

Изучить, как решается задача прочности при сложном напряженном состоянии материалов. Освоить метод расчёта на прочность, соединений работающих на сдвиг.

### **План лекции:**

Опасное (предельное) состояние материала при сложно - напряженном состоянии материала. Назначение теорий прочности. Третья и четвертая теория прочности.

Чистый сдвиг. Частный случай плоско – напряженного состояния материалов. Внутреннее усилие. Напряжения в поперечном сечении. Практические расчёты на сдвиг. Деформации. Закон Гука.

**Ключевые вопросы:**

1. Опасное (предельное) состояние материала при осевом растяжении и сжатии.
2. Напишите условие прочности по теории наибольших касательных напряжений.
3. Чему равно эквивалентное напряжение по энергетической теории прочности?
4. Для каких материалов применяется третья и четвертая теории прочности?
5. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях при чистом сдвиге? Как они распределяются по сечению?
6. Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
7. Как формулируется закон Гука при чистом сдвиге?
8. Напишите зависимость между модулем сдвига, модулем Юнга и коэффициентом поперечной деформации.

**ЛЕКЦИЯ 4**

**Тема:** Геометрические характеристики сечения

**Цель лекции:**

- научиться вычислять геометрические характеристики плоского сечения

**План лекции:**

Основные геометрические характеристики сечения. Площадь сечения. Статические моменты сечения. Моменты инерции сечения. Моменты сопротивления сечения. Основное свойство статических моментов (определения координат центра тяжести сечения). Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей (без вывода). Изменение моментов инерции при повороте осей координат (без вывода). Главные оси и главные моменты инерции. Моменты инерции и моменты сопротивления простых сечений (прямоугольник, круг и кольцо, треугольник). Радиусы инерции.

**Ключевые вопросы:**

1. Что называется статическим моментом сечения относительно оси? Его размерность?
2. Чему равен статический момент сечения относительно центральной оси?
3. По каким формулам определяются координаты центра тяжести сечения?
4. Для каких сечений при определении центра тяжести достаточно найти одну координату?
5. Что называется осевым, полярным и центробежным моментом инерции сечения? Размерность?
6. Какие оси называются главными центральными?
7. По каким формулам находятся главные моменты инерции?

**ЛЕКЦИЯ 5**

**Тема:** Кручение

**Цель лекции:**

- научить расчёту валов на кручение.

**План лекции**

Внутреннее усилие. Построения эпюр моментов крутящих. Напряжение, деформации стержней круглого поперечного сечения. Рациональная форма сечения вала. Условие прочности и жесткости сплошных и полых валов. Потенциальная энергия деформаций

**Ключевые вопросы**

1. При каком виде нагружения возникает кручение?
2. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях при кручении?
3. Чему равны максимальные напряжения при кручении?
4. Напишите условие прочности при кручении.

5. Какие деформации возникают при кручении?
6. Как рассчитать угол закручивания круглого вала?
7. Напишите условие жесткости при кручении.
8. Рациональная форма сечения вала.

### **ЛЕКЦИЯ 6**

**Тема:** Прямой поперечный изгиб.

**Цель лекции:**

- иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах;
- уметь их определять в поперечном сечении балки, освоить технику построения эпюр поперечных сил и моментов изгибающих.

**План лекции**

Основные определения: чистый изгиб, плоский, поперечный изгиб, прямой изгиб, косой изгиб. Понятие балки. Внутренние силовые факторы. Правило знаков для  $M$  и  $Q$ . Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  (интенсивностью равномерно-распределенной нагрузки).

**Ключевые вопросы**

1. Чему равен момент изгибающий в произвольном поперечном сечении балки?
2. Чему равна поперечная сила в произвольном поперечном сечении балки?
3. Правило знаков для поперечной силы.
4. Правило знаков для момента изгибающего  $M$ .
5. Напишите зависимость между моментом изгибающим и поперечной силой.
6. Чему равен момент изгибающий в поперечном сечении балки?
7. Чему равна поперечная сила в поперечном сечении балки?

### **ЛЕКЦИЯ 7**

**Тема:** Расчет балок при изгибе.

**Цель лекции:**

- уметь выполнять проектировочные и проверочные расчеты на прочность, выбирать рациональные формы поперечных сечений.

**План лекции**

Нормальные напряжения при изгибе. Эпюра распределения нормальных напряжений по сечению. Максимальные нормальные напряжения. Опасное сечение. Расчет балок на прочность для пластичных и хрупких материалов.

**Ключевые вопросы**

1. Условие прочности балки из пластичного материала.
2. Какие сечения стержня при изгибе считаются опасными?
3. Какие точки поперечного сечения стержня являются опасными?
4. Как учитываются механические характеристики материала при определении коэффициента запаса прочности?
5. Какая геометрическая характеристика сечения определяет прочность по нормальным напряжениям при изгибе?
6. Какая форма сечения балки является рациональной для пластичного материала?

### **ЛЕКЦИЯ 8**

**Тема:** Поперечный изгиб. Деформации при изгибе.

**Цель лекции:**

- изучить деформации при изгибе.

**План лекции**

Деформации: прогиба, угла поворота сечения. Изогнутая ось. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки и его интегрирование. Метод начальных параметров. Потенциальная энергия деформаций.

**Ключевые вопросы**

1. Что называется прогибом сечения? Что называется углом поворота сечения?
2. Напишите зависимость между углом поворота сечения и прогибом.

3. Напишите уравнение изогнутой оси балки.
4. Из каких условий определяются постоянные интегрирования при решении дифференциального уравнения изогнутой оси балки.
5. Где помещаем начало координат при определении деформаций методом начальных параметров?
6. Сколько постоянных интегрирования имеет метод начальных параметров?

### **ЛЕКЦИЯ 9 - 10**

**Тема:** Сложное сопротивление.

#### **Цель лекции:**

- иметь представление о тех видах деформаций стержня, при которых в поперечных сечениях одновременно возникает не менее двух внутренних силовых факторов;
- усвоить, что случаи сложного сопротивления можно разделить на две группы:

Первая группа (косой изгиб, внецентренное растяжение и сжатие). В этих случаях в опасных точках напряженное состояние является одноосным (при косом изгибе приближенно, т.к. действие касательных напряжений незначительно). Теории прочности не используются.

Вторая группа (изгиб с кручением, сжатие (растяжение) с кручением, сжатие, изгиб, кручение). В этих случаях в опасных точках возникает плоское напряженное состояние. Расчет на прочность выполняется с применением теорий прочности.

- уметь выполнять расчеты при сложном сопротивлении материалов.

#### **План лекции**

Косой изгиб. Нейтральная ось. Уравнение нейтральной оси. Напряжение. Условие прочности. Внецентренное сжатие (растяжение). Нейтральная ось и её свойства. Напряжение. Условие прочности. Изгиб с кручением стержней круглого сечения. Внешние и внутренние силы. Главные напряжения. Условие прочности. Момент расчетный по 3 и 4 теории прочности.

#### **Ключевые вопросы:**

1. Какой вид нагружения называется косым изгибом?
2. Из каких видов нагружения складывается косой изгиб (в соответствии с принципом независимости действия сил)?
3. Напишите формулу определения напряжений при косом изгибе.
4. Что собой представляет нейтральная ось при косом изгибе?
5. Условие прочности при изгибе.
6. Какое сложное нагружение называется внецентренным сжатием (растяжением)?
7. К каким видам нагружений приводится внецентренное сжатие (растяжение)?
8. Что называется центром давления?
9. Какой вид имеет нулевая линия при внецентренном сжатии (растяжении)?
10. По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечном сечении при внецентренном сжатии (растяжении)?
11. Как определяются точки поперечного сечения, в которых возникают максимальные растягивающие и сжимающие напряжения при косом изгибе, при внецентренном сжатии (растяжении)?
12. Какое напряженное состояние возникает в поперечном сечении при совместном действии изгиба и кручения?
13. Напишите условие прочности для расчета вала.
14. Напишите формулу для расчета эквивалентного момента при расчете по третьей и четвертой теории прочности.
15. Как выбирается опасное сечение при расчете вала?

### **ЛЕКЦИЯ 11**

**Тема:** Расчет статически определимых стержневых систем. Расчет рам. Расчет статически неопределимых стержневых систем. Метод сил.

#### **Цель лекции:**

- иметь представление о статически определимых и статически неопределимых стержневых системах;
- раскрытие статической неопределимости системы методом сил.

#### **План лекции**

Понятие о статически определимой и статически неопределимой системе. Основная система. Эквивалентная система. Канонические уравнения метода сил. Порядок расчета методом сил.

#### **Ключевые вопросы:**

1. Какая система называется статически неопределимой?
2. Какая система называется геометрически неизменяемой?
3. Как составляются дополнительные уравнения (уравнения деформаций)?
4. Как определяется степень статической неопределимости системы? Чему она равна?
5. Запишите канонические уравнения метода сил. В чем их физический смысл?
6. Как находятся коэффициенты канонических уравнений?
7. Как находятся свободные члены канонических уравнений?

#### **ЛЕКЦИЯ 12**

**Тема:** Расчёт сжатых стержней на устойчивость

#### **Цель лекции:**

- иметь представление: об устойчивых и неустойчивых формах равновесия, критической силе и коэффициенте запаса устойчивости, о критическом напряжении, гибкости стержня и предельной гибкости. Знать условие устойчивости сжатых стержней, формулу Эйлера и эмпирические формулы для расчета критической силы и критического напряжения;

- научиться практическим методам расчёта на устойчивость.

#### **План лекции:**

Устойчивая и неустойчивая форма равновесия. Определение продольного изгиба. Формула Эйлера для критической силы. Влияние способа закрепления концов стержня на значение критической силы. Пределы применимости формулы Эйлера. Практический расчет сжатых стержней.

#### **Ключевые вопросы**

1. В чем заключается явление потери устойчивости равновесного состояния стержня?
2. Какая сжимающая сила называется критической?
3. Какие способы определения критической силы вы знаете?
4. Как влияет закрепление концов стойки (стержня) на величину критической силы?
5. Что такое гибкость стойки и приведенная длина?
6. Что такое предельная гибкость?
7. Когда применима формула Эйлера для определения критической силы?
8. Как рассчитать критическую силу для стойки средней гибкости?
9. Что такое проверочный и проектировочный расчет на устойчивость?
10. Какое влияние оказывают на критическую силу упругие и прочностные характеристики при потере устойчивости стержня в упругой стадии?

#### **Лекция 13**

**Тема:** Расчёт на прочность при напряжениях циклически изменяющихся во времени (расчет на усталость). Динамические нагрузки.

#### **Цель лекции:**

- изучить расчету на усталость;
- научить расчету при динамическом действии сил.

#### **План лекции:**

Расчет на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Основные определения: усталостная трещина, понятие усталости, усталостное разрушение, сопротивление усталости. Цикл напряжений. Характеристики цикла. Факторы, влияющие на предел выносливости. Определение коэффициента запаса прочности. Условие прочности по

коэффициентам запаса прочности. Динамическая нагрузка. Расчет движущихся с ускорением элементов конструкций. Учет сил инерции. Ударные нагрузки. Расчет на удар.

#### **Ключевые вопросы**

1. Что называется усталостью материала?
2. Что называется циклом напряжения?
3. Что называется средним, максимальным и минимальным напряжением, амплитудой, коэффициентом асимметрии?
4. Что представляет собой симметричный и асимметричный цикл напряжений?
5. Что называют пределом выносливости?
6. Как влияют размеры детали на величину предела выносливости?
7. Что называется эффективным коэффициентом концентрации напряжений?
8. Как влияет на величину предела выносливости чистота поверхности?
9. Почему уточненные расчеты на усталостную прочность выполняют как проверочные?
10. Условие прочности по коэффициентам запаса прочности.
11. Сформулируйте принцип Даламбера. Какая гипотеза лежит в основе приближенной теории удара?
12. Чему равен динамический коэффициент при ударной нагрузке?

#### **ЛЕКЦИЯ 14**

**Тема:** Классификация механизмов, узлов, деталей. Основы проектирования механизмов, стадии разработки. Требования к деталям, основные критерии работоспособности, надежности и расчета деталей машин.

#### **Цель лекции:**

- ознакомить с классификацией механизмов, узлов и деталей.

Иметь представление:

- о критериях работоспособности деталей машин;
- о выборе материалов для деталей машин;
- об особенностях расчета деталей машин;
- о стандартизации и взаимозаменяемости;
- об основах расчета и конструирования деталей общемашиностроительного применения.

#### **План лекции**

Общие сведения о деталях и узлах машин. Основные критерии работоспособности: прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Стандартизация и взаимозаменяемость деталей машин. Технологичность конструкций и экономичность деталей машин.

#### **Ключевые вопросы:**

1. Что следует понимать под деталью и сборочной единицей?
2. Что следует понимать под надежностью машин и их деталей и каковы их основные критерии?
3. Назовите методы оценки прочностной надежности деталей.
4. Назовите виды изнашивания деталей машин.
5. Чем оценивается жесткость детали?
6. Дайте определение износостойкости.
7. Сформулируйте цель обеспечения технологичности.
8. Дайте определение стандартизации.
9. Дайте определение унификации.
10. Сколько стадий проектирования предусматривается системой ЕСКД?

#### **ЛЕКЦИЯ 15**

**Тема:** Механические передачи и их назначение: зубчатые, червячные, фрикционные, ременные, цепные, передачи винт – гайка.

#### **Цель лекции:**

иметь представление:

- о назначении передачи;
- о принципе работы;

знать:

- кинематические и силовые соотношения в передачах;
- критерии работоспособности передачи;
- оценку применения (достоинства и недостатки).
- освоить основы расчета передач.

### **План лекции**

Общие сведения о передачах. Виды передач. Передачи трением: фрикционная, ременная. Принципиальное устройство. Условие работы. Кинематические и силовые соотношения. Расчеты. Оценка применения. Передачи зацеплением: зубчатая, червячная, цепная. Расчеты. Оценка применения. Передача винт-гайка.

### **Ключевые вопросы:**

1. Как классифицируют механические передачи по принципу действия и по взаимному расположению звеньев передачи в пространстве?
2. Каково основное назначение механических передач?
3. Как определяется передаточное отношение многоступенчатой передачи?
4. При каком значении передаточного отношения передача будет замедляющей?
5. Какая существует зависимость между мощностью, угловой скоростью и вращающим моментом на валах привода?
6. Дайте определение вариатора.
7. В каких случаях целесообразно применять фрикционные передачи?
8. Условие работы фрикционной передачи.
9. Какими достоинствами и недостатками обладают фрикционные передачи.
10. Какая передача называется ременной? Укажите её достоинства и недостатки по сравнению с другими видами передач.
11. Перечислите основные типы приводных ремней и дайте их краткую сравнительную характеристику. От каких факторов зависит долговечность ремня?
12. Как определяется передаточное число ременной передачи без учета и с учетом скольжения ремня на шкиве?
13. Обеспечивают ли зубчатые передачи постоянство передаточного отношения?
14. По каким основным признакам классифицируют зубчатые передачи?
15. Дайте определение редуктора.
16. Какие материалы целесообразно применять при изготовлении зубчатых передач?
17. Как определяется передаточное отношение зубчатой передачи?
18. Какое звено зубчатой передачи (червяк или червячное колесо) обычно бывает ведущим?
19. Какими достоинствами и недостатками обладают червячные передачи по сравнению с зубчатыми?
20. В каких случаях применяют червячные передачи?
21. По каким критериям ведется расчет зубчатых и червячных передач?
22. Приведите схему принципиального устройства цепной передачи между параллельными валами.
25. Какая передача (ременная или цепная) способна передать большую мощность?
24. С какой целью любую цепную передачу оснащают натяжным устройством?
25. Какую цепь лучше применять, если передача должна работать бесшумно?
26. Принципиальное устройство передачи винт-гайка.
27. Как подразделяются винты в винтовых механизмах в зависимости от их назначения?
28. Из каких материалов изготавливают винты и гайки?

### **ЛЕКЦИЯ 16**

**Тема:** Детали, обслуживающие вращательные движения (валы, подшипники, муфты).

**Цель лекции:**

иметь представление:

- о назначении, классификации и элементах конструкции валов и осей;
- о подшипниках скольжения и качения, как опорных устройств валов и осей;
- о материалах валов и осей, подшипников;
- о классификации муфт;
- об устройстве и принципе действия основных типов муфт.

знать:

- проектировочный и проверочный расчет валов и осей;
- порядок подбора подшипников качения по динамической грузоподъемности.

**План лекции**

Назначение и классификация валов и осей. Материалы. Расчет валов: проектный (предварительный), расчет на статическую прочность и расчет на сопротивление усталости. Подшипники качения. Устройство. Классификация. Маркировка. Основные типы. Подбор подшипников качения. Оценка применения. Подшипники скольжения. Устройство. Оценка применения. Критерии работоспособности. Механические муфты. Назначение и классификация муфт. Конструкции и расчет (подбор) муфт.

**Ключевые вопросы:**

1. Какова разница между валом и осью?
2. Назначение вала.
3. Каково назначение галтели?
4. Как рассчитывают валы на прочность и жесткость?
5. Дайте определение подшипника.
6. Как различают типы подшипников качения?
7. Какими достоинствами и недостатками обладают подшипники скольжения?
8. Какие виды разрушения встречаются в подшипниках скольжения?
9. Из каких деталей состоит подшипник качения?
10. Для чего применяется сепаратор?
11. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения?
12. Какие виды разрушения характерны для подшипников качения?
13. Как подбирают подшипники по стандарту?
14. Как подбирают подшипники качения по динамической грузоподъемности?
15. Как различают группы муфт по принципу действия и характеру работы?
16. По каким параметрам производят подбор муфт?
17. Какие различают виды упругих муфт?
18. Основная паспортная характеристика муфт.
19. В чем заключается расчет муфт?

**ЛЕКЦИЯ 17 -18**

**Тема:** Соединение деталей машин. Неразъемные и разъемные соединения.

**Цель лекции:**

- иметь представление о разъемных и неразъемных соединениях;
- уяснить, что основной критерий работоспособности соединений – прочность;
- знать основы расчета на прочность при постоянной нагрузке.

**План лекции**

Классификация соединений. Неразъемные соединения: клепаные, сварные, паяные, клеевые. Общие сведения. Оценка применения. Критерии работоспособности. Разъемные соединения: резьбовые, шпоночные, зубчатые, штифтовые, шлицевые. Общие сведения. Оценка применения. Критерии работоспособности. Расчет на прочность.

**Ключевые вопросы:**

1. Что представляет собой заклепка?

