

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой АППиЭ

\_\_\_\_\_ А.Н. Рыбалев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г.

МЕХАНИКА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 280101 - "Безопасность жизнедеятельности в  
техносфере"

Составители: Т.А. Луганцева  
М.Е. Бошко

Благовещенск 2008 г.

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

Т.А. Луганцева, М.Е.Бошко

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Механика» для студентов  
очной и заочной (сокращенной) форм обучения специальности 280101 -  
"Безопасность жизнедеятельности в техносфере»  
- Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2008.

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

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

© Амурский государственный университет, 2008

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР

\_\_\_\_\_ Е.С. Астапова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по механике

для специальности 280101 - "Безопасность жизнедеятельности в  
техносфере"

Курс 2, 3, семестр 3, 4, 5

Лекции 108 час. Экзамен 3, 4 семестр

Практические занятия 54 час. Зачет 5 семестр

Лабораторные работы 36 час.

РГР 3, 4 семестр, курсовой проект 5 семестр

Самостоятельная работа 161 час.

Всего часов 323

Составители Т.А. Луганцева, доцент,

М.Е. Бошко, ст. преподаватель

Факультет энергетический

Кафедра АППиЭ

2006 г.

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры АППиЭ  
12 сентября 2006 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой                      А.Н. Рыбалёв

Рабочая программа одобрена на заседании УМС по направлению  
"Безопасность жизнедеятельности в техносфере"

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

Председатель                                  О.Т. Аксёнова

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

\_\_\_\_\_ Г.Н. Торопчина

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС ИФФ

\_\_\_\_\_ В.Ф. Ульянычева

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

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

### 1.1. Цель преподавания учебной дисциплины

Изучить основные разделы технической механики.

Освоить математические методы исследования механических систем и создать у студентов научную базу для последующего изучения общеинженерных и специальных дисциплин.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

Подготовка инженеров специальности, способных решать задачи, связанные с вопросами исследования, анализа и расчета механических систем.

### 1.3. Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины

Высшая математика, численные методы расчетов, информатика, физика.

### 1.4. Перечень основных навыков и умений, приобретаемых студентами при изучении дисциплины.

а) строить математические модели реальных механических систем

б) рассчитывать поведение механических систем под воздействием статических и динамических нагрузок и анализировать полученные результаты.

Знания, приобретенные студентом по технической механике, используются при изучении целого ряда общеинженерных и специальных дисциплин.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. 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.

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

## РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

2.2.1. Введение в кинематику, основные понятия и определения.

Кинематика точки.

Объем - 2 часа.

2.2.2. Простейшие движения твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.2.3. Сложное движение точки.

Объем - 2 часа.

2.2.4. Плоское движение твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.2.5. Сферическое движение и общий случай движения твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.2.6. Сложные движения твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.2.7. Предмет динамики и статики. Законы механики Галилея-Ньютона.

Системы сил.

Объем - 1 час.

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

Объем - 2 часа.

2.2.9. Условия равновесия плоской и пространственной системы сил.

Главный вектор и главный момент.

Объем - 2 часа.

2.2.10. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы.

Объем - 1 час.

2.2.11. Моменты инерции.

Объем - 1 час.

2.2.12. Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.

Объем - 2 часа.

2.2.13. Аналитические связи. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

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

Объем - 3 часа.

2.2.16. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента.

Объем - 2 часа.

2.2.17. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной точки.

Объем - 1 час.

2.2.18. Уравнения Лагранжа II рода.

Объем - 2 часа.

2.2.19. Малые колебания. Устойчивость положения равновесия. Свободные колебания для систем с одной и двумя степенями свободы.

Объем - 3 часа.

## РАЗДЕЛ II. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

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

Объем - 1 час.

2.2.22. Структурный анализ и синтез механизмов.

Объем - 5 часов.

2.2.23. Кинематическое исследование рычажных механизмов.

Объем - 5 часов.

2.2.24. Кинематический синтез рычажных механизмов.

Объем - 5 часов.

2.2.25. Кинематический анализ и синтез кулачковых механизмов.

Объем - 2 часа.

2.2.26. Кинематический анализ и синтез механизмов передач.

Объем - 4 часа.

2.2.27. Кинетостатический анализ механизмов.

Объем - 3 часа.

2.2.28. Динамический анализ и синтез механизмов с жесткими звеньями.

Объем - 7 часов.

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

Объем - 4 часа.

## РАЗДЕЛ III. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

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

Объем - 1 час.

2.2.31. 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.

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

Объем - 1 час.