2. Как подразделяются клепаные соединения по функциональному назначению?
3. Конструкции клепаных соединений.
4. Требования к материалу заклепок.
5. Напишите условия прочности на срез и смятие клепаных соединений.
6. Дайте определение сварки.
7. Виды сварки.
8. Назовите виды сварных соединений.
9. Какие применяют типы сварных швов?
10. Напишите формулу расчета на прочность стыковых соединений.
11. Напишите формулу расчета на прочность при сварке угловыми швами.
12. Достоинства и недостатки сварных соединений.
13. Какие соединения называются резьбовыми?
14. Как классифицируют резьбы по геометрической форме и назначению?
15. Какие резьбы называются метрическими и дюймовыми?
16. Каковы достоинства болтового соединения?
17. В каких случаях применяют шпильки?
18. Как осуществляется стопорение резьбовых соединений?
19. Когда применяют мелкие резьбы?
20. Назовите составные части шпоночного соединения.
21. Оценка применения шпоночного соединения.
22. Какими шпонками осуществляется напряженное соединение, а какими шпонками ненапряженное?
23. Назовите основной критерий работоспособности шпоночных соединений.
24. Запишите условие прочности на срез шпонки.
25. Запишите условие прочности на смятие шпонки.
26. Дайте определение шлицевого соединения.
27. Назовите преимущества и недостатки шлицевого соединения по сравнению со шпоночным.

28. Запишите условие прочности на смятие шлицевого соединения.

## **2.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины**

Курс «Механика» состоит из нескольких разделов (модулей), а каждый раздел состоит из научной и практической части. Первая часть курса обычно излагается на лекциях. Вторая часть изучается на практических и лабораторных занятиях и заключается в решении задач механики.

В настоящее время издается много учебников и учебных пособий по курсу «Механика», анализ которых показывает, что авторы, в основном, придерживаются единой точки зрения на подбор материала, поэтому при изучении дисциплины можно пользоваться любым учебником (учебно-методическим пособием), имеющимся в библиотеке или в личном пользовании.

### **2.2.1 Методические указания по изучению дисциплины (теоретический материал)**

**Лекции** – раскрывают основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, делают акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть усвоены студентами. Материалы лекций являются основой для изучения курса и подготовки к практическим занятиям. Лекция является одним из основных источников знаний, так как она содержит в себе информацию в обобщенном и законченном виде. Лекция обеспечивает первичное усвоение материала курса, способствует развитию познавательных интересов.

При изучении курса учебной дисциплины особое внимание следует обратить на правильное ведение конспекта. После лекции необходимо работать с учебниками, рекомендованными лектором, дополнять лекцию новыми примерами, разъяснениями, дополняющими рассмотренную теорию. Вносить в конспект курса лекций теоретические

вопросы, отнесенные к самостоятельному изучению согласно рабочей программы дисциплины.

Перед очередной лекцией полезно изучить предыдущую лекцию

### **2.2.2 Методические указания к изучению дисциплины (практические занятия)**

**Задачей** практических занятий является изучение методов расчета типовых задач, а также практическое осмысление основных теоретических положений курса. При решении задач обращается внимание на логику решения, на физическую сущность используемых величин, их размерность. Далее проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

Перед практическим занятием разобрать материал, изложенный на лекции и выполнить самостоятельную работу, предусмотренную рабочим планом. Для этого используются: конспект лекций, соответствующие разделы печатных и электронных учебников, ответы на вопросы для самоконтроля знаний. После практического занятия самостоятельно решить рекомендованные задачи и расчетно-графические работы.

При решении задач по теоретической механике следует:

- определить к какому разделу теоретической механики относится рассматриваемая задача;
- усвоить теоретический материал на изучаемую тему;
- выписать предложенные на лекциях, рекомендованных учебниках и учебных пособиях алгоритмы решения задач на данную тему;
- разобрать задачи, рассмотренные на практических занятиях и имеющиеся в учебниках и пособиях примеры решения задач;
- записать краткое условие задачи;
- определиться с методом решения задачи;
- выписать математическое выражение выбранного метода;
- сделать четкий рисунок в выбранном масштабе, соответствующий условию задачи и методу решения;
- запись уравнений и их решение приводить в буквенном виде, численные значения подставлять в конечные выражения;
- привести таблицу ответов, полученных величин.

**Цель** практических занятий по теоретической механике – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

В итоге изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и законы механики, виды движений, уравнения равновесия и уравнения движения тел; должен понимать механический смысл законов и уравнений; должен уметь применять законы и уравнения при анализе и расчетах движений механизмов.

Под умением применять законы и уравнения при анализе и расчете движений звеньев механизма понимаются следующие умения:

- умение определить вид движения тела (поступательное, вращательное вокруг неподвижной оси, плоское движение, и т.п.) и записать формулу передачи движения от одного тела к другому;
- умение по виду движения тел и данным поставленной задачи определить закон (теорему, уравнение, принцип), с помощью которого задачу можно решить.

**В статике** научиться:

- правильно выбирать объекты, равновесие которых необходимо (удобно) рассмотреть для определения неизвестных параметров;
- правильно и быстро определить виды условий равновесия разных систем сил, составить их и решить;
- пониманию эквивалентного преобразования систем сил, правильному упрощению разных типов систем сил.

**В кинематике** научиться:

- представлять различные типы движения твердого тела и уметь анализировать кинематические характеристики точки и твердого тела;
- умению моделировать многообразные механические системы и анализировать их кинематические свойства;
- решать многообразные кинематические задачи для точки, абсолютно твердого тела, используя теорию сложения движений.

**В динамике** научиться:

- умению объединять знания по статике, кинематике, необходимым разделам математики с достаточно сложными понятиями динамики для анализа изученных и новых моделей механических систем.

**В теории механизмов и машин** научить:

- формулировать критерии и составлять модели сложных технических систем в зависимости от заданных условий;
- выбирать и применять общие методы и алгоритмы анализа и синтеза механизмов и систем, образованных на их основе;
- решать прикладные задачи анализа и синтеза механизмов;
- составлять структурные и кинематические схемы механизмов;
- применять современную вычислительную технику.

**В разделе «Соппротивление материалов и детали машин»** научить:

- расчетам на изгиб и кручение;
- расчетам на прочность.

## **2.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО МЕХАНИКЕ**

### **2.3.1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ**

#### Практическое занятие 1

#### **Тема 1. Кинематика точки**

##### **Цель занятия:**

- иметь представление о пространстве, времени, траектории, пути, скорости и ускорении;
- знать способы задания движения точки;
- уметь составлять уравнения движения точки и уравнение траектории;
- знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории.

##### **Вопросы для подготовки:**

1. Кинематические способы задания движения точки. Определение траектории точки.
2. Переход от уравнений движения в декартовых координатах к естественному способу задания движения точки.
3. Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения в декартовой системе координат.
4. Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания ее движения.
5. Определение радиуса кривизны траектории по известному закону движения точки.
6. Комплексное определение различных кинематических параметров движения точки, заданного координатным способом.

##### **Литература:**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § 9.1 – 9.8.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. § 62 – 77.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 36 – 46.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел II. § 1 – 5.

##### **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем состоит сущность движения с позиций кинематики?
2. В чем выражается абсолютность пространства и времени?

3. Какие задачи изучаются в кинематике?
4. В чем различие между телом отсчета и системой отсчета?
5. Какие кинематические способы задания движения точки существуют, и в чем состоит каждый из этих способов?
6. Что называют траекторией движения точки?
7. Чем является траектория точки при векторном способе задания движения точки?
8. Что называется законом или уравнением движения точки по данной траектории?
9. Что называется перемещением точки за фиксированный промежуток времени?
10. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить ее траекторию?
11. Как направлена средняя скорость точки за некоторый промежуток времени?
12. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени и какое направление он имеет?
13. Дайте определение среднего ускорения точки за некоторое время.
14. Как связан орт касательной к кривой с радиусом-вектором движущейся точки?
15. Чему равна проекция скорости точки на касательную к ее траектории и модуль ее скорости?
16. Как определяются проекции скорости точки на неподвижные оси декартовых координат?
17. Что представляет собой годограф скорости?
18. Какая существует зависимость между радиусом-вектором движущейся точки и вектором скорости этой точки?
19. Какой вид имеет годограф скорости прямолинейного неравномерного движения и равномерного движения по кривой, не лежащей в одной плоскости?
20. Чему равен вектор ускорения точки и как он направлен по отношению к годографу скорости?
21. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
22. Приведите определения соприкасающейся, спрямляющей и нормальной плоскостей.
23. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
24. Что должно быть известно при естественном способе задания движения точки?
25. При каких условиях значение дуговой координаты точки в некоторый момент времени равно пути, пройденному точкой за промежуток от начального до данного момента времени?
26. Каковы модуль и направление вектора кривизны кривой в данной точке?
27. В какой плоскости расположено ускорение точки и чему равны его проекции на естественные координаты оси?
28. Что характеризует собой касательное и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
29. Что характеризует собой нормальное ускорение точки и как оно направлено по отношению к скорости точки?
30. При каком движении точки равно нулю касательное ускорение точки и при каком – нормальное ускорение?
31. Как классифицируются движения точки по ускорениям?
32. В какие моменты времени нормальное ускорение в криволинейном движении может обратиться в нуль?
33. Чем отличается график пути от графика движения точки?
34. Как по графику движения определить алгебраическое значение скорости точки в любой момент времени?
35. Что такое равнопеременное движение точки?
36. Что такое равноускоренное (равнозамедленное) движение точки?

**Методические рекомендации к решению задач по теме кинематика точки.**

Задачи по кинематике точки отличаются большим разнообразием. Они могут включать в себя в комплексе или в виде отдельных вопросов следующие темы:

- 1) составление уравнений движения точки;
- 2) определение по заданным уравнениям движения точки ее траектории, положения точки, скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории;
- 3) переход от уравнений движения точки в декартовых координатах к полярным или естественному способу задания движения;
- 4) определение по некоторым заданным кинематическим параметрам движения точки других его параметров (например, пройденного пути по заданному времени или, наоборот, времени движения по известному положению точки, уравнения движения по заданному ускорению и т.п.)

Расчетно-графическая работа по кинематике точки соответствует второму типу задач.

#### **Самостоятельная работа**

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач:

№№10.2(1-5); 10.4(1-4); 10.7; 10.12; 10.4; 11.2; 11.3; 11.12; 12.9; 12.14; 12.16; 12.17; 12.21; 12.22; 12.23; 12.25; 12.27; 12.29.

#### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К1 на тему «Определение абсолютной скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения».

#### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

#### **Тема 2. Простейшие движения твёрдого тела (самостоятельно)**

##### **Цель занятия:**

- иметь представление о поступательном движении, его особенностях и параметрах, о вращательном движении тела и его параметрах;
- знать формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений тела;
- уметь определять кинематические параметры любой точки тела.

##### **Вопросы для подготовки:**

1. Теорема о движении точек тела, совершающего поступательное движение. Классификация поступательных движений.
2. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси – определение, уравнение движения.
3. Угловая скорость: определение; формула для вычисления величины;  $\omega$  как вектор; размерность.
4. Угловое ускорение: определение; формула для вычисления величины;  $\varepsilon$  как вектор; размерность.
5. Классификация вращательного движения в зависимости от  $\varepsilon$ .
6. Движение точки тела:
  - скорость точки: векторное выражение, величина и направление;
  - ускорение точки: величина и направление нормального (центростремительного), касательного и полного ускорения.
7. Способы передачи вращательного движения.

##### **Литература**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § 10.1-10.2.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. § 78-84.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 48-51.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Разд. II. Гл. 2. § 1-3

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите основные виды движений твердого тела.
2. Что определяет число степеней свободы твердого тела?
3. Какое движение твердого тела называется поступательным и какими свойствами оно обладает?
4. Что собой представляют траектории отдельных точек при поступательном движении?
5. Запишите уравнения поступательного движения.
6. Почему при поступательном движении скорости и ускорения его точек не могут быть различными?
7. Какое движение твердого тела называется вращением вокруг неподвижной оси и как оно осуществляется?
8. Что такое ось вращения?
9. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси?
10. По каким формулам определяются модули угловой скорости и углового ускорения вращающегося твердого тела?
11. Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения при вращении тела вокруг неподвижной оси?
12. Выведите формулы модулей скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
13. При каких условиях ускорение точки вращающегося тела составляет с отрезком, соединяющим точку с центром описываемой ею окружности, углы  $0$ ,  $45$ ,  $90^\circ$ ?
14. Ускорения каких точек вращающегося тела:
  - а) равны по модулю,
  - б) совпадают по направлению,
  - в) равны по модулю и совпадают по направлению?
15. Запишите в векторном виде выражения линейной скорости, касательного и нормального ускорений при вращательном движении?
16. Объясните, как направлен вектор скорости точки, вращающейся вокруг неподвижной оси?
17. Запишите формулу Эйлера. В чем ее физический смысл?
18. Запишите формулу Ривальса. В чем ее физический смысл?
19. Что представляет собой передаточное отношение передачи и как оно определяется для многоступенчатой передачи?
20. Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.
21. Какое вращение называется равномерным?
22. Какое вращение называется равнопеременным?
23. Запишите уравнения равномерного и равнопеременного вращательного движений твердого тела.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 13.14, 13.15, 13.17, 13.18, 14.3, 14.4, 14.5.

### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К2 на тему «Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях».

### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

### Практическое занятие 2.

Сдать расчетно-графическую работу К1 и К2.

### **Тема 3. Сложное движение точки.**

#### **Цель занятия:**

- выработать практические навыки решения задач на сложное движение точки;
- иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении.

#### **Вопросы для подготовки:**

1. Сложное (абсолютное) движение точки и его составляющие: переносное и относительные движения;
2. Абсолютная, переносная и относительная скорости точки;
3. Теорема о сложении скоростей;
4. Абсолютное, переносное и относительное ускорения точки;
5. Теорема о сложении ускорений;
6. Ускорение Кориолиса и условия, при которых оно возникает
7. Случаи, при которых ускорение Кориолиса равно нулю.

#### **Литература:**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § 13.1-13.4
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. § 111-116.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 64-67
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел II. § 1 – 4.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какое движение точки является сложным (составным)?
2. Какие системы координат выбирают при определении скоростей твердых тел при сложном движении?
3. Что такое относительная, переносная и абсолютная траектории?
4. Какая скорость (ускорение) является относительной? Приведите примеры.
5. Какая скорость (ускорение) называется переносной? Приведите примеры.
6. Что такое абсолютная скорость и ускорение? Приведите примеры.
7. Смысл теоремы о сложении скоростей.
8. Смысл теоремы о сложении ускорений.
9. Какое ускорение называется Кориолисовым? Как определяется его величина и направление.
10. В каких случаях ускорение Кориолиса обращается в нуль?

#### **Методические рекомендации к решению задач по теме сложное движение точки.**

- 1) объяснить, почему движение точки можно рассматривать как сложное;
- 2) определить характер относительного и переносного движения;
- 3) определить положение точки в относительном движении;
- 4) определить скорость и ускорение (или его составляющие, если движение криволинейное) в относительном движении, их направления показать на чертеже;
- 5) определить характеристики переносного движения;
- 6) определить радиус кривизны в переносном движении;
- 7) определить скорость и ускорение точки исходя из характера переносного движения, их направления показать на чертеже;
- 8) определить кориолисово ускорение;
- 9) записать векторные равенства для абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки, применив теорему о сложении скоростей и ускорений при сложном движении точки;
- 10) спроектировать векторные равенства на выбранные оси координат и найти проекции скорости и ускорения на эти оси;
- 11) определить модуль абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки.

#### **Самостоятельная работа**

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 22.5; 22.14; 22.15; 22.17; 23.7; 23.12; 23.18; 23.27; 23.47

### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К7 на тему «Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного и вращательного переносного движения».

### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

### Практическое занятие 3

Сдать расчетно-графическую работу К7.

### **Тема 4. Плоскопараллельное движение.**

#### **Цель занятия:**

- знать разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное;
- знать способы определения мгновенного центра скоростей;
- знать определение угловой скорости тела и линейной скорости точек через МЦС;
- знать определение ускорений через полюс.

#### **Вопросы для подготовки:**

1. Задание положения и движения плоской фигуры, движущейся в своей плоскости. Уравнения движения.

2. Разложение плоскопараллельного движения на составляющие.

3. Кинематические характеристики плоского движения:

3.1. Скорость точки

3.1.1. Теорема о проекциях скоростей двух точек на ось, проходящую через эти точки;

3.1.2. Мгновенный центр скоростей: определение, способы нахождения; нахождение скоростей точек плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей.

3.2. Ускорение точки

3.2.1. Вычисление ускорения через полюс.

### **Литература:**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § 11.1-11.5

2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. § 85-96; § 100

3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 52-58

4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел II. Глава 3. §1-11

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какое движение твердого тела называется плоским?  
2. Приведите примеры звеньев механизмов, совершающих плоское движение  
3. Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и ее поворот от выбора полюса?

4. Из каких простых движений складывается плоское движение твердого тела?

5. Покажите, что проекции скоростей точек неизменяемого отрезка на ось, совпадающую с этим отрезком, равны между собой.

6. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей? В чем заключается физический смысл МЦС? Приведите основные случаи определения положения МЦС?

7. Как определяется величина и направление скорости произвольной точки тела при известном положении мгновенного центра скоростей и угловой скорости?

8. Что представляет собой распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент?

9. Как построить центр поворота плоской фигуры, зная ее начальное и конечное положения?

10. Что представляют собой неподвижная и подвижная центры и что происходит с центрами при действительном движении плоской фигуры?

11. Как определяется ускорение любой точки плоской фигуры?

12. Почему проекция ускорения любой точки плоской фигуры на ось, проходящую через эту точку из полюса, не может быть больше проекции ускорения полюса на эту ось?

13. Что представляет собой картина распределения ускорений точек плоской фигуры в данный момент времени в трех случаях:

1)  $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$ ;

2)  $\omega \neq 0, \varepsilon = 0$ ;

3)  $\omega = 0, \varepsilon \neq 0$ ?

14. Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоского механизма?

### **Методические рекомендации к решению задач по теме плоское движение твердого тела.**

Задачи на определение различных кинематических параметров при плоском движении рекомендуется решать в следующем порядке:

1) анализируется движение всех звеньев механизма, и определяются те из них, которые совершают плоское движение;

2) находится положение мгновенного центра скоростей (МЦС) на пересечении перпендикуляра к скоростям двух известных точек;

3) определяется угловая скорость плоской фигуры (звена, совершающего плоское движение);

4) определение скоростей всех точек плоской фигуры как произведение угловой скорости на расстояние от точки до МЦС;

5) определяется ускорение всех точек, для этого записывается векторное равенство исходя из того, что ускорение любой точки можно определить как ускорение полюса (за полюс принимается точка, ускорение которой известно) плюс ускорение точки при вращательном движении относительно полюса;

6) записываются проекции этого векторного равенства на две взаимно перпендикулярные оси координат;

7) определяется угловое ускорение плоской фигуры.

### **Самостоятельная работа**

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 15.3; 16.31; 16.34; 16.35; 18.13; 18.23; 18.26; 18.37

### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы КЗ на тему «Определение скоростей и ускорений твердого тела при плоском движении».

### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

### **Практическое занятие 4**

Сдать расчетно-графическую работу КЗ

### ***Тема5: Система сходящихся сил. Плоская и пространственная системы сил.***

#### **Цель занятия:**

- знать основные понятия и аксиомы статики;
- знать геометрический и аналитический способы определения равнодействующей системы сил, условия равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил;

- знать алгоритм и уметь решать задачи на равновесие в геометрической и аналитической форме;
- уметь определять проекции силы на две взаимно перпендикулярные оси;
- иметь представление о главном векторе, главном моменте, равнодействующей плоской системы произвольно расположенных сил;
- решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена плоская система сил;
- иметь представление о главном векторе, главном моменте, равнодействующей пространственной системы произвольно расположенных сил;
- уметь выполнять разложение силы на три взаимно перпендикулярные оси, определять момент силы относительно оси;
- решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена пространственная система сил;
- решение задач на приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

**Вопросы для подготовки:**

1. Две основные задачи статики.
2. Аксиомы статики.
3. Виды связей и направление их реакций.
4. Условия и уравнения равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил.
5. Момент силы относительно точки.
6. Основные свойства пар сил.
7. Теорема Вариньона для плоской системы сил.
8. Теорема Пуансо о приведении силы к точке, приведение произвольной плоской системы сил к точке.
9. Условия и уравнения равновесия плоской системы сил.
10. Понятие о силах внешних и внутренних.
11. Равновесие систем тел.
12. Определение момента силы относительно оси.
13. Главный вектор и главный момент произвольной пространственной системы сил и их аналитическое определение.
14. Основная теорема статики.
15. Зависимость главного момента от центра приведения.
16. Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил.
17. Условия равновесия частных систем сил.
18. Статические инварианты.
19. Понятие о динамическом винте.
20. Приведение пространственной системы сил к динаме.
21. Частные случаи приведения системы пространственных сил к простейшему виду.
22. Теорема о моменте равнодействующей пространственной системы сил (теорема Вариньона).

**Литература:**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § §1.1-1.4; §2.1-2.3; § 3.1-3.4; § 5.1-5.4; § 3.1-3.4; § 4.1-4.2; § 5.1-5.4. Т. I. § 4.1-4.4; § 7.1-7.4.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. §1-11; § 13-40; § 13-15; § 17-19; § 26-35. Ч. I. §20-22; § 41-52.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 1-20. § 28-30.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел I. Глава 1. § 1-4; Глава 2. § 1-2; Глава 3. § 1-8; Глава 4. § 1-2; Глава 5. §1-7. Раздел I. Глава 7. § 1-3.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Приведите определение понятия «сила».

2. Перечислите признаки, характеризующие силу.
3. Назовите единицы измерения силы в системах СИ, МКГСС и СГС.
4. Что называется системой сил?
5. Приведите примеры сосредоточенных и распределенных сил.
6. Что называется равнодействующей системы сил?
7. Какая сила называется уравновешивающей?
8. Дайте определение внешней и внутренней силы.
9. Сформулируйте аксиому о равновесии двух сил.
10. Какие системы сил называются статически эквивалентными?
11. Назовите простейшую систему сил эквивалентную нулю.
12. В чем сущность аксиомы присоединения и исключения уравновешенной системы сил?
13. В чем физический смысл аксиомы отвердевания?
14. Сформулируйте правило параллелограмма сил.
15. Что выражает аксиома инерции?
16. Приведите формулировку аксиомы равенства действия и противодействия.
17. Что называется связью? В чем заключается сущность принципа освобожденности от связей?
18. Что такое реакция связи?
19. К какому объекту приложены силы реакции?
20. Перечислите основные виды связей, для которых заранее известно направление силы реакции.
21. Назовите связи, для которых заранее известна точка приложения реакции, но не ее направление.
22. Приведите определение системы сходящихся сил.
23. Что называется главным вектором системы сил?
24. В чем различие между главным вектором и равнодействующей системы сил?
25. Для какой системы сил равнодействующая и главный вектор совпадают?
26. Назовите методы определения равнодействующей системы сходящихся сил.
27. Как выражаются проекции равнодействующей системы сходящихся сил через проекции сил этой системы?
28. Назовите необходимое и достаточное условие равновесия системы сходящихся сил.
29. Что такое силовой многоугольник? Как определяется направление равнодействующей системы сходящихся сил при построении силового многоугольника?
30. Запишите условие равновесия системы сходящихся сил в векторной форме.
31. Какие задачи позволяют решать условия равновесия системы сходящихся сил?
32. Сформулируйте теорему о трех силах.
33. При каком условии три непараллельные силы, приложенные к твердому телу, уравновешиваются?
34. Возможно ли равновесие трех сходящихся сил, не лежащих в одной плоскости?
35. Как формулируется алгоритм решения задач статики на равновесие системы сходящихся сил?
36. Какая конструкция называется фермой?
37. В чем заключается сущность способа вырезания узлов?
38. Как формулируются леммы о нулевых стержнях?
39. В чем заключается сущность метода Риттера?
40. На основании каких соображений без вычислений можно определить стержни пространственных ферм, в которых при заданной нагрузке усилия равны нулю?
41. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?
42. Что такое моментная точка?

43. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
44. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса?
- Правило знаков.
45. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
46. Какая система сил называется парой сил?
47. Что такое момент пары?
48. Что называется плечом пары?
49. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?
50. Почему пара сил не имеет равнодействующей?
51. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?
52. Как направлен вектор момента пары сил?
53. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?
54. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?
55. Какие пары сил называются эквивалентными?
56. Что называется результирующей парой?
57. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.
58. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.
59. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия?
60. Как формулируется лемма о параллельном переносе силы?
61. Сформулируйте основную теорему статики.
62. Сформулируйте теорему Вариньона для произвольной плоской системы сил?
63. Что называется главным вектором плоской системы сил?
64. Что называется главным моментом плоской системы сил?
65. Каковы возможные случаи приведения сил, расположенных произвольно на плоскости?
66. При каком условии сила, равная главному вектору плоской системы сил, является равнодействующей этой системы?
67. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы сил.
68. Запишите три формы уравнений равновесия плоской системы сил.
69. Будет ли находиться в равновесии плоская система сил, для которой алгебраические суммы моментов относительно трех точек, расположенных на одной прямой, равны нулю?
70. Как поступают при наличии распределенной нагрузки?
71. Пусть для плоской системы сил суммы моментов относительно двух точек равны нулю. При каких дополнительных условиях система будет в равновесии?
72. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы параллельных сил.
73. Что называется моментом силы относительно оси?
74. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю и почему?
75. Запишите формулу, связывающую момент силы относительно точки с моментом этой же силы относительно оси, проходящей через эту же точку.
76. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.
77. Сформулируйте основную теорему статики для пространственной системы сил.
78. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.
79. Каковы возможные случаи приведения произвольно расположенных сил и параллельных сил в пространстве?

80. Каковы геометрические и аналитические условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?

81. Сформулируйте теорему о моменте равнодействующей пространственной системы сил относительно точки и оси.

82. Сформулируйте условия равновесия системы пространственных сил.

83. Приведите векторную запись условий равновесия произвольной системы сил.

84. Запишите уравнения равновесия пространственной системы сил.

85. К какому простейшему виду можно привести систему сил, если известно, что главный момент этих сил:

- равен нулю;

- перпендикулярен главному вектору;

- параллелен главному вектору.

86. По какой формуле вычисляют минимальный главный момент заданной системы сил.

87. Назовите инварианты пространственной системы сил.

88. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный вектор равен нулю, а главный момент системы сил относительно этого центра не равен нулю?

89. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный момент равен нулю, а главный вектор не равен нулю?

90. Что называется динамическим винтом (динамой)?

#### **Методические рекомендации к решению задач.**

При решении задач статики обычно производят различные действия над скалярными или векторными величинами. При сложении и вычитании векторов окончательный результат зависит от модуля вектора и его направления. Результат сложения векторов называется геометрической суммой. Соответственно результат вычитания двух векторов называется геометрической разностью. Сложение двух векторов (сложение двух сходящихся сил) производится либо по правилу параллелограмма, либо по правилу треугольника. Для графического решения задачи для построения параллелограмма или треугольника необходимо выбрать масштабный коэффициент. Сложение большого числа векторов производится по правилу силового многоугольника.

Второй способ – это метод проекций равнодействующей на координатные оси.

**Задачи на определение равнодействующей** системы сходящихся сил решаются в следующей последовательности:

1. Выбираются оси координат.

2. Определяются проекции всех заданных векторов на эти оси.

3. По известным проекциям на две координатные оси определяют модуль вектора.

4. Направление вектора определяется по направляющим косинусам

**Задачи на равновесие системы сходящихся сил** решаются в следующей последовательности:

1. Выбираем объект равновесия – точку, (тело или систему твердых тел) равновесие которой в данной задаче рассматривается. Изображаем их на чертеже.

2. Прикладываем к объекту равновесия все активные как заданные силы, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим координатные оси.

4. Выявляем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем их на чертеже.

5. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.

6. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

7. В задачах статики часто приходится определять усилия в стержнях. Необходимо установить, как действуют растягивающиеся и сжимающиеся силы в стержнях на точки крепления стержней или узлы. В растянутом стержне реакции направлены от узлов внутрь стержня, в сжатом стержне к узлам наружу стержня.

**Задачи на равновесие плоской системы сил** можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие плоской системы параллельных сил.
2. Задачи на равновесие плоской системы сил, расположенных произвольно.
3. Задачи на равновесие составных конструкций.
4. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.

Задачи первых трех типов (**задачи на равновесие**) рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.

2. Изображаем на чертеже все активные силы – как заданные, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим декартову систему координат.

4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.

5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.

6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.

7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны (в соответствии с третьим законом Ньютона).

9. Записываем уравнения равновесия в проекциях на координатные оси.

10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

**Задачи на опрокидывание** решаются в предположении, что твердое тело начинает отрываться от одной из опор. Поэтому реакцию этой опоры учитывать не следует. Тогда при равновесии тела реакция оставшейся опоры должна уравновешиваться равнодействующей заданных сил. Это означает, что линия действия равнодействующей заданных сил проходит через оставшуюся опору и, следовательно, момент равнодействующей силы относительно точки опоры равен нулю.

**В задачах на опрокидывание** без нахождения опорных реакций определяют модули или расположение активных сил (одной силы, вращающего момента), обеспечивающих равновесие тела, в частности отсутствие его опрокидывания.

1. Выделяем твердое тело (конструкцию), возможность опрокидывания которого проверяется.

2. Изображаем на чертеже все заданные силы, действующие на тело.

3. Определяем опору, относительно которой может произойти опрокидывание тела.

4. Составляем уравнение моментов заданных сил относительно этой опоры.

5. Решив уравнение, определяем искомую величину (предельную силу или предельный размер).

**Задачи на исследование пространственной системы сил** можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие пространственной системы параллельных сил и сил, расположенных произвольно с целью определения реакций опор.
2. Задачи на равновесие составных конструкций.
3. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.
4. Задачи на приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

**Задачи на равновесие** рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.
2. Изображаем на чертеже все активные силы - как заданные, так и те, которые требуется определить.
3. Вводим декартову систему координат.
4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.
5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.
6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.
7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.
8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой, но в противоположные стороны (третий закон Ньютона).
9. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.
10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач по теме:

- система сходящихся сил №№ 2.6; 2.10; 2.16; 2.29; 6.3; 6.5; 6.10;
- плоская система сил №№ 3.16; 3.18; 3.37; 4.15; 4.26; 4.28; 4.29; 4.32; 4.33; 4.34; 4.35; 4.43; 4.58; 4.59;
- пространственная система сил 8.16; 8.17; 8.19; 8.21; 8.22; 8.23; 8.26; 8.27; 8.28; 8.29; 8.34; 8.36; 8.37.

#### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графических работ:

№ 3 (С-2) на тему «Определение реакций опор твердого тела (плоская система сил)»;

№ 4 (С-3) на тему «Определение реакций опор составной конструкции».

№ 5 (С-7) на тему «Определение реакций опор твердого тела (пространственная система сил)».

#### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

#### Практическое занятие 5

Сдать расчетно-графическую работу С3

## **Тема 7. Дифференциальное уравнение движения материальной точки**

### **Цель занятия:**

- отработка практических навыков составления и интегрирования дифференциальных уравнений движений материальной точки.

### **Вопросы для подготовки:**

1. Основные понятия динамики.
2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
3. Основные законы динамики точки.
4. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
5. Две основные задачи динамики.
6. Начальные условия и их использование для определения постоянных интегрирования.

### **Литература:**

1. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. II. §1-10.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 73-80.
3. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел III. Глава 1. § 1-7.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Сформулируйте законы (аксиомы) динамики.
2. Какое уравнение называется основным уравнением динамики?
3. Написать дифференциальные уравнения движения точки в проекциях на оси координат (декартовы, естественные).
4. Каковы две основные задачи динамики точки, которые решаются при помощи дифференциальных уравнений движения точки?
5. Сформулируйте первую (прямую) задачу динамики точки.
6. Как определяются произвольные постоянные при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?
7. Сформулируйте вторую (обратную) задачу динамики точки.
8. Приведите формулировку закона независимости действия сил.
9. Дайте определение инерциальной системы отсчета.

### **Методические рекомендации к решению задач по теме динамика материальной точки.**

Задачи динамики делятся на две большие группы.

- 1) задачи, в которых по заданному закону движения точки находятся действующие на нее силы (первая задача динамики);
- 2) задачи, в которых по заданным силам, действующим на точку, определяется закон ее движения (вторая задача динамики).

#### **Первая задача динамики.**

- 1) используя заданные уравнения движения, найти путем двойного дифференцирования проекции ускорения на координатные оси;
- 2) записать дифференциальные уравнения движения точки в скалярном виде и определить из них проекции на координатные оси равнодействующей всех сил, приложенных к точке, как функции времени;
- 3) определить модуль равнодействующей и ее направляющие косинусы.

#### **Вторая задача динамики.**

- 1) выбрать и изобразить на чертеже систему координат;
- 2) изобразить на рисунке точку в текущем положении и действующие на точку силы;
- 3) написать дифференциальные уравнения движения точки в векторном виде;
- 4) спроектировать эти векторные равенства на координатные оси;
- 5) в зависимости от условий задачи найти первые и вторые интегралы дифференциальных уравнений;
- 6) определить начальные условия движения точки;

- 7) определить постоянные интегрирования исходя из начальных условий;
- 8) определить требуемые по условиям задачи величины.

#### **Самостоятельная работа**

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 26.10; 26.11; 26.15; 26.16; 27.2; 27.15; 27.31; 27.32; 27.46;

#### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д1 на тему «Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки».

#### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

#### **Практическое занятие б**

Сдать расчетно-графическую работу Д1

**Тема. Общие теоремы динамики: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения**

#### **Цель занятия:**

- отработка практических навыков решения задач на применение общих теорем динамики материальной точки и механической системы, в которых используются теоремы о движении центра масс и об изменении количества движения.

#### **Вопросы для подготовки:**

1. Механическая система. Силы внешние и внутренние.
2. Масса системы. Центр масс.
3. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс.
4. Количество движения точки и механической системы.
5. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и интегральной форме.
6. Закон сохранения количества движения.

#### **Литература:**

1. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. §42; § 51.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 83-84; § 100-101; § 106-112.
3. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел I. Глава 4. § 1-3.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как определяются координаты центра масс системы?
2. Может ли центр масс твердого тела находиться вне этого тела?
3. Запишите формулу для определения координат центра масс в трехмерном пространстве.
4. Из какого физического закона вытекает, что равнодействующая внутренних сил системы равна нулю?
5. Сформулируйте теорему о движении центра масс системы.
6. Сформулируйте закон сохранения движения центра масс системы.
7. В каких случаях центр масс системы движется равномерно и прямолинейно?
8. Что называется количеством движения точки?
9. Что называется элементарным импульсом силы?
10. Как определяется импульс силы за конечный промежуток времени?
11. Как формулируется теорема об изменении количества движения точки в дифференциальной форме?
12. Как формулируется теорема об изменении количества движения в конечной форме?
13. Как определить количество движения системы?

14. Сформулируйте теорему об изменении количества движения системы в дифференциальной форме.

15. Как формулируется теорема об изменении количества движения системы в конечной форме?

16. Сформулируйте закон сохранения количества движения системы.

17. В каком случае количество движения механической системы не изменяется?

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема о движении центра масс».**

Задачи, решаемые с использованием теоремы о движении центра масс, можно разделить на следующие типы:

1. Определение действующих на систему внешних сил по заданному закону движения ее точек (тел).

2. Нахождение закона движения центра масс системы по заданным внешним силам.

3. Определение закона движения одной из точек (тел) системы по заданным внешним силам и законам движения остальных точек системы.

4. Использование для решения задачи закона сохранения движения центра масс системы.

Задачи необходимо решать в следующем порядке:

1. Изобразить на схеме все внешние силы, действующие на систему.

2. Выбрать систему координат.

3. Записать теорему о движении центра масс в векторном виде, а затем в проекциях на координатные оси.

4. Найти проекции известных из условий задачи внешних сил на оси координат и подставить их в уравнения.

5. По известным законам движения всех точек системы и их массам определить проекции ускорения центра масс.

6. По дифференциальным уравнениям найти искомую силу.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении количества движения».**

1. Выявить совокупность тел, входящих в систему.

2. Выбрать систему координат.

3. Определить координаты центров масс системы.

4. Определить проекции на координатные оси и, если требуется по условиям задачи, модуль скорости центра масс.

5. Вычислить проекции на координатные оси, а также модуль и направляющие косинусы вектора количества движения системы.

**Самостоятельная работа**

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 28.2; 28.4; 28.9; 35.4; 35.10; 35.18; 36.11; 36.9.

**Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

Практическое занятие 7

**Тема. Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетической энергии, теорема об изменении кинетического момента**

**Цель занятия:**

- отработка практических навыков решения задач динамики механической системы, в которых используются теоремы об изменении кинетической энергии системы, об изменении момента количества движения системы.

**Вопросы для подготовки:**

1. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении тела.

2. Работа сил тяжести, действующих на систему.
3. Работа и мощность сил, приложенных к вращающемуся телу.
4. Работа и мощность сил, приложенных к телу в плоском движении.
5. Общие формулы для моментов инерции абсолютно твердого тела.
6. Теорема об изменении кинетической энергии.
7. Главный момент количества движения системы относительно центра и относительно оси.
8. Теорема об изменении главного момента количества движения системы.
9. Закон сохранения кинетического момента.

**Литература:**

1. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. §53-56; § 58-76.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 115-118; § 121-127.
3. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел I. Глава 4. § 4-6.