2.2.33. Теория напряженного и деформированного состояния. Понятие о напряженном состоянии материала. Виды напряженного состояния. Главные напряжения.

Плоское напряженное состояние. Главные площадки. Главные напряжения.

Зависимость между деформациями и напряжениями при сложном напряженном состоянии материала (обобщенный закон Гука).

Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.

Объем - 1 час.

2.2.34. Теории прочности. Назначение теорий прочности. Первая, вторая, третья и энергетическая теории прочности.

Объем - 1 час.

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

Объем - 1 час.

2.2.36. Геометрические характеристики сечения. Площадь сечения. Статический момент сечения. Моменты инерции сечения. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей. Моменты инерции

простых сечений. Изменение моментов инерции при повороте осей (без вывода). Главные оси и главные моменты. Радиус инерции.

Объем - 2 часа.

2.2.37. Кручение. Внутренние усилия. Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения, 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.

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

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

2.2.41. Сложное сопротивление.

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

2.2.41.2. Внецентренное растяжение (сжатие). Напряжение. Нейтральная ось. Условие прочности. Ядро сечения.

2.2.41.3. Кручение с изгибом. Расчет вала.

Объем - 4 часа.

2.2.42. Расчет статически неопределимых стержневых систем. Метод сил.

Объем - 2 часа.

2.2.43. 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.

2.2.44. 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. Расчет на удар.

Объем - 2 часа.

#### РАЗДЕЛ IV. ДЕТАЛИ МАШИН

2.2.45. Основные критерии работоспособности, надежности и расчета деталей машин.

Объем - 2 часа.

2.2.46. Передачи вращательного движения. Классификация передач и их назначение. Оценка их применения. Основные силовые и кинематические соотношения.

Объем - 2 часа.

2.2.47. Детали, обслуживающие вращательное движение. Оси и валы. Опоры. Подшипники скольжения и качения. Муфты. Назначение. Оценка применения.

Объем - 2 часа.

2.2.48. Соединения. Неразъемные соединения. Заклепочные. Сварные. Оценка применения. Расчет.

Объем - 2 часа.

2.2.49. Разъемные соединения. Оценка применения. Расчет.

Объем - 2 часа.

2.3. Практические занятия

## РАЗДЕЛ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

2.3.1. Кинематика точки.

Объем - 2 часа.

2.3.2. Сложное движение точки.

Объем - 2 часа.

2.3.3. Плоское движение твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.3.4. Плоская и пространственная системы сил.

Объем - 2 часа.

2.3.5. Дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы.

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

2.3.9. Уравнение Лагранжа II рода.

Объем - 2 часа.

## **РАЗДЕЛ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»**

2.3.10. Функция положения механизмов. Передаточные функции. Планы механизмов.

Объем - 2 часа.

2.3.11. Аналитический метод кинематического исследования рычажных механизмов.

Объем - 2 часа.

2.3.12. Методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ.

Объем - 2 часа.

2.3.13. Кинематика многоступенчатых зубчатых передач.

Объем - 2 часа.

2.3.14. Кинетостатика рычажных механизмов с применением ЭВМ.

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

2.3.16. Уравновешивание сил инерции в механизмах.

Объем - 2 часа.

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

Объем - 2 часа.

2.3.18. Переходные процессы в машинах.

Объем - 2 часа.

## **РАЗДЕЛ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

2.3.19. Геометрические характеристики плоских сечений.

Объем – 2 часа.

2.3.20. Осевое растяжение (сжатие). Построение эпюр продольных сил.

Объем – 2 часа.

2.3.21. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр Q и M.

Объем – 2 часа.

2.3.22. Расчет валов на прочность и жесткость.

Объем – 2 часа.

2.3.23. Расчет на устойчивость.

Объем – 1 час.

## РАЗДЕЛ «ДЕТАЛИ МАШИН»

2.3.24. Выбор электродвигателя. Кинематические расчеты. Определение вращающих моментов на валах.

Объем – 2 часа.

2.3.25. Прочно-плотные резьбовые соединения. Расчет.

Объем – 2 часа.

2.3.26. Сварные и заклепочные соединения. Расчет.

Объем – 2 часа.

2.3.27. Подбор подшипников качения. Статическая и динамическая грузоподъемность.

Объем – 2 часа.

2.4. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

## РАЗДЕЛ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

2.4.1. Основные виды механизмов.

Объем - 2 часа.

2.4.2. Составление структурных и кинематических схем механизмов.

Структурный анализ механизмов.

Объем - 2 часа.

2.4.3. Кинематика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.

Объем - 2 часа.

2.4.4. Синтез рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.