**Вопросы для самопроверки**

1. Что называется моментом силы?
2. Что называется моментом количества движения точки?
3. Сформулируйте теорему об изменении момента количества движения материальной точки.
4. Что называется главным моментом количества движения системы (кинетическим моментом системы)?
5. Как определяется кинетический момент системы относительно неподвижной оси?
6. Чему равен кинетический момент твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
7. Сформулируйте закон сохранения кинетического момента системы.
8. В каких случаях кинетический момент системы относительно точки и относительно оси остается постоянным?
9. Напишите формулу, по которой вычисляется момент инерции точки относительно оси.
10. Моменты инерции некоторых однородных тел (кольцо (обод), диск (цилиндр), стержень) относительно оси.
11. Сформулируйте теорему Гюйгенса-Штейнера.
12. Что такое радиус инерции твёрдого тела?
13. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной форме.
14. Напишите теорему об изменении кинетической энергии точки в конечной форме.
15. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной форме.
16. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в конечной форме.
17. Для какой системы изменения в кинетической энергии не зависят от внутренних сил?
18. Что называется силовым полем?
19. Какое силовое поле называется потенциальным?
20. Какова работа сил, действующих на точки системы в потенциальном поле, на замкнутом перемещении?
21. Какими математическими зависимостями связаны потенциал поля и силовая функция?

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении кинетической энергии».**

Для определения кинетической энергии системы необходимо:

1. Установить характер движения всех тел системы.

2. Получить выражения для кинетической энергии каждого из тел в соответствии с совершаемым им движением (поступательное, вращательное или плоское).
3. Выразить все линейные и угловые скорости тел через скорость того тела, движение которому задаем.
4. Определить кинетическую энергию механической системы, просуммировав кинетические энергии отдельных тел.
5. Изобразить на чертеже все внешние силы.
6. Найти перемещения точек приложения тех сил, которые совершают работу при движении системы.
7. Найти углы поворота тел, к которым приложены моменты.
8. Выразить все линейные и угловые перемещения тел через перемещение того тела, движение которому задаем.
9. Составить выражения для работ, совершаемых внешними силами, и найти их сумму.
10. Записать теорему об изменении кинетической энергии и определить искомую величину.

**Практические занятия и самостоятельная работа** по теме «Теорема об изменении кинетической энергии» включает в себя решение задач: №№ 38.2; 38.4; 38.12; 38.15; 38.20; 38.24; 38.27; 38.30; 38.39; 38.45; 38.51; 37.4; 37.12; 37.43; 37.52; 47.3; 47.7; 47.9; 47.11; 47.12.

#### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. - М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д 10 на тему «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы».

#### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. - М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

#### **Практическое занятие 8**

Сдать расчетно-графическую работу Д 10

**Тема. Принцип Даламбера, принцип Лагранжа и общее уравнение динамики**

#### **Цель занятия:**

- отработка практических навыков решения задач на равновесие несвободной материальной системы при помощи принципа возможных перемещений, принципа Даламбера и общего уравнения динамики.

#### **Вопросы для подготовки:**

1. Классификация связей.
2. Виртуальное перемещение материальной точки.
3. Дифференциал и вариация функции.
4. Условие идеальности связей.
5. Виртуальное перемещение системы материальных точек.
6. Принцип возможных перемещений.
7. Обобщенные координаты.
8. Обобщенные силы и методы их определения.
9. Принцип возможного перемещения в обобщенных координатах.
10. Силы инерции и моменты сил инерции, частные случаи приведения сил инерции.
11. Принцип Даламбера для точки и механической системы.
12. Принципы механики, используемые при выводе общих уравнений динамики.
13. Учет работы внутренних сил при виртуальных перемещениях, изменяемых механических систем; учет реакций неидеальных связей.

14. Определение работы, совершаемой силами инерции, при различных видах движения твердого тела.

**Литература:**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т. I. § 4.1-4.4; § 7.1-7.4.

2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Ч. I. §20-22; § 41-52.

3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. § 28-30.

4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Раздел I. Глава 7. § 1-3.

**Вопросы для самоконтроля**

1. В чём заключается принцип Даламбера для точки?

2. Каковы модуль и направление вектора силы инерции точки?

3. В чём заключается принцип Даламбера для системы?

4. Чему равен главный вектор сил инерции?

5. Чему равен главный момент сил инерции?

6. Силы инерции в частных случаях движения твёрдого тела: поступательного, вращательного вокруг оси, проходящей через центр масс, плоскопараллельного движения твёрдого тела.

7. Какая механическая система называется динамически уравновешенной?

8. В каком случае динамические составляющие подшипника и подпятника обращаются в нуль?

9. Что называют связями?

10. Какие связи называют геометрическими?

11. Какие связи называют стационарными?

12. Какие связи называют удерживающими?

13. Что называется возможным перемещением?

14. Как взаимосвязаны возможные и действительные перемещения системы?

15. Какие связи называют идеальными?

16. Сформулируйте принцип возможных перемещений.

17. Возможно ли применение принципа возможных перемещений к системам с неидеальными связями?

18. Сформулируйте общее уравнение динамики.

19. Запишите общее уравнение динамики в аналитической форме. Каков физический смысл этого уравнения?

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Принцип возможных перемещений».**

1. Изобразить схематически материальную систему, равновесие которой рассматривается, и все активные силы, включая силу трения, показать на чертеже.

2. Согласно принципу освобожденности от связей, отбросить связи и заменить их реакциями связей.

3. Выбрать обобщенную координату, сообщить системе виртуальное перемещение, написать выражение для виртуальной работы (или обобщенной силы) и, приравняв ее нулю, определить искомые величины.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Принцип Даламбера».**

1. Выделить точку, движение которой рассматривается.

2. Выявить все активные силы изобразить их приложенными к точке на чертеже.

3. Освободить точку от связей и заменить их реакциями связей.

4. Добавить к полученной системе сил силу инерции.

5. Записать уравнения равновесия полученной системы сил и определить искомые величины.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Общее уравнение динамики»**

1. Изобразить на чертеже все активные силы и силы трения, если они действуют.
2. К активным силам добавить силы инерции и моменты сил инерции, направив их противоположно линейным или угловым ускорениям.
3. Сообщить системе столько независимых между собой возможных перемещений, сколько степеней свободы имеет система;
4. Выразить все линейные и угловые ускорения через ускорение того тела, движение которого мы задаем;
5. Выразить все линейные и угловые возможные перемещения через возможные перемещения того тела, движение которому мы задаем;
6. Записать общее уравнение динамики и определить искомые величины.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач:

- по теме «Принцип возможных перемещений» [6] №№ 41.3; 41.10; 41.17; 42.8; 46.1; 46.3; 46.8; 46.9; 46.10; 46.18; 46.19; 46.21; 46.22; 46.24; 46.25; 46.27;
- по теме «Принцип Даламбера» [6] №№ 41.3; 41.10; 41.16; 41.17; 42.8; 46.10; 46.21; 46.22; 46.27; 47.1; 47.9; 47.11; 47.15;
- по теме «Общее уравнение динамики»: [6] №№ 47.1; 47.3; 47.4; 47.5; 47.6; 47.9; 47.11; 47.12; 47.15; 47.21; 47.24.

#### **Литература:**

Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. – М.: Наука, 2003 (и предыдущие издания).

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д19 на тему «Применение общего уравнения динамики к механической системе с одной степенью свободы».

#### **Литература:**

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие /под ред. А.А.Яблонского/. – М.: Высшая школа, 2004 (и предыдущие издания).

#### Практическое занятие 9.

**Тема: Уравнения Лагранжа II рода.**

#### **Цель занятий:**

Основная цель занятий – привить студентам практические навыки составления дифференциальных уравнений движения материальной системы с помощью уравнений Лагранжа второго рода.

#### **Вопросы для подготовки.**

1. Обобщенные координаты;
2. Методы определения обобщенных сил;
3. Уравнения Лагранжа второго рода;
4. Функция Лагранжа
5. Уравнения Лагранжа второго рода для потенциальных систем;
6. Порядок составления уравнений Лагранжа второго рода;
7. Достоинства уравнений Лагранжа второго рода.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№ 48.3; 48.4; 48.11; 48.26; 48.31; 48.37; 48.40; 48.48.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Какие связи называются голономными?
- 2) Что называется числом степеней свободы механической системы?
- 3) Что называется обобщенными координатами системы?
- 4) Что называется обобщенной силой соответствующей некоторой координате системы, и какую она имеет размерность.
- 5) Запишите формулу, выражающую полную элементарную работу всех приложенных к системе сил в обобщенных координатах.
- 6) Как определяется размерность обобщенной силы?
- 7) Как вычисляются обобщенные силы в консервативных системах?

- 8) Запишите систему дифференциальных уравнений Лагранжа II рода.
- 9) Сколько уравнений Лагранжа II рода можно составить для несвободной механической системы?
- 10) Зависит ли число уравнений Лагранжа механической системы от количества тех, входящих в состав системы.
- 11) Что называется функцией Лагранжа и в чем её физический смысл?
- 12) Для каких механических систем существует функция Лагранжа?
- 13) Функцией каких аргументов является вектор скорости точки, принадлежащее механической системе с  $S$  степенями свободы?
- 14) Функцией каких аргументов является кинетическая энергия системы, подчиненной голономным нестационарным связям?
- 15) В зависимости от каких переменных величин должна быть выражена кинетическая энергия механической системы при составлении уравнений Лагранжа?

#### **Методические рекомендации к решению задач.**

1. Устанавливаем число степеней свободы системы.
2. Выбираем обобщенные координаты по числу степеней свободы системы.
3. Определяем обобщенные скорости.
4. Изображаем на схеме активные силы.
5. Определяем кинетическую энергию системы с учетом выбранных обобщенных координат и скоростей.
6. Определяем частные производные от кинетической энергии по обобщенным координатам  $\frac{\partial T}{\partial q_i}$ .
7. Определяем частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям  $\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}$ .
8. Определяем производные по времени от частных производных от кинетической энергии по обобщенным скоростям  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right)$ .
9. Определяем обобщенные силы  $Q_i = \frac{(\delta A)_i}{\delta q_i}$ .
10. Составляем уравнение Лагранжа и определяем искомые величины.

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

#### Практическое занятие 1.

*Тема: Функция положения механизмов. Передаточные функции. Планы 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.

#### **Вопросы для подготовки.**

1. Понятие масштабных коэффициентов.
2. Масштабный коэффициент длины и его применение при построении планов положений.
3. Масштаб кривошипа и его применение.
4. Планы положений рычажных механизмов и их построение.
5. Определение крайних положений различных видов различных рычажных механизмов.

6. Функция положения выходного звена и промежуточных звеньев рычажных механизмов. Построение графика зависимости перемещения выходного звена от обобщенной координаты.

7. Первая и вторая передаточные функции рычажных механизмов (аналоги скоростей и ускорений). Построение графиков их зависимости от обобщенной координаты.

8. Вычисление координат и построение шатунной кривой.

#### Практическое занятие 2.

**Тема: Аналитический метод кинематического исследования рычажных механизмов.**

#### **Цель занятия:**

- ознакомиться с графоаналитическими и аналитическими методами кинематического исследования рычажных механизмов;

- научиться строить планы скоростей и ускорений рычажных механизмов второго класса, второго порядка;

- научиться составлять таблицы исходных данных для расчета кинематических параметров аналитическим методом на ПЭВМ;

- научиться составлять таблицы исходных данных для расчета кинематических параметров аналитическим методом на ПЭВМ;

- научиться определять линейные скорости и ускорения звеньев.

#### **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: Методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ.*

**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;
  - К-1 – максимум передаточной функции первого порядка;
  - максимум передаточной функции второго порядка;
  - среднеквадратическое отклонение функции положения выходного звена при фиксированных углах поворота входного звена;
  - К-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.

Практическое занятие 4.

*Тема: Кинематика многоступенчатых зубчатых передач.*

**Цель занятия:**

- научиться определять передаточное отношение различных типов передач: рядовых, 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 5.

*Тема: Кинестатика рычажных механизмов с применением ЭВМ.*

**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. Силы внешние и внутренние, действующие на механизм и группы Ассура.

2. Реакции во вращательной и поступательной кинематических парах.
3. Инерционная нагрузка в механизмах.
4. Расчет рабочей нагрузки.
5. План сил, его математическое выражение, порядок построения плана сил.
6. Метод мгновенных мощностей.
7. Жесткий рычаг Жуковского, его физический смысл.
8. Таблица параметров механизма для ввода в ПЭВМ.

#### Практическое занятие № 6

**Тема:** *Приведение масс и сил. Уравнение движения машинного агрегата.*

**Цель занятия:**

- приобретение практических навыков определения приведенного момента инерции и приведенной массы;
- приобретение практических навыков записи уравнений движения машинного агрегата.

**Вопросы для подготовки:**

- 1) Звено приведения.
- 2) Физический смысл приведенного момента, приведенной массы, приведенного момента сил сопротивления и движущих сил от чего они зависят?
- 3) Аналитический метод определения приведенного момента.
- 4) Построение графика приведенного момента инерции, выбор масштабного коэффициента?
- 5) Как изменится приведенный момент инерции при увеличении угловой скорости вращения кривошипа в 2 раза?
- 6) Докажите, что приведенный момент инерции механизма не зависит от скорости звена приведения.
- 7) Уравнение Лагранжа II рода и его применение для записи уравнений движения машины?
- 8) Режимы движения машины, их свойства?
- 9) Что называется коэффициентом неравномерности движения звена приведения механизма или машины?
- 10) Какова цель установки маховика в механизме или машине?
- 11) Какие причины вызывают периодические колебания скорости звена приведения механизма?
- 12) Что понимают под механическим коэффициентом полезного действия механизма? Как он вычисляется?

#### Практическое занятие №7

**Тема:** *Уравновешивание сил инерции в механизмах.*

**Цель занятия:**

- приобретение практических навыков уравновешивания сил инерции.

**Вопросы для подготовки:**

- 1) В каком случае применяется полное уравновешивание сил инерции?
- 2) В каком случае применяется частичное уравновешивание сил инерции?
- 3) Как определяются коэффициенты разложения сил инерции в ряд Фурье?
- 4) Уравновешивание первой гармоники главного вектора сил инерции с помощью вращающихся противовесов?
- 5) Уравновешивание главного вектора сил инерции с помощью противовесов, установленных на звенья.

#### Практическое занятие № 8

**Тема:** *Уравнения движения машинного агрегата с учетом характеристики двигателя. Динамические ошибки.*

**Цель занятия:**

- приобретение практических навыков выбора характеристик двигателя и решения уравнений движения с учетом характеристик двигателя.

**Вопросы для подготовки:**

- 1) Механические характеристики двигателей (идеальная, статическая, динамическая). Какая физическая модель описывает выбранный двигатель?
- 2) Крутизна статической характеристики двигателя, постоянная времени двигателя, что они характеризуют?
- 3) Уравнение движения машинного агрегата. Метод последовательных приближений. При каких условиях он применим?
- 4) Понятие динамической ошибки по скорости? Какие способы уменьшения динамической ошибки существуют?
- 5) Возмущающий момент и его физический смысл?
- 6) Понятие внутренней виброактивности машинного агрегата.
- 7) Какая составляющая превалирует в возмущающем моменте для быстроходной и тихоходной машины?
- 8) Какие из механизмов (зубчатый, кулачковый, рычажный) обладают внутренней виброактивностью и почему?
- 9) Что называется динамическим моментом в передаточном механизме? Какими способами можно добиться знакопостоянства динамического момента в передаточном механизме?

Практическое занятие № 9

**Тема: Переходные процессы в машинах.**

**Цель занятия:**

- изучение периодов разгона и выбега машины;

**Вопросы для подготовки:**

1. Чем отличается переходный процесс от установившегося процесса? Что такое время разбега? При каких условиях процесс разбега колебательный? Какими методами можно добиться апериодического процесса разбега?
2. Как влияет маховик на время разбега?

### **2.3.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ И ДЕТАЛЯМ МАШИН**

Практическое занятие 1

**Тема «Геометрические характеристики плоских сечений»**

Цель: умение вычислять геометрические характеристики сложного сечения.

Задачи:

- Определение координат центра тяжести сечения.
- Осевые и центробежные моменты инерции сложных сечений.
- Главные центральные оси и главные моменты инерции.

**Вопросы для самоконтроля:**

- 1) По каким формулам находят координаты центра тяжести плоской фигуры?
- 2) Единицы измерения моментов инерции.
- 3) Чему равна сумма осевых моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей?
- 4) Какие оси называют главными?
- 5) Для каких фигур можно без вычислений установить положения главных центральных осей?
- 6) Относительно, каких центральных осей осевые моменты инерции имеют наибольшее наименьшее значение?

- 7) Какие моменты инерции всегда положительны, какие могут принимать отрицательные значения и равные нулю? Почему?
- 8) Какую роль играют моменты инерции при расчете?
- 9) Как находится радиус инерции?

#### Практическое занятие 2

**Тема «Осевое растяжение (сжатие). Построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений, перемещений».**

##### **Цель:**

1. Научить строить эпюры  $N$ ,  $\sigma$ ,  $\delta$
2. Уяснить, что без построения эпюр невозможно решать основные задачи курса «СМ».

Пример. Расчёт бруса, нагруженного продольными внешними силами.

##### **Вопросы для самоконтроля:**

- 1) Какой вид нагружения бруса называется растяжением (сжатием)?
- 2) Что называется продольной силой в сечении бруса? Что такое эпюры продольных сил  $N$ , нормальных напряжений  $\sigma$ , перемещений  $\delta$ .
- 3) Как они строятся?
- 4) Как записывается и формулируется закон Гука при растяжении (сжатии)?
- 5) Что называется жёсткостью сечения бруса при растяжении (сжатии)?
- 6) Можно ли увеличить жёсткость данного поперечного сечения, применив марку стали с повышенными прочностными характеристиками?
- 7) Условие прочности. Три типа задач на прочность.

#### Практическое занятие 3

**Тема «Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр поперечных сил  $Q$  и моментов изгибающих  $M$ ».**

##### **Цель:**

1. Научить строить эпюры  $Q$  и  $M$ .
2. Уяснение того, что изгиб – самый распространённый вид деформаций конструкций и сооружений. Примеры построения эпюр  $Q$  и  $M$  для различных видов нагружения.

##### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое прямой изгиб?
2. Что такое чистый и поперечный изгиб?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях при поперечном изгибе?
4. Как вычисляют изгибающий момент в поперечном сечении бруса? Правило знаков.
5. Как вычисляют поперечную силу в поперечном сечении бруса? Правило знаков.
6. Дифференциальные зависимости между  $M, Q$  и  $q$ ?
7. Что такое эпюры поперечных сил  $Q$  и моментов изгибающих? Как они строятся?
8. Как изменяется поперечная сила в сечении, соответствующей точке приложения внешней сосредоточённой силы? Изменяется ли при этом изгибающий момент в этом сечении?
9. Как изменяется изгибающий момент в сечении, в котором к балке приложен внешний сосредоточенный момент? Изменяется ли значение поперечной силы в этом сечении?
10. Чему равна поперечная сила в поперечном сечении, когда момент изгибающий достигает экстремального значения?
11. В чём заключается проверка правильности эпюр поперечных сил и изгибающих моментов?

#### Практическое занятие 4

### **Тема «Расчёт валов на жёсткость и прочность».**

#### **Цель:**

1. Усвоить расчёт валов на прочность и жёсткость.
2. Уяснение того, что вал – деталь, обслуживающая вращательные движения. Примеры расчёта на прочность и жёсткость. Проверочный и проектный расчёты.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

- 1) Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого стержня при кручении?
- 2) Как находят их величину в произвольной точке поперечного сечения?
- 3) Возникают ли при кручении нормальные напряжения?
- 4) Чему равен полярный момент инерции круглого сечения?
- 5) Что называется моментом сопротивления при кручении?
- 6) Чему равен момент сопротивления кольцевого сечения? Почему нельзя сказать, что он равен разности моментов сопротивления наружного и внутреннего кругов?
- 7) Как вычисляют момент, передаваемый шкивом, по мощности и числу оборотов?
- 8) Как находят угол закручивания?
- 9) В чём заключается проверочный расчёт?
- 10) В чём заключается проектный расчёт?

#### Практическое занятие 5

### **Тема «Расчёт на устойчивость».**

#### **Цель:**

1. Усвоить расчёт на устойчивость.
2. Понять, что понятие потери устойчивости заключается в том, что оно может наступить при напряжении, значительно меньше предела прочности (при критическом напряжении).

Задача. Для стержня подобрать сечение из условия устойчивости, применяя способ последовательных приближений. Найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. В чём заключается явление потери устойчивости сжатого стержня?
2. Какая сила называется критической?
3. По какой формуле находят критическую силу? Какое напряжение называется критическим?
4. В каких пределах применима формула Эйлера?
5. Что называется гибкостью стержня?
6. Влияние способа закрепления концов стержня.
7. Формула Ф.С. Ясинского. Для каких стержней она предназначена?
8. Что называется приведённой длиной стержня?
9. Как влияет жёсткость  $EI$  поперечного сечения и длина стержня на величину критической силы?
10. Что такое приведённая длина стержня?

#### Практическое занятие 6

### **Тема «Выбор электродвигателя. Кинематический расчёт. Определение вращающих моментов на валах».**

#### **Цель:**

1. Научить кинематическому расчёту привода.
2. Рассмотреть три случая задания исходных данных.
3. Определение требуемой мощности для трёх случаев. Выбор электродвигателя.
4. Определение общего передаточного отношения.
5. Определение общего КПД.
6. Определение мощностей на валах.
7. Определение угловых скоростей (частот вращения на валах).

8. Определение вращающих моментов на валах.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое КПД?
2. Что такое передаточное отношение?
3. Как находятся КПД и передаточное отношение привода, состоящее из нескольких последовательных передач вращательного движения?
4. Что такое окружная сила? Её роль.
5. Связь между моментом вращающим, мощностью и частотой вращения.
6. Основная энергетическая характеристика передачи?
7. Основная кинематическая характеристика привода.

Практическое занятие 7

**Тема «Резьбовые соединения».**

**Цель:**

1. Усвоить, что основным критерием работоспособности является прочность.

Задачи: 1. Расчёт болтов по осевой силе.

2. Расчёт болтов по поперечной силе. Два варианта.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Основные геометрические параметры резьбы.
2. Какие существуют виды резьбы по числу её заходов? Как определяется заходность резьбы? Сколько заходов у крепёжной резьбы?
3. Какие существуют виды резьбы по направлению наклонов винтов?
4. Как рассчитывают болты, винты и шпильки при действии на них статических нагрузок?
5. Как рассчитывают болт, винт, шпильки при действии переменных нагрузок?
6. Как определяют допустимые напряжения для винтов, болтов и шпилек при расчёте их на прочность?

Практическое занятие 8

**Тема «Сварные и заклёпочные соединения»**

**Цель:**

- усвоить, что основным критерием работоспособности этих соединений является прочность.

Задачи:

1. Расчёт сварных соединений встык и угловыми швами.

2. Расчёт заклёпочных соединений.

Вопросы для самоконтроля:

1. Область применения заклёпочных соединений.
2. По каким напряжениям проверяются заклёпочные швы?
3. По какому диаметру производят расчёт заклёпок на прочность?
4. Виды сварки.
5. Типы сварных швов.
6. Условия прочности сварных соединений встык и угловыми швами.

Практическое занятие 9

**Тема «Подбор подшипников качения. Статистическая и динамическая грузоподъёмность».**

**Цель:**

1. Усвоить, что критерием работоспособности подшипников качения является износостойкость рабочих поверхностей и долговечность подшипника.

2. Подбор и расчёт П.К. производить по методике ISO (международная организация стандартизации ИСО).

Пример расчета.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Классификация подшипников качения.

2. Условное обозначение подшипников.
3. Нагрузочная способность подшипника.
4. Что такое долговечность подшипника?
5. Определение базовой динамической грузоподъемности.
6. Что такое эквивалентная динамическая нагрузка?
7. Как определяют требуемую динамическую грузоподъемность?

## **2.4 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **2.4.1 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

#### Лабораторная работа 1

**Тема: Основные виды механизмов.**

#### **Цель работы:**

- 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.

#### **Содержание отчета.**

Отчет о работе должен содержать краткие теоретические сведения о рассматриваемых механизмах.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Дайте определение машинного агрегата.
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. Какой механизм называется зубчатым? Особенности зубчатых передач и их название:

- цилиндрической;
- конической;
- винтовой;
- червячной;
- зубчато-рычажных механизмов.

Приведите их схемы.

9. Какие механизмы называются механизмами прерывистого движения. Особенности механизмов прерывистого движения и их назначение.

#### Лабораторная работа 2.

*Тема: Составление структурных и кинематических схем механизмов.*

#### **Структурный анализ 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;
- 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. Ознакомиться с механизмом, установить его назначение и название.
2. Приведя в движение входное звено, проследить характер движения промежуточных и выходного 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 хорошо 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.
1. 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).
2. Выбрать масштабный коэффициент длины ( $\mu_l$ ) для построения кинематической схемы.
3. Перевести размеры звеньев в миллиметры чертежа.
4. 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. Направление движения входного звена показать стрелкой.
5. Определите степень подвижности механизмов по формуле Чебышева.
6. 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.
7. Определите входное звено механизма и отделить начальный механизм.

8. Выделите присоединенные к начальному механизму группы Ассура и определить 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.

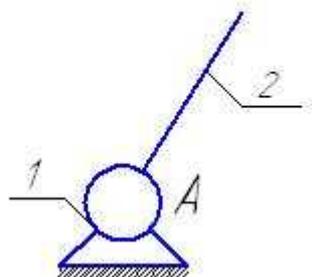
9. При проведении структурного анализа следует помнить следующее:

- 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 от смены 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.

10. 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*

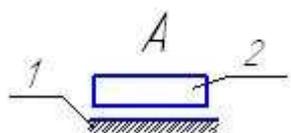


$$1 - \textcircled{A} - 2$$

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

*Условное обозначение*

*Запись*



$$1 - \boxed{A} - 2$$

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

11. Составить формулу структурного строения механизма, показывающую порядок присоединения групп Ассура к начальному механизму.

12. Определить по формуле структурного строения класс механизма по классификации Ассура-Артоболевского.

**Вопросы для самопроверки:**

- 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:
- к высшим;
  - к низшим;
  - к плоским;
  - 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:
- подшипник скольжения и вал, вращающийся в нем;
  - каретка, перемещающаяся в направляющих и соприкасающаяся с ними по поверхности;
  - контакт зубьев двух зубчатых колес;
  - 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:
- соединение двух подвижных звеньев, составляющих вращательную пару;
  - соединение подвижного и неподвижного звеньев, составляющих вращательную пару;
  - соединение неподвижного звена и подвижного, перемещающегося поступательно;
  - подшипник: радиальный и упорный; передачи зубчатые: цилиндрическую, коническую и червячную.
- 20) Какие виды кинематических цепей вы знаете?
- 21) Что определяет степень подвижности?
- 22) По какой формуле определяется степень подвижности механизма?
- 23) Сколько степеней свободы имеет свободное звено в плоскости?
- 24) Сколько степеней свободы отнимает от механизма низшая пара и сколько высшая?
- 25) Влияют ли размеры звеньев на принцип действия механизмов?
- 26) Учитывают ли конструктивную форму звеньев при вычерчивании кинематических схем механизмов?
- 27) Какой размер звена вычерчивается на схеме: полная длина звена или расстояние между центрами кинематических пар?
- 28) 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.
- 29) Какими кинематическими парами (низшими или высшими) сочленены звенья кривошипно-шатунного механизма?
- 30) Какие задачи решаются в ходе структурного анализа механизмов? В чем сущность структурной классификации плоских механизмов?
- 31) Что называется группой Ассура? Как определяются класс, порядок, и вид группы Ассура? Приведите примеры групп Ассура II класса.
- 32) Объясните физический смысл числовых коэффициентов в структурной формуле общего вида.
- 33) Как определяется класс механизма?

- 34) Что собой представляют пассивные связи, какое влияние они оказывают на механизм?
- 35) Объясните назначение местных подвижностей.
- 36) 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 Ассура (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.

#### **Содержание отчета.**

Отчет о работе должен содержать:

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

#### **Вопросы для самопроверки**

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: Синтез рычажных механизмов. Программа расчета на ЭВМ.**

#### **Цель работы:**

- нахождение оптимальных размеров звеньев в механизме по заданной схеме;
- анализ полученного решения;
- оценка качества механизма по заданному или выбранному критерию качества;
- отыскание таких значений геометрических параметров механизма, при котором критерий качества принимает допустимое значение.

#### **Содержание отчета.**

Отчет о работе должен содержать:

1. Расчет на ЭВМ кинематики механизма.
2. Выбранные и обоснованные критерии качества.
3. Оценку механизма по выбранным критериям качества.
4. Откорректированные параметры механизма.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем заключается проблема проектирования механизмов и каков порядок её решения;
2. В чем заключается метод многопараметрической оптимизации?
3. Какую функцию называют целевой?
4. В чем состоит задача синтеза о воспроизведении заданного закона движения?
5. Приведите примеры механизмов, в которых требуется получить достаточно точное воспроизведение заданного закона движения.
6. Сколько решений возможно при синтезе шарнирного четырехзвенника по двум положениям шатуна (по трем положениям шатуна)?
7. Что называется коэффициентом изменения средней скорости выходного звена?
8. Расскажите о критериях качества передачи движения. Каков их физический смысл? Как их рассчитать? Каковы их допустимые значения? Как влияют на них параметры механизма?
9. Покажите углы давления и углы передачи на схеме механизма. Как они влияют на качество передачи сил? В каких механизмах углы давления стремятся уменьшать, в каких увеличивать.

#### Лабораторная работа 5.

**Тема: Профилирование 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.

#### **Вопросы для самопроверки.**

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 6.

**Тема: Нарезание зубчатых колес методом обкатки.**

#### **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.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое угол передачи, угол давления?
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 7.

##### ***Тема: Кинематика 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 вычерчивания 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.

##### **Вопросы для самопроверки**

1. Каковы степени свободы планетарного и дифференциального механизмов?
2. В чем заключается метод обращения движения и где он используется?
3. Составьте схему планетарного редуктора и выведите формулу для определения передаточного отношения.
4. Какой из редукторов Джемса или Давида следует применять в силовых тяжело нагруженных передачах и почему?
5. В чем заключается условия соосности и соседства?

#### Лабораторная работа 8.

##### ***Тема: Кинестатика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.***

##### **Цель работы:**

- ознакомиться с методикой проведения кинестатического 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 кинестатического исследования на ЭВМ.

## **Содержание отчета**

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.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова цель кинетостатического анализа механизма?
2. Какие методы и принципы механики используются при кинетостатическом анализе?
3. Какова последовательность кинетостатического анализа? Почему принимается такая последовательность?
4. Каким образом и почему выбирается положение для кинематического 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 реакции 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 инерции 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 9.

**Тема: Определение приведенного момента 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.

#### **Вопросы для самопроверки**

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?

#### **2.4.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ И ДЕТАЛЯМ МАШИН**

##### Лабораторная работа 1

*Тема «Испытание конструкционных материалов при осевом растяжении».*

##### **Цель работы:**

1. Знакомство с испытательными машинами и работой на них.
2. Получение диаграммы растяжения.
3. Определение величин основных механических характеристик материалов и сравнение их с табличными значениями.

Оборудование: Разрывные машины МР-50, МР-200. Образцы, применяемые в работе.

##### **Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Диаграмма растяжения конструкционных материалов.
3. Методика проведения лабораторной работы.
4. Форма отчёта журнал работы.

##### **Вопросы для самопроверки:**

1. Какова цель работы?
2. Дать краткую характеристику разрывной машины.
3. Какие образцы применяют при испытании?
4. Какой вид имеет диаграмма растяжения образца из малоуглеродистой стали?
5. Назовите характерные точки на диаграмме.
6. Какие деформации называются упругими, остаточными?
7. Что называется пределом пропорциональности, пределом текучести, пределом упругости, пределом прочности?
8. Как определяется истинное сопротивление разрыву?
9. При какой нагрузке возникает шейка?
10. Какие характеристики определяют пластические свойства материала и как они определяются?
11. Как изменяются свойства материала, если он подвергался предварительной вытяжке за предел пропорциональности?

##### Лабораторная работа 2

*Тема «Определение основных механических характеристик различных материалов при сжатии».*

##### **Цель работы:**

Исследовать опытным путем поведение различных материалов при сжатии и определить их механические характеристики (предел пропорциональности для пластичных материалов и предел прочности для хрупких материалов).

Оборудование: Машина для испытания на сжатие МР-500 или разрывные машины МР-50, МР-200 с приспособлениями для испытаний на сжатие. Образцы, применяемые в работе.

#### **Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
3. Форма отчёта - журнал работы.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Как определить величину нормальных напряжений в поперечном сечении сжатого образца?
2. Какие механические характеристики определяются при испытании на сжатие?
3. Каковы особенности проведения испытаний на сжатие и как они влияют на результаты опыта?
4. Как испытывают образцы из пластичного материала?
5. Как определить момент начала текучести пластичного материала?
6. Какой вид имеет диаграмма сжатия пластичных материалов?
7. Каков характер разрушения хрупких материалов? От чего он зависит?
8. Как испытывают на сжатие древесину?
9. Как влияет влажность древесины на её прочность?
10. Каково различие между диаграммами сжатия древесины вдоль и поперек волокон?
11. Как определяют предельную нагрузку при сжатии древесины поперек волокон?

#### Лабораторная работа № 3

*Тема «Исследование сопротивления сдвигу различных материалов».*

#### **Цель работы:**

Изучить характер разрушения, определить временное сопротивление сдвигу различных материалов и сравнить его с временным сопротивлением этих материалов при разрыве.

Оборудование: Разрывные машины МР-500, МР-200 с приспособлениями для испытания материалов на сдвиг, дерева на скалывание.

Образцы, применяемые в работе.

#### **Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
3. Форма отчета, журнал работы.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое срез?
2. Как определяют прочность на срез?
3. В чем условность предела прочности на срез?
4. Как производятся испытания на срез металлического образца?
5. Какие образцы применяются при испытании древесины на скалывание вдоль и поперек волокон?
6. Каково соотношение между пределами прочности стали на сдвиг и разрыв?
7. Приведите примеры работы на сдвиг металлических и деревянных деталей.

#### Лабораторная работа № 4

*Тема «Определение характеристик пружины растяжения».*

#### **Цель работы:**

Установить зависимость деформации пружины от осевого усилия и от параметров пружины.

Оборудование: лабораторный стенд.

#### **Содержание отчета**

1. Устройство и принцип работы установки.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Методика проведения лабораторной работы.

4. Форма отчета к лабораторной работе.

5. Форма отчёта. Журнал работы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении проволоки пружины при действии осевой силы?

2. Что называется осадкой пружины?

3. От каких величин зависит осадка пружины?

4. От каких параметров пружины осадка зависит в наибольшей степени?

5. Что такое жесткость, податливость пружины?

Лабораторная работа № 5

**Тема «Конструкции зубчатых передач».**

**Цель работы:**

Изучить конструкции зубчатых передач.

Оборудование: лабораторный стенд, макеты, плакаты.

**Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.

2. Методика проведения лабораторной работы.

3. Форма отчета к лабораторной работе. Журнал работы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Параметры зубчатых передач: передаточное отношение, межосевое расстояние, минимальное число зубьев шестерни, ширина зубчатых колес, коэффициент ширины колеса.

2. Колеса: прямозубые, косозубые, шевронные.

3. Конструкции шестерни. Вал-шестерня.

4. Конструкции колес: кованные, цельнолитые, бандажированные, сварные. Болтовые конструкции.

Лабораторная работа № 6

**Тема «Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи»**

**Цель работы:**

Изучить геометрию и геометрический расчет эвольвентных зубчатых передач.

Оборудование: ГОСТ 165302-70(термины, определения и обозначения, относящиеся к геометрии и кинематике зубчатых передач различных типов с постоянным передаточным отношением).

ГОСТ-16531-70 (зубчатые цилиндрические передачи).

**Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения:

2. Методика проведения лабораторной работы.

3. Форма отчёта. Журнал работы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое эвольвента? Почему эвольвентное зацепление имеет преимущественное применение?

2. Какая окружность называется делительной?

3. Что такое начальный диаметр?

4. Что называется окружным шагом зубьев?

5. Основная характеристика размеров колес. Чему она равна?

6. Как вычисляют диаметры вершин и впадин зубьев?

7. По какому модулю определяют делительные диаметры зубчатых колес?

Лабораторная работа № 7

**Тема «Изучение подшипников качения».**

**Цель работы:**

Изучение типов подшипников качения. Конструкции. Назначение. Маркировка подшипников.

Оборудование: Подшипники качения.

**Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
4. Форма отчёта. Журнал работы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Почему подшипники качения получили распространение? Их преимущества и недостатки.
2. Зачем сепаратор в подшипнике?
3. Типы и классификация ПК?
4. Условия применимости шариковых однорядных подшипников?
5. Когда применяют роликовые подшипники?
6. С чем связаны ограничения частоты вращения подшипников в ГОСТе?

Лабораторная работа № 8

**Тема «Изучение конструкции редуктора».**

**Цель работы:**

Изучение конструкции червячного редуктора.

Оборудование: Макет привода, состоящий из электродвигателя и двухступенчатой передачи (электродвигатель, муфта, червячный редуктор, открытая коническая передача).

**Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
3. Форма отчёта. Журнал работы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Дать определение редуктора?
2. Как классифицируют редукторы?
3. Типы зубчатых колес редуктора?
4. Какие редукторы применяются для передачи между валами, оси которых пересекаются под прямым углом?
5. Достоинства и недостатки червячных редукторов?
6. Область применения червячных редукторов?

Лабораторная работа 9

**Тема «Определение КПД редуктора».**

**Цель работы:**

Определить КПД редуктора. Сравнить КПД различных редукторов.

Оборудование: Схемы различных редукторов.

**Содержание отчета**

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
3. Форма отчёта. Журнал работы.

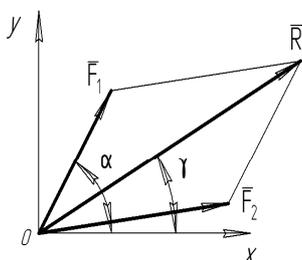
**Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое КПД?
2. Нахождение КПД привода, состоящего из отдельных последовательных передач.
3. Из каких деталей состоят подшипники качения?
4. Какие существуют способы посадки и закрепления подшипников качения на валах и их корпусах?
5. Для чего применяют смазку в подшипниках качения и как это осуществляется?
6. Какие виды уплотняющих устройств применяют в подшипниках качения и где именно?
7. Как производят монтаж и демонтаж подшипников качения?
8. Из чего складываются потери мощности в зубчатых передачах?
9. Из чего складываются потери мощности в червячных передачах?

### 3.1 Пример варианта контрольной работы (раздел «Статика»)

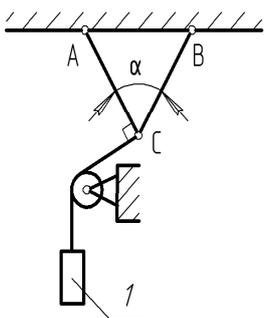
#### БИЛЕТ 1

##### Тема 1. "Сложение и разложение сходящихся сил в плоскости"



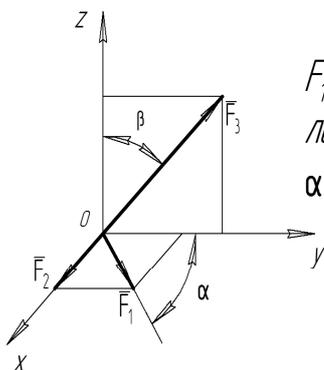
Равнодействующая  $R = 10$  Н двух сходящихся сил образует с осью  $Ox$  угол  $\gamma = 30^\circ$ . Сила  $F_1 = 5$  Н образует с этой же осью  $Ox$  угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить модуль силы  $F_2$

##### Тема 2. "Равновесие плоской системы сходящихся сил"



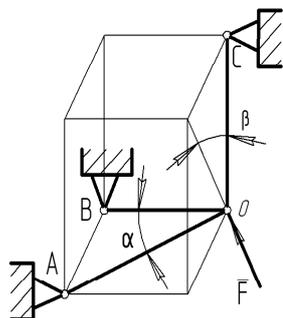
Груз 1 весом 6 Н удерживается в равновесии двумя стержнями  $AC$  и  $BC$  равной длины, соединёнными шарнирно в точке  $C$ . Определить реакцию стержня  $AC$ , если угол  $\alpha = 60^\circ$ , усилие в стержне  $BC$  равно 6,94 Н.

##### Тема 3. "Сложение и разложение сходящихся сил в пространстве"



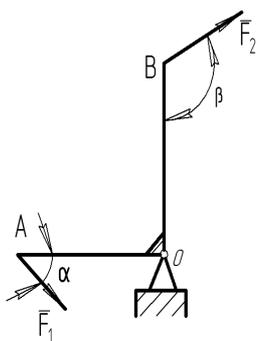
Определить модуль равнодействующей сил  $F_1 = 15$  Н,  $F_2 = 20$  Н и  $F_3 = 25$  Н. Углы, образованные линиями действия  $F_1$  и  $F_3$  с осями координат, заданы:  $\alpha = 60^\circ$  и  $\beta = 45^\circ$ .

Тема 4. "Равновесие пространственной системы сходящихся сил"



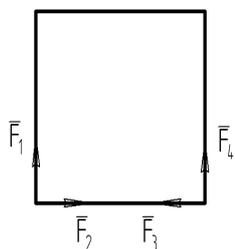
Три стержня  $AO$ ,  $BO$  и  $CO$  шарнирно-стержневой конструкции соединены в точке  $O$ , к которой приложена сила  $F = 10\text{ Н}$ . Определить усилие в стержне  $AO$ , если углы  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ .

Тема 5. "Плоская система сил. Момент силы относительно точки. Момент пары сил."



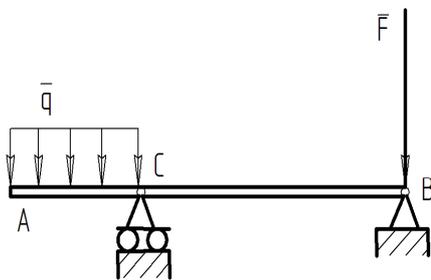
На рычаг с неподвижной осью  $O$  действуют силы  $F_1 = 4\text{ Н}$  и  $F_2$ . Определить модуль силы  $F_2$ , необходимой для того, чтобы удержать рычаг в равновесии, если углы  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 120^\circ$ , длины  $AO = 0,5\text{ м}$ ,  $BO = 0,6\text{ м}$ .

Тема 6. "Главный вектор и главный момент плоской системы сил. Приведение к простейшему виду."



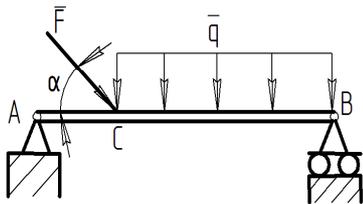
К вершинам квадрата приложены четыре силы  $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 1\text{ Н}$ . Определить модуль равнодействующей этой системы сил.

Тема 7. "Равновесие плоской системы параллельных сил"



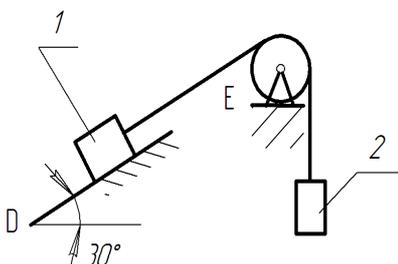
На балку  $AB$  действуют вертикальная сила  $F = 5$  кН и распределённая нагрузка интенсивностью  $q = 4$  кН/м. Определить в кН реакцию опоры  $B$ , если  $AC = 3$  м,  $BC = 6$  м.

Тема 8. "Равновесие произвольной плоской системы сил."



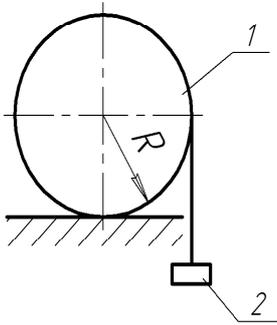
На балку  $AB$  действуют распределённая нагрузка интенсивностью  $q = 2$  Н/м и сила  $F = 6$  Н. Определить реакцию опоры  $B$ , если длина  $AC = 1/3 \cdot AB$ , угол  $\alpha = 45^\circ$ .

Тема 9. "Равновесие тела с учетом трения скольжения."



Определить наименьший вес тела  $1$ , при котором оно скользит вниз по плоскости  $DE$ , если вес груза  $2$  равен  $320$  Н, коэффициент трения между телом  $1$  и плоскостью  $DE$  равен  $0,2$ .

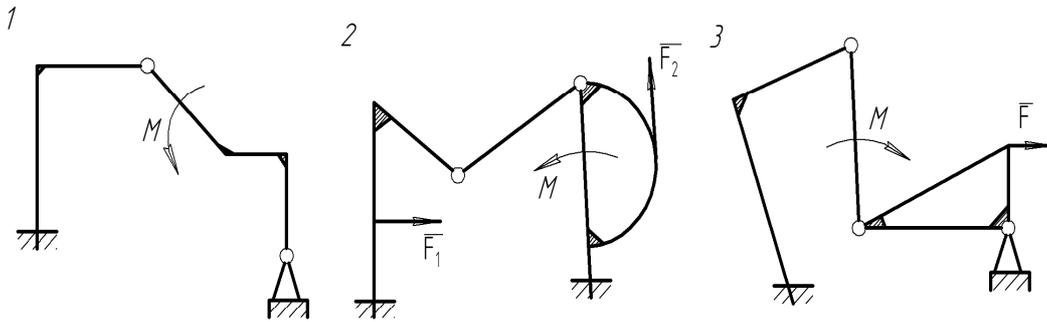
Тема 10. "Равновесие с учетом трения качения."



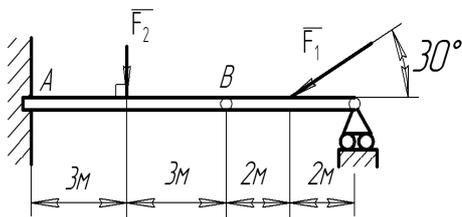
К катку 1 с помощью нерастяжимой нити подвешен груз 2. Определить наибольший вес этого груза, при котором каток 1 весом 3,2 кН останется в покое, если коэффициент трения качения  $\delta = 0,004$  м, радиус  $R = 32,4$  см.

Тема 11. "Статическая определимость системы тел под действием плоской системы сил."

Укажите номер статически определимой конструкции

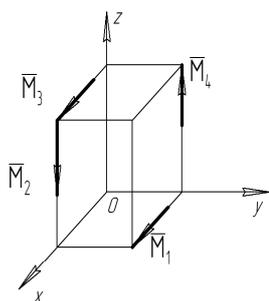


Тема 12. "Равновесие статически определимой системы тел под действием плоской системы сил."



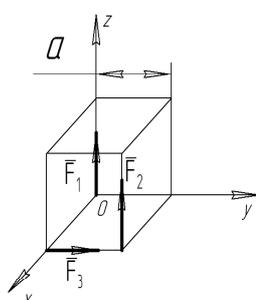
Два стержня соединены в шарнире В. Определить момент в заделке А, если силы  $F_1 = 60$  Н,  $F_2 = 50$  Н.

Тема 16. "Пары сил, расположенные в пространстве"



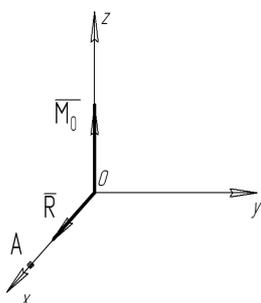
К параллелепипеду приложены четыре пары сил с моментами  $M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .  
Определить модуль момента равнодействующей пары сил.

Тема 17. "Главный момент произвольной пространственной системы сил"



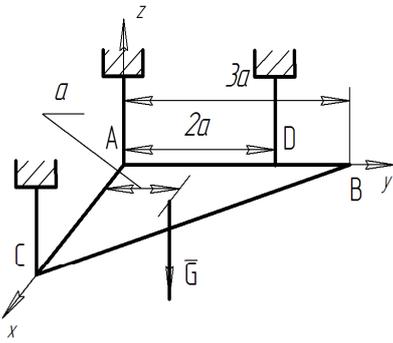
На куб с ребром  $a = 0,9 \text{ м}$  действуют три силы.  
Определить модуль главного момента этих сил, если  $F_1 = F_2 = F_3 = 8 \text{ Н}$ . За центр приведения выбрать точку  $O$ .

Тема 18. "Приведение произвольной пространственной системы сил к данному центру и к простейшему виду"



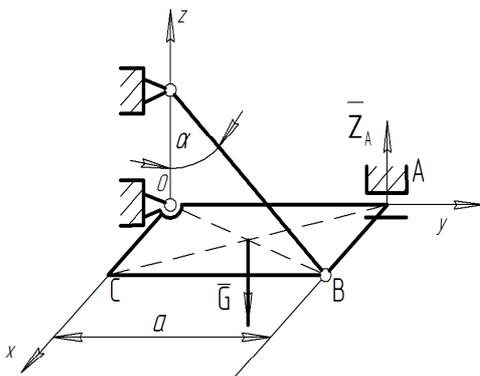
В центре приведения  $O$  главный вектор  $R = 5 \text{ Н}$  и главный момент  $M_0 = 25 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Определить значение главного момента в центре приведения  $A$ , если  $OA = 1 \text{ м}$ .

Тема 19. "Равновесие пространственной системы параллельных сил."



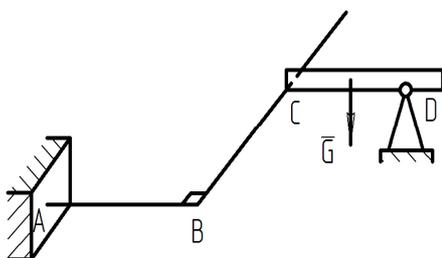
Однородная пластина весом  $G = 500 \text{ Н}$  в форме прямоугольного треугольника  $ABC$  в горизонтальном положении висит на трёх верёвках, закреплённых в точках  $A, C, D$ . Определить натяжение верёвки, привязанной в точке  $D$ , если  $a = 1 \text{ м}$ .

Тема 20. "Равновесие произвольной пространственной системы сил"



Однородная квадратная рама  $OABC$  со стороной  $a = 0,5 \text{ м}$  и весом  $G = 140 \text{ Н}$  под действием наложенных связей удерживается в горизонтальном положении. Составить уравнение моментов сил относительно линии  $OB$  и определить реакцию  $Z_A$  шарнира  $A$ , если угол  $\alpha = 60^\circ$ .

Тема 21. "Равновесие системы тел под действием пространственной системы сил."



Однородная горизонтальная балка  $CD$ , вес которой  $G = 2 \text{ кН}$ , в точке  $C$  опирается на горизонтальный изогнутый стержень  $ABC$ . Определить размер  $BC$ , при котором момент в заделке  $A$  будет равен  $2,24 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , если  $AB = 1 \text{ м}$ .

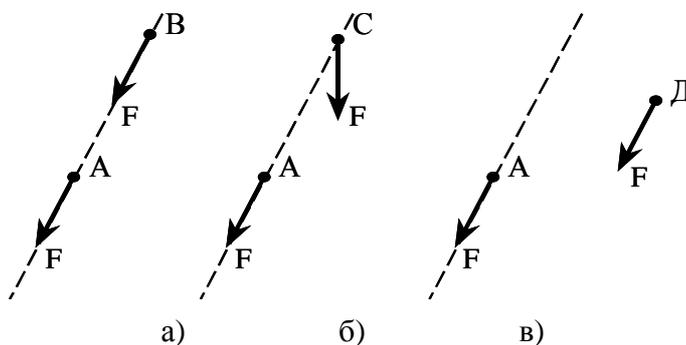
### 3.2 ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

#### 1. Тема «Основные понятия статики»

<p>1. Выберите наиболее полное и правильное определение материальной точки:</p> <p>а) материальная точка – это тело бесконечно малой массы;</p> <p>б) материальная точка – это тело конечной массы;</p> <p>в) материальная точка – это тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь;</p> <p>г) материальная точка – это деформируемое тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь.</p>
<p>1. Какое предложение неверно?</p> <p>В статике решается задача:</p> <p>а) замена одной системы сил, действующей на твердое тело, другой эквивалентной ей системой;</p> <p>б) определение необходимых и достаточных условий равновесия механической системы, находящейся под действием сил по отношению к определенной системе координат.</p> <p>в) определение кинематических характеристик (скоростей и ускорений) различных точек материального тела.</p>
<p>3. Выберите правильное продолжение: Уравновешивающей называется...</p> <p>а) сила, эквивалентная некоторой системе сил.</p> <p>б) сила, равная по модулю равнодействующей и направлена по линии её действия в противоположную сторону</p>
<p>4. Равномерно распределенную нагрузку интенсивности <math>q</math>, приложенную к балке на участке АВ, можно заменить:</p> <p>а) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной к опорам;</p> <p>б) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной в любом месте;</p> <p>в) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной в середине участка АВ;</p> <p>г) только другой распределенной нагрузкой.</p>
<p>5. Действие силы на тело определяется:</p> <p>А) Численной величиной (модулем).</p> <p>Б) Направлением силы.</p> <p>В) Точкой приложения силы.</p> <p>Г) Численной величиной и направлением силы.</p> <p>Д) Модулем, направлением силы и точкой приложения силы.</p>
<p>6. Если данная система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется ...</p> <p>а) уравновешивающей.</p> <p>б) равнодействующей.</p>
<p>7. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются ... А) сосредоточенными силами. Б) распределенной нагрузкой.</p>

## 22. Тема «АКСИОМЫ СТАТИКИ»

1. В каком из случаев, указанных на рисунках а), б) и в), перенос силы из точки  $A$  в точки  $B$ ,  $C$  или  $D$  не изменит механического состояния твердого тела?



2. На рис. б) (см. пункт 1) изображены две силы, линии действия которых, лежат в одной плоскости. Можно ли найти их равнодействующую по правилу параллелограмма?

а) Можно; б) Нельзя.

3. Почему силы действия и противодействия не могут взаимно уравновешиваться?

- а) Эти силы не равны по модулю;
- б) Они не направлены по одной прямой;
- в) Они не направлены в противоположные стороны;
- г) Они приложены к разным телам.

4. Какое утверждение неверно?

- а) действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;
- б) действие силы на твердое тело изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;
- в) при рассмотрении равновесия твердого тела внутренние силы можно не учитывать, так как они образуют уравновешенную систему сил.

5. Если к абсолютно твердому телу приложить две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в противоположные стороны, то равновесие тела:

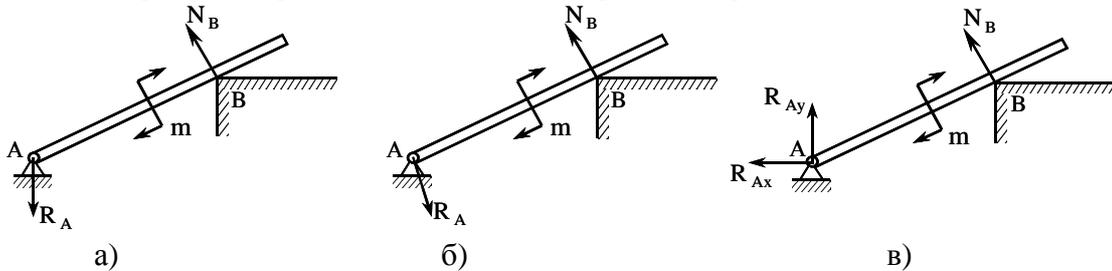
- а) Нарушится;
- б) Не нарушится.

### 3. Тема «Связи и реакции связей»

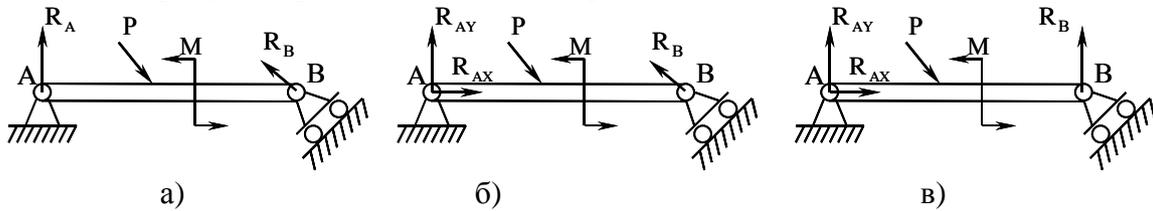
1. Укажите связи, для которых реакции всегда направлены по нормали к поверхности:

- а) Связь в виде гладкой плоскости; б) Гибкая связь;
- в) Связь в виде жесткого стержня; д) Шероховатая плоскость.
- г) Ребро двугранного угла и гладкая плоскость.

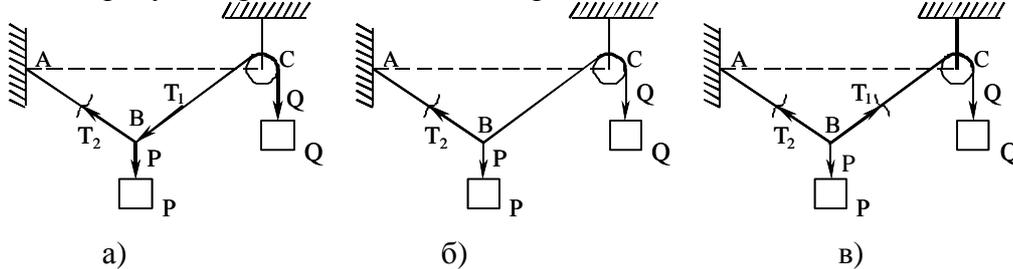
2. На каком рисунке правильно показаны направления реакций связей?



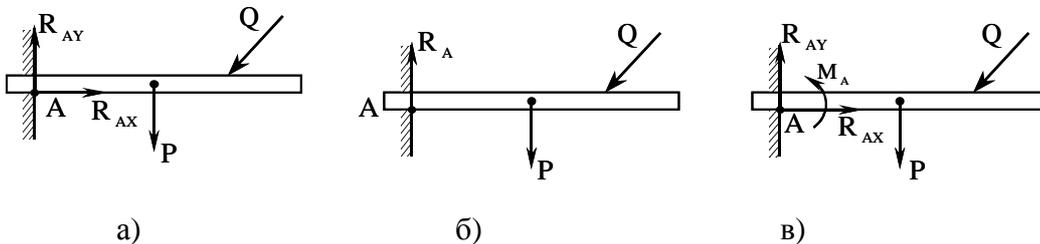
3. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?



4. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?



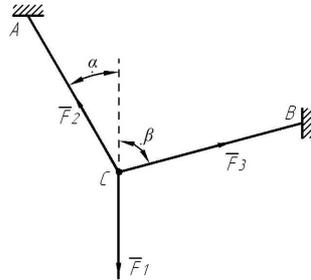
5. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?



**4. Тема «Система сходящихся сил»**

1. Определить модуль равнодействующей двух равных по модулю сходящихся сил  $F_1 = F_2 = 5H$ , образующих между собой угол  $\alpha = 45^\circ$ .

2. Определить модуль силы  $\vec{F}_3$  натяжение троса  $BC$ , если известно, что натяжение троса  $AC$  равно  $F_2 = 15H$ . В положении равновесия углы  $\alpha = 30^\circ$  и  $\beta = 75^\circ$

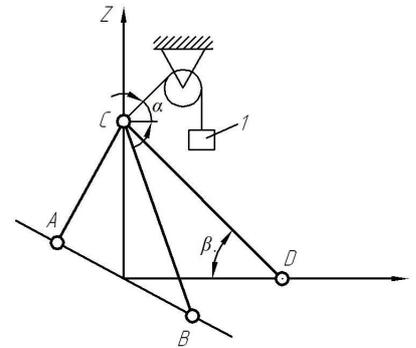


3. По заданным

проекциям силы  $\vec{F}$  на оси координат:  
 $F_x = 20H, F_y = 25H, F_z = 30H$ ,

определить модуль этой силы.

4. Груз  $I$  весом  $60H$  удерживается в равновесии стержнями  $AC, BC$  и  $DC$ , шарнирно соединенными в точке  $C$ , и веревкой, переброшенной через блок  $E$  под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Определить усилия в стержне  $DC$ , если угол  $\beta = 45^\circ$ .



5. Определить модуль равнодействующей трех сходящихся сил, если заданы их проекции на оси координат:

$$F_{1x} = 7H; F_{1y} = 10H; F_{1z} = 0H; F_{2x} = -5H; F_{2y} = 15H; F_{2z} = 12H;$$

$$F_{3x} = 6H; F_{3y} = 0H; F_{3z} = -6H; -$$

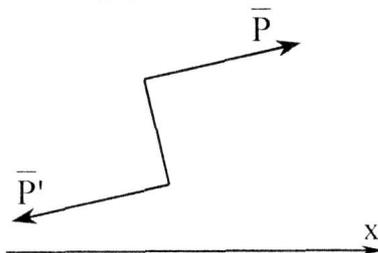
## 5. Тема «Плоская система сил»

1. Вставьте пропущенные слова:

Проекция силы на ось равна произведению силы на ..... угла между силой .....

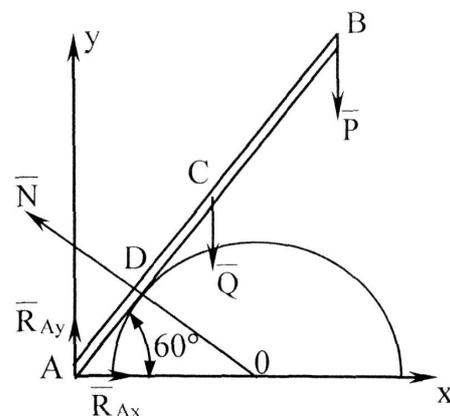
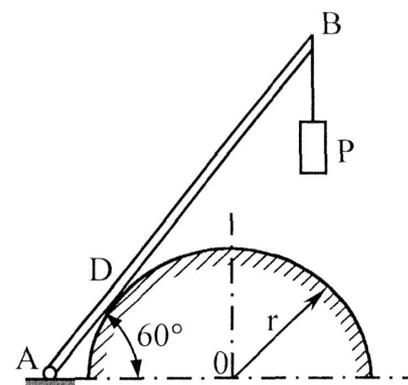
2. Чему равна сумма проекций сил пары с моментом «m» на ось x?

- 1) 0.
- 2) m.
- 3) 2P.
- 4) P.
- 5) Нет правильного ответа.



3. Однородный брус АВ длиной l и весом  $\bar{Q}$  опирается на гладкую цилиндрическую поверхность радиуса r, причем один конец его А закреплен шарнирно, а к другому концу подвешен груз весом  $\bar{P}$ . Определить опорные реакции, если  $\angle BAO=60^\circ$ . Укажите, в каком пункте решения Допущена ошибка.

- 1) Расчётная схема.
- 2)  $\sum F_x = 0; R_{Ax} - N \cdot \cos 30^\circ = 0$
- 3)  $\sum F_y = 0; R_{Ay} + N \cdot \cos 60^\circ - P - Q = 0$
- 4)  $\sum M_A(F_K) = 0; -P \cdot l \cdot \cos 30^\circ - Q \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 30^\circ + N \cdot AD = 0$
- 5)  $N = \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2}); R_{Ay} = P + Q - \frac{N}{2};$   
 $R_{Ax} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{4} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2});$

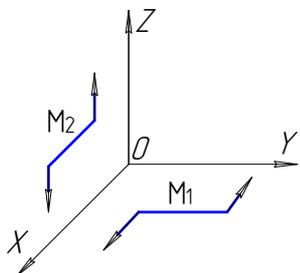


4. Вставьте пропущенные слова:

Парой сил называют две параллельные силы, равные по ..... и направленные в ..... стороны

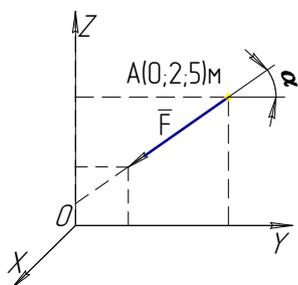
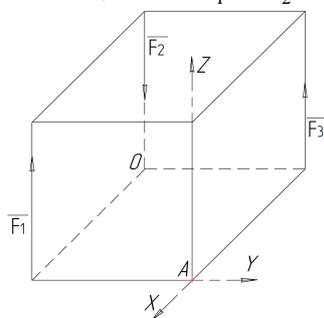
## 6. Тема «Приведение пространственной системы сил к простейшему виду»

1. Проекции силы на оси координат равны:  $P_x = 2H$ ;  $P_y = \sqrt{5}H$ ;  $P_z = \sqrt{3}H$ . Определите угол  $\gamma$  между вектором силы  $\vec{P}$  и осью  $O_z$ .



2. В координатных плоскостях  $O_{xy}$  и  $O_{xz}$  действуют пары сил с моментами  $M_1 = 8Hm$ ,  $M_2 = 6Hm$ . Найдите проекцию вектора момента равнодействующей пары сил на ось  $O_z$ .

3. Силы  $\vec{F}_1$ ;  $\vec{F}_2$ ;  $\vec{F}_3$  действуют по ребрам куба. Чему равен главный момент системы сил после приведения ее к точки  $A$ , если  $F_1 = F_2 = F_3 = 5H$ ;  $AB = 0,5m$ .

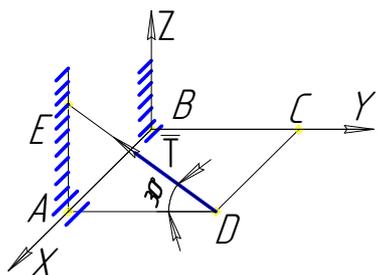


4. Сила  $\vec{F}$  приложена в точке  $A(0;2;5)m$  плоскости  $O_{yz}$ . Применив теорему Вариньона определите момент силы  $\vec{F}$  относительно оси  $O_x$ , если  $F = 4\sqrt{2}H$ ,  $\alpha = 45^\circ$ .

5. Определите скалярный инвариант, если главный вектор  $P = 3H$  и главный момент  $M_0 = 4Hm$  образуют угол  $(\vec{P} \wedge \vec{M}_0) = 60^\circ$ .

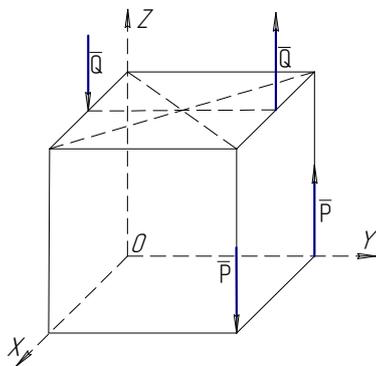
## 7. Тема «Пространственная система сил»

1. Прямоугольная плита  $ABCD$  весом  $P = 20H$  удерживается в горизонтальном положении с помощью цилиндрических шарниров  $A$  и  $B$  и нити  $DE$ . Найдите момент реакции  $T$  нити относительно оси  $Y$ , если  $AB = 0,5m$ ,  $AD = 0,4m$ .



2. Определите проекцию реакции  $\vec{T}$  нити  $DE$  на ось  $Y$ . (см. условие первого вопроса)

3. К кубу с ребром  $a$  приложены две пары сил  $(\vec{Q}\vec{Q})$  и  $(\vec{P}\vec{P})$ . Найдите проекцию вектора-момента равнодействующей пары сил на ось  $Y$ , если  $a = 2m$ ,  $P = Q = 3m$ .



4. Определите величину момента третьей пары сил, чтобы система трех пар сил была уравновешенной. (см. условие и чертеж третьего вопроса)

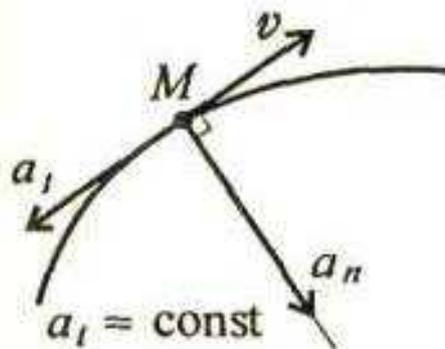
5. Сила  $\vec{P} = 2\vec{i} - 3\vec{g} + 5\vec{k}(м)$  приложенная в точке  $A(4;1;0)см$ . Найдите момент силы  $\vec{P}$  относительно оси  $X$ .

## 8. Тема «Кинематика точки»

---

1. Точка движется по дуге. Охарактеризуйте движение точки.

- А. Равномерное.
- Б. Равноускоренное.
- В. Равнозамедленное.



---

2. Точка движется по окружности радиусом  $r = 8$  м согласно уравнению  $s = 0,1t^2 + t$  ( $s$  – в м,  $t$  – в с). Определить нормальное ускорение точки при  $t = 5$  с.

- А.  $a_n = 1,25$  м/с<sup>2</sup>;
- Б.  $a_n = 0,5$  м/с<sup>2</sup>.
- В.  $a_n = 0,75$  м/с<sup>2</sup>.
- Г.  $a_n = 0,25$  м/с<sup>2</sup>.

---

3. Точка движется прямолинейно согласно уравнению  $s = t^3 + 4t$  ( $s$  – в м,  $t$  – в с). Определить ускорение точки при  $t = 0,08$  с.

- А.  $a = 0,96$  м/с<sup>2</sup>.
- Б.  $a = 0,24$  м/с<sup>2</sup>.
- В.  $a = 0,64$  м/с<sup>2</sup>.
- Г.  $a = 0,48$  м/с<sup>2</sup>.

---

4. Точка движется по окружности равномерно. За каждые 25 с точка проходит 75 м. Определить радиус окружности, если нормальное ускорение точки  $a_n = 0,3$  м/с<sup>2</sup>.

- А.  $r = 35$  м.
- Б.  $r = 30$  м.
- В.  $r = 27$  м.
- Г.  $r = 20$  м.

---

5. Какая составляющая ускорения любой точки твердого тела равна нулю при равномерном вращении твердого тела вокруг неподвижной оси?

- А. Нормальное ускорение.
  - Б. Касательное ускорение.
  - В. Полное ускорение.
-

## 9. Тема «Простейшие движения абсолютно твердого тела»

1. Колесо радиусом  $r = 0,5$  м вращается равномерно. Окружная скорость  $v = 2,5\pi$  м/с. Определить частоту вращения колеса.

А.  $n = 150$  об/мин.

Б.  $n = 300$  об/мин.

В.  $n = 100$  об/мин.

Г.  $n = 250$  об/мин.

2. При поступательном движении любая прямая линия на теле

А. Поворачивается на  $180^\circ$ .

Б. Поворачивается на  $90^\circ$ .

В. Остается параллельной своему начальному положению.

3. Диск вращается согласно уравнению  $\varphi = 0,25t^3$  рад. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  диска в момент  $t = 2,2$  с.

А.  $\varepsilon = 3,9$  рад/с<sup>2</sup>.

Б.  $\varepsilon = 4,2$  рад/с<sup>2</sup>.

В.  $\varepsilon = 3,3$  рад/с<sup>2</sup>.

Г.  $\varepsilon = 4,5$  рад/с<sup>2</sup>.

4. Диск вращается согласно уравнению  $\varphi = 6,4\pi t$  рад. Определить частоту вращения диска.

А.  $n = 128$  об/мин.

Б.  $n = 256$  об/мин.

В.  $n = 144$  об/мин.

Г.  $n = 192$  об/мин.

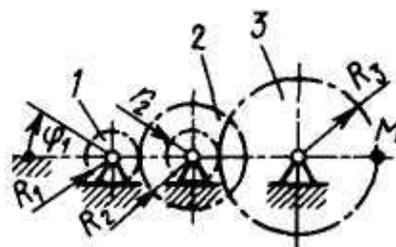
5. Какая составляющая ускорения любой точки твердого тела равна нулю при равномерном вращении твердого тела вокруг неподвижной оси?

А. Нормальное ускорение.

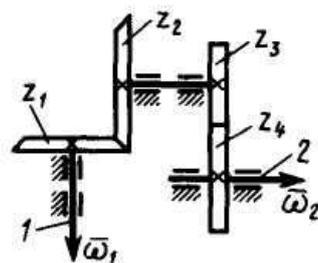
Б. Касательное ускорение.

В. Полное ускорение.

6. Зубчатое колесо 1 вращается согласно закону  $\varphi_1 = 4t^2$ . Определить скорость точки  $M$  колеса 3 в момент времени  $t = 2$  с, если радиусы колес  $R_1 = 0,4$  м,  $R_2 = 0,8$  м,  $r_2 = 0,4$  м,  $R_3 = 1$  м.

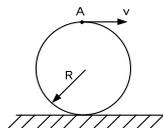


7. Редуктор состоит из конической и зубчатых передач с числом зубьев колес  $z_1 = 18$ ,  $z_2 = 26$ ,  $z_3 = 28$  и  $z_4 = 40$ . Вал 1 вращается с угловой скоростью  $\omega_1 = 20(t + e^{-t})$ . В момент времени  $t = 10$  с определить угловую скорость вала 2.



## 10. Тема «Плоскопараллельное движение»

1. Диск радиуса  $R$  катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Скорость точки  $A$  равна  $v$ .

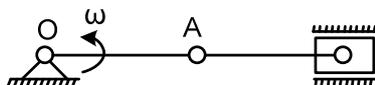


Угловая скорость  $\omega$  вращения диска равна ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

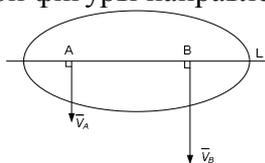
- 1)  $\frac{v}{\sqrt{2}R}$ ; 2)  $\frac{v}{R}$ ; 3)  $\frac{v}{1,5R}$ ; 4)  $\frac{v}{2R}$ ; 5)  $\frac{2v}{R}$ .

2. Кривошипно-ползунный механизм занимает положение, изображенное на рисунке. Угловая скорость кривошипа  $\omega = 12$  рад/с;  $OA = 0,2$  м;  $AB = 0,6$  м.



Угловая скорость шатуна  $AB$  равна ... (рад/с).

3. Скорости двух точек  $A$  и  $B$  плоской фигуры направлены, как указано на рисунке.

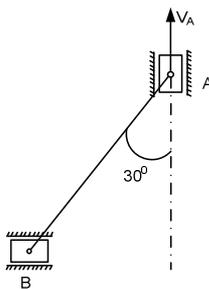


Мгновенный центр скоростей фигуры ...

**Варианты ответов:**

1. Находится на прямой  $L$  справа от точки  $B$ ; 2. Находится на прямой  $L$  слева от точки  $A$ ;  
3. Находится на прямой  $L$  между точками  $A$  и  $B$ ; 4. Находится на бесконечном удалении;

4. Муфты  $A$  и  $B$ , скользящие вдоль прямолинейных направляющих, соединены стержнем  $AB = 20$  см. Скорость муфты  $A - V_A = 40$  см/с.



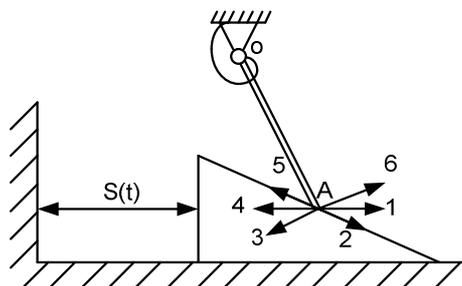
Угловая скорость стержня  $AB - \omega_{AB}$  равна ...  $s^{-1}$ .

**Варианты ответов:**

- 1) 2; 2)  $\sqrt{2}$ ; 3) 4; 4)  $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ ; 5)  $2\sqrt{2}$ ;

## 11. Тема «Сложное движение точки»

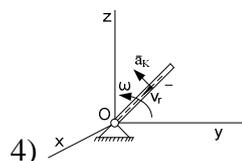
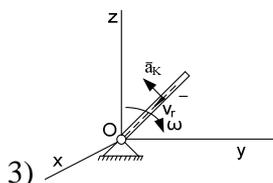
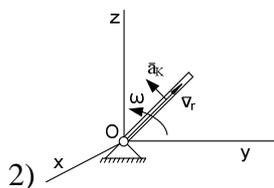
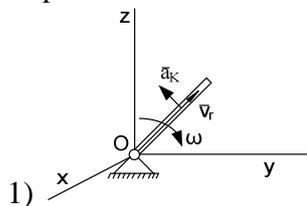
1. Стержень **OA**, который может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку **O**, пружиной прижимается к призме,двигающейся горизонтально по закону  $s(t) = 36 + t$  (см).



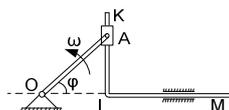
Рассматривая движение точки **A** как сложное, запишите номер направления для переносной скорости точки **A** в момент времени  $t = 1\text{с} \dots$

2. Прямолинейный стержень вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси. Вдоль стержня движется точка с относительной скоростью  $V_r$ . Кориолисово ускорение направлено НЕВЕРНО на рисунке ...

Варианты ответов:



3. В кривошипно-кулисном механизме кривошип  $OA = 10$  см вращается с угловой скоростью  $\omega = 6 \text{ с}^{-1}$ .



В тот момент, когда угол  $\varphi = 45^\circ$ , относительная скорость  $V_r$  (см/с) ползуна **A** равна...

Варианты ответов:

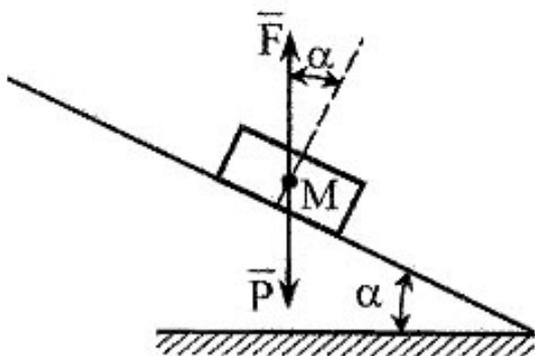
1. 60

2. 30

3.  $3.30\sqrt{2}$

4.  $60\sqrt{2}$

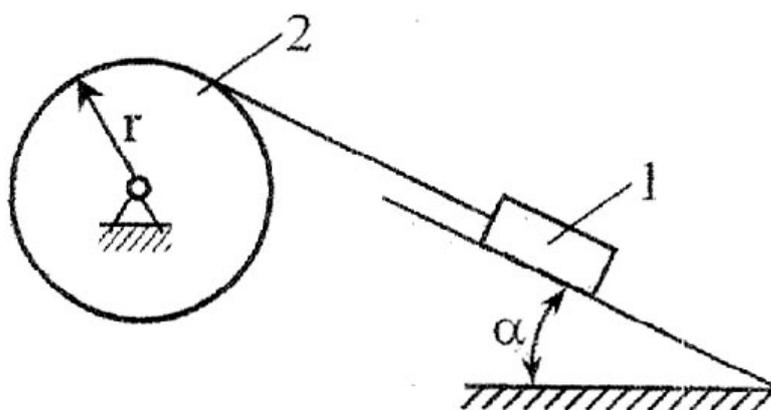
## 12. Тема «Динамика материальной точки»



Материальная точка  $M$  весом  $P = mg$  движется вниз по наклонной плоскости из состояния покоя. На точку действует сила  $F = 0,5mg$ . Коэффициент трения скольжения равен  $f$ .

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ	1	$\ddot{x} = g(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$\ddot{x} = g(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		4	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
2	ЗАКОН ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ТОЧКИ	1	$\dot{x} = gt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$\dot{x} = gt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
3	ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
		2	$x = gt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		3	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$x = gt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)/4$
4	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ТОЧКИ В ФУНКЦИИ ОТ ВРЕМЕНИ	1	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)^2/8$
		2	$T = Pgt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)^2/4$
		3	$T = Pgt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)^2/8$
		4	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
5	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$Q = Pt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$Q = Pt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		4	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
6	ГЛАВНЫЙ ВЕКТОР СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОЧКУ	1	$R^e = P(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		2	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$R^e = P(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		4	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$

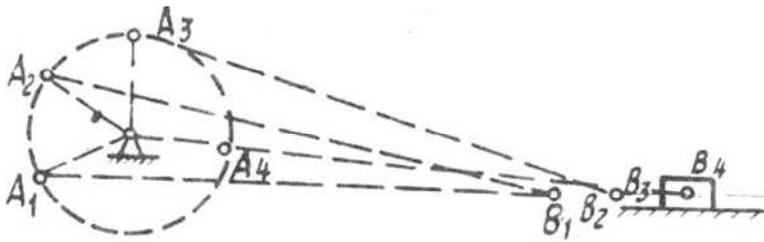
### 13. Тема «Динамика механической системы»



Груз 1 весом  $P$  посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом  $2P$  радиуса  $r$ . Коэффициент трения скольжения груза 1 –  $f$ . Блок 2 – однородный цилиндр. Трением, на оси блока пренебречь. Угол наклона плоскости движения груза к горизонту –  $\alpha$ . В начальный момент система находилась в состоянии покоя.

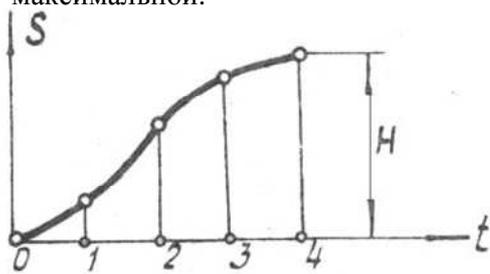
№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:	ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ БЛОКА	1 $\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2rt$
		2 $\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2r$
		3 $\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/r$
		4 $\omega = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2r$
2	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ	1 $Q = P(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2$
		2 $Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
		3 $Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t$
		4 $Q = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
3	ВЕРТИКАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ДАВЛЕНИЯ БЛОКА НА ОПОРУ O	1 $N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2 $N_B = 3P - P\cos^2\alpha$
		3 $N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\cos\alpha/2$
		4 $N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\sin\alpha/2$
4	ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К БЛОКУ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ O	1 $M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2 $M_2 = Pr(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$
		3 $M_2 = 0$
		4 $M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
5	КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СИСТЕМЫ В ФУНКЦИИ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ $s$ ГРУЗА ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1 $T = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)$
		2 $T = PS(1 - f)$
		3 $T = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		4 $T = 3PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
6	РАБОТУ, ЗАТРАЧЕННУЮ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА $s$ ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1 $A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		2 $A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3 $A_1 = PS\cos\alpha$
		4 $A_1 = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$

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



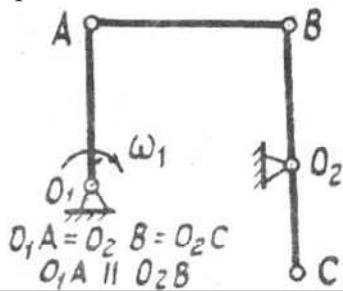
- 1) 1-ое
- 2) 2-ое
- 3) 3-е
- 4) 4-ое

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



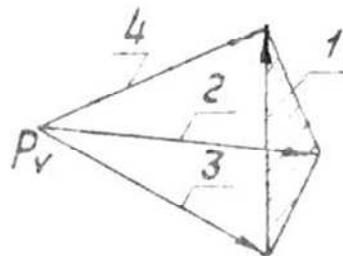
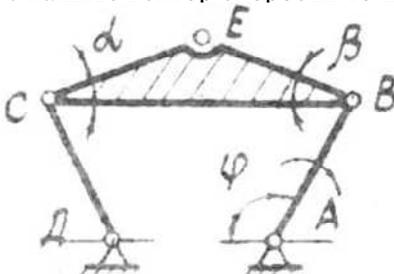
- 1) в т. 1
- 2) в т. 2
- 3) в т. 3
- 4) в т. 4

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



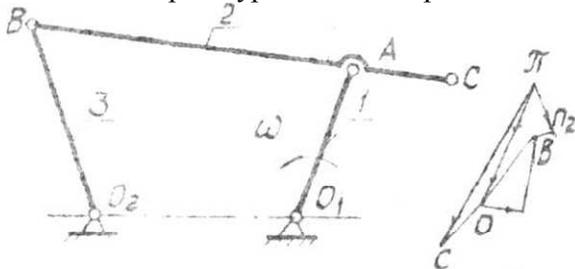
- 1)  $B \rightarrow P_v \rightarrow a, c$
- 2)  $C \rightarrow P_v \rightarrow a, b$
- 3)  $A \rightarrow P_v \rightarrow b, c$
- 4)  $P_v \rightarrow a, b, c$

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



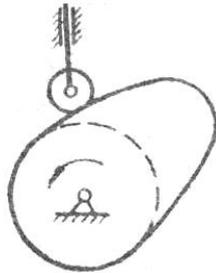
- 1) 1-ый
- 2) 2-ой
- 3) 3-ий
- 4) 4-ый

5. Какое векторное уравнение неправильно?



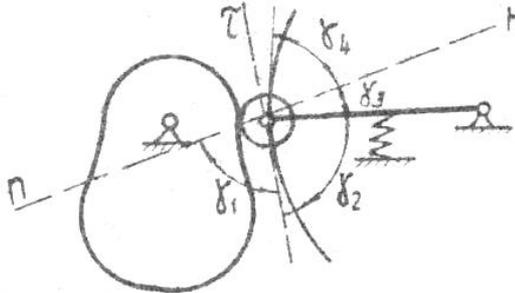
- 1)  $\vec{a}_C = \vec{a}_{O1} + \vec{a}_{CO1}$
- 2)  $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$
- 3)  $\vec{a}_B = \vec{a}_{O2} + \vec{a}_{BO2}^n + \vec{a}_{BO2}^t$
- 4)  $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}$

1. В какой фазе находится толкатель?



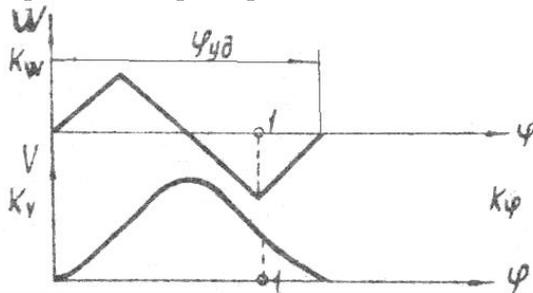
- 1) Удаления
- 2) Приближения
- 3) Ближнего состояния
- 4) Дальнего состояния

2. Определить угол давления.



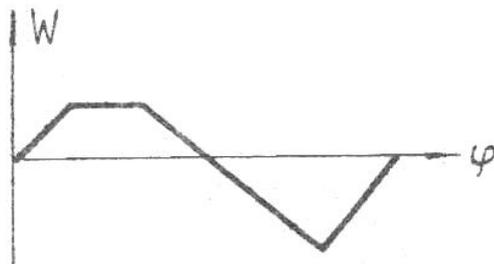
- 1)  $\gamma_1$
- 2)  $\gamma_2$
- 3)  $\gamma_3$
- 4)  $\gamma_4$

3. Определить характер движения толкателя в т. 1.



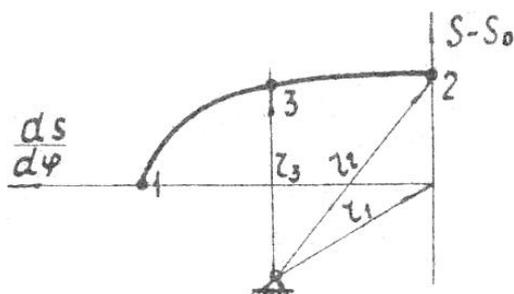
- 1) Замедленное
- 2) Равноускоренное
- 3) Ускоренное
- 4) Равнозамедленное

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)  $R_3$

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)  $p, z$

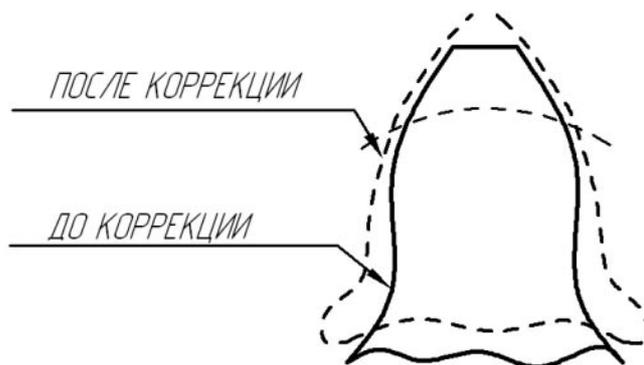
3. Укажите сдвиг рейки при нарезании корригированного колеса.

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°. Определить радиус  $R_B$  основной окружности?

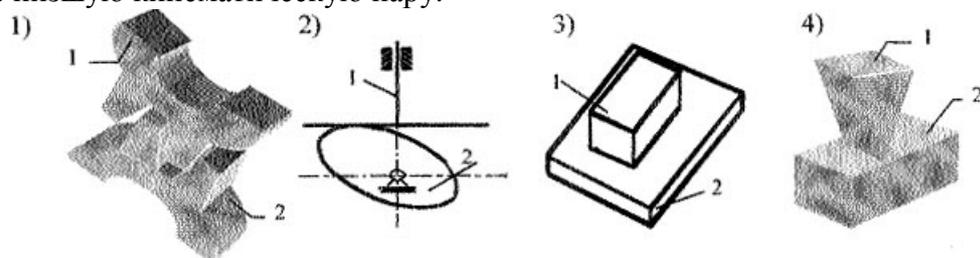
1)  $R_B = \frac{mz}{2} \cos \alpha$

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.

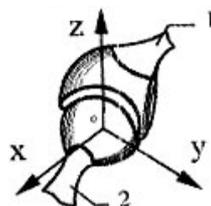


2. Какие машины относятся к классу производственных (технологических) машин?

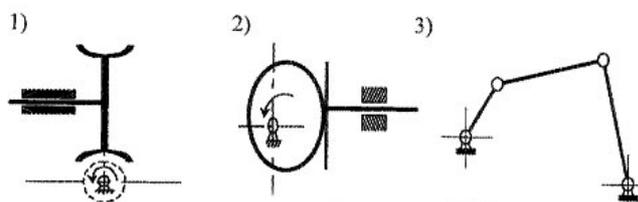
1) Автомобиль, 2) Гидротурбина, 3) Токарный станок, 4) Автомат для продажи газет

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

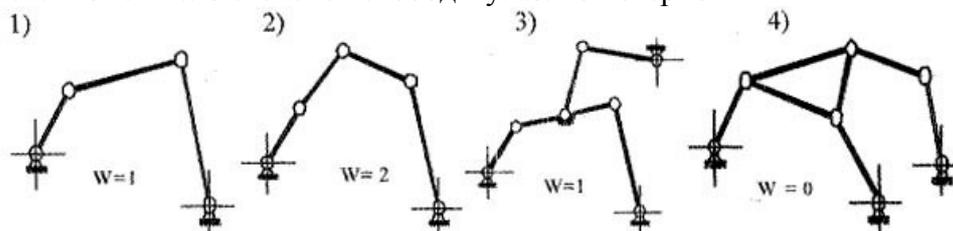
- 1) Три
- 2) Четыре
- 3) Два
- 4) Пять



4. Укажите пространственный механизм

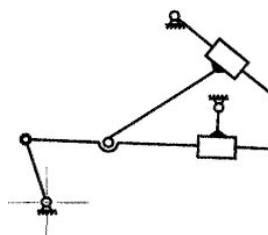


5. В каком механизме число степеней свободы указано неверно?



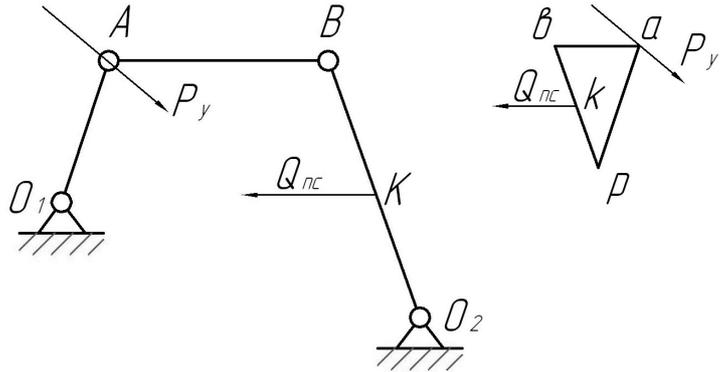
6. Чему равно число степеней свободы механизма?

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



1. От чего не зависит уравновешивающая сила?

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

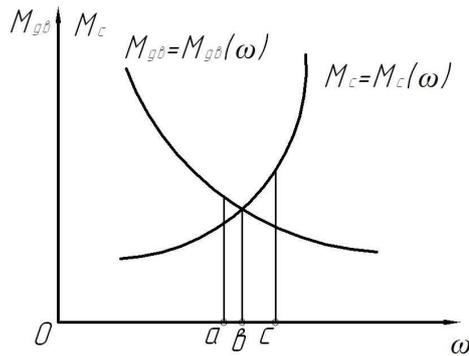


2. Каким условием определяется приведенный к главному валу момент  $M_{пр}$  какой-либо силы?

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

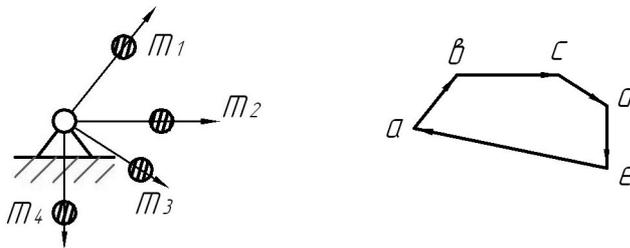
3. При каком значении угловой скорости " $\omega$ " движение звена привода будет более устойчивым?

- 1)  $\omega a$
- 2)  $\omega b$
- 3)  $\omega c$
- 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

4. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теоретическая механика», материально-техническое обеспечение дисциплины приведены в рабочей программе.