Объем - 2 часа.

2.4.5. Профилирование кулачка по заданному закону движения толкателя.

Объем - 2 часа.

2.4.6. Нарезание зубчатых колес методом обкатки.

Объем - 2 часа.

2.4.7. Кинематика зубчатых передач.

Объем - 2 часа.

2.4.8. Кинетостатика рычажных механизмов. Программы расчета на ЭВМ.

Объем - 2 часа.

2.4.9. Определение приведенного момента инерции рычажных механизмов.

Объем - 2 часа.

## **РАЗДЕЛ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

2.4.10. Испытание конструкционных материалов при осевом растяжении.

Объем - 2 часа.

2.4.11. Определение основных механических характеристик различных материалов при сжатии.

Объем - 2 часа.

2.4.12. Исследование сопротивления сдвигу различных материалов.

Объем - 2 часа.

2.4.13. Определение характеристик пружин растяжения.

Объем - 2 часа.

## **РАЗДЕЛ «ДЕТАЛИ МАШИН»**

2.4.14. Конструкции зубчатых передач.

Объем - 2 часа.

2.4.15. Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи.

Объем - 2 часа.

2.4.16. Изучение подшипников качения и их узлов.

Объем - 2 часа.

2.4.17. Изучение конструкции редукторов.

Объем - 2 часа.

2.4.18. Определение КПД редукторов.

Объем - 2 часа.

2.5. Курсовой проект, его характеристика

Курсовой проект на тему «Проектирование и исследование машинного агрегата» включает 4 листа чертежей формата А-1 с необходимыми графическими построениями; пояснительную записку с необходимыми вычислениями, алгоритмы и расчеты на ЭВМ.

2.6. Самостоятельная работа студентов

Расчетно-графические задания

## РАЗДЕЛ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

2.6.1. Кинематика:

2.6.1.1. К-1. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения.

2.6.1.2. К-2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях.

2.6.1.3. К-7. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки.

2.6.1.4. К-3. Кинематический анализ плоского механизма.

2.6.2. Статика:

2.6.2.1. С-3. Определение реакций опор составной конструкции.

2.6.3. Динамика:

2.6.3.1. Д-19. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы.

2.6.3.2. Д-1. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.

2.6.3.3. Д-10. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы.

#### РАЗДЕЛ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

2.6.4. Структура механизмов.

2.6.5. Кинематика рычажных механизмов.

2.6.6. Многоступенчатые зубчатые передачи.

2.6.7. Кинетостатика рычажных механизмов.

2.7. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний

#### РАЗДЕЛ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

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

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

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

#### РАЗДЕЛ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

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

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

2.7.6. Контрольная работа N 3 по разделу "Кинетостатика рычажных механизмов". Защита расчетно-графических работ.

## 2.8. Вопросы к экзамену

1. Способы задания движения точки.
2. Скорость и ускорение точки при задании ее движения векторным способом.
3. Скорость и ускорение точки при задании ее движения естественным способом.
4. Скорость и ускорение точки при задании ее движения координатным способом.
5. Теорема о скоростях и ускорениях точке твердого тела при поступательном движении.
6. Скорость и ускорение точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
7. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела.
8. Понятие абсолютного, относительного и переносного движения. Скорости и ускорения при этих видах движения.
9. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса).
10. Определение направления кориолисова ускорения.
11. Уравнение движения плоской фигуры.
12. Определение скорости любой точки плоской фигуры как геометрической суммы скорости полюса и скорости этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.
13. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.
14. Аксиомы статики.
15. Система сходящихся сил. Условие равновесия.
16. Проекция вектора силы на ось и на плоскость.
17. Произвольная система сил. Момент силы, относительно центра.
18. Теорема о параллельном переносе силы.
19. Главный вектор и главный момент произвольной системы сил.

20. Сложение двух параллельных сил, направленных в одну сторону.
21. Сложение двух параллельных сил, направленных в разные стороны.
22. Пара сил. Основные правила при работе с парой сил.
23. Момент пары как вектор.
24. Сложение пар и условие равновесия.
25. Момент силы относительно точки для системы сил, произвольно расположенных в плоскости.
26. Главный вектор и главный момент системы сил, произвольно расположенных в плоскости.
27. Понятие центра тяжести. Координаты центра тяжести.
28. Определение статического момента.
29. Законы Кулона.
30. Классические законы динамики. Инерциальная система отсчета.
31. Дифференциальные уравнения материальной точки в декартовых координатах.
32. Дифференциальные уравнения материальной точки при естественном способе задания движения точки.
33. Решение первой основной задачи динамики.
34. Решение второй основной задачи динамики.
35. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки. Переносная и кориолисова силы инерции.
36. Определение центра масс механической системы.
37. Момент инерции твердого тела относительно оси, радиус инерции. Примеры для простейших тел.
38. Количество движения точки и механической системы.
39. Теорема об изменении количества движения материальной точки и механической системы.
40. Понятие импульса силы.
41. Принцип Даламбера (метод кинетостатики).

42. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы.
43. Понятие связей и их классификация.
44. Элементарная работа и мощность силы.
45. Уравнение Даламбера-Лагранжа (общее уравнение динамики).
46. Принцип возможных перемещений.
47. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах.
48. Обобщенные координаты системы. Обобщенные силы и способы их вычисления.
49. Уравнения Лагранжа II рода.
50. Принцип Гамильтона-Остроградского.
51. Элементарная теория гироскопа.
52. Ударные силы, ударные импульсы.
53. Действие ударной силы на материальную точку. Коэффициент восстановления при ударе.
54. Классификация ударов: упругий и неупругий, прямой и косой, центральный и нецентральный.
55. Теорема об изменении кинетического момента механической системы при ударе.
56. Задачи и методы ТММ, связь с другими дисциплинами.
57. Структура механизмов. Основные понятия и определения.
58. Классификация кинематических пар.
59. Степени свободы (подвижности механизмов).
60. Основные виды механизмов (рычажные, кулачковые, зубчатые).
61. Избыточные связи и подвижности.
62. Замена высших кинематических пар низшими.
63. Структурные и кинематические схемы, понятие масштабного коэффициента.
64. Планы положений рычажных механизмов. Определение "крайних" положений.

65. Задачи и методы кинематического анализа.
66. Исследование кинематики рычажных механизмов методом планов.
67. Кинематическое исследование рычажных механизмов аналитическим методом.
68. Основное и дополнительные условия синтеза рычажных механизмов. Классификация задач синтеза рычажных механизмов.
69. Функция отклонений. Функциональные возможности рычажных механизмов.
70. Классификация методов синтеза рычажных механизмов.
71. Методы: интерполирования, квадратичного приближения, наилучшего приближения.
72. Оптимизационный синтез рычажных механизмов.
73. Кинематическое исследование кулачковых механизмов графическим методом.
74. Классификация сил, действующих в машине.
75. Учет действия сил инерции.
76. Реакции в кинематических парах механизма.
77. Задачи и методы кинетостатического исследования рычажных механизмов.
78. Принцип Даламбера-Лагранжа. Рычаг Жуковского.
79. Кинематика зубчатых передач с неподвижными осями.
80. Многоступенчатые зубчатые передачи.
81. Основной закон зацепления. Теорема Виллиса. Основная теорема о соотношении скоростей звеньев.
82. Зубчато-рычажные передачи.
83. Выбор типа планетарного редуктора.
84. Кинематика планетарных передач. Формула Виллиса.
85. Геометрический синтез планетарных передач.
86. Методы изготовления зубчатых колес.
87. Корректирование зубчатых колес. Наименьшее число зубьев.

88. Законы движения кулачковых механизмов.
89. Угол давления, передачи, подъема профиля кулачковых механизмов.
90. Природа и виды трения.
91. Трение скольжения, трение качения.
92. Критерии качественной оценки работы механизмов и машин.
93. КПД механизмов. Коэффициент потерь.
94. КПД сложных механизмов.
95. Причины и последствия неуравновешенности вращающихся звеньев механизмов.
96. Виды неуравновешенности роторов.
97. Теоретическое уравнивание роторов.
98. Экспериментальное уравнивание роторов.
99. Динамические модели машин и механизмов. Динамические модели двигателей.
100. Динамические характеристики механизмов с жесткими звеньями.
101. 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.
102. Основные задачи сопротивления материалов.
103. Основные гипотезы сопротивления материалов.
104. Внешние силы.

105. Метод сечений.
106. Напряжение. Полное. Нормальное. Касательное. Условие прочности.
107. Деформации. Перемещения. Условие жесткости.
108. Осевое растяжение. Определение внутренних усилий. Построение эпюр продольных сил.
109. Осевое растяжение. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Условие прочности.
110. Осевое растяжение. Закон парности касательных напряжений.
111. Деформации. Перемещения. Закон Гука. Закон Пуассона.
112. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.
113. Механические характеристики материала.
114. Диаграммы сжатия.
115. Коэффициент запаса прочности. Выбор допускаемых напряжений.
116. Понятие о напряженном состоянии. Виды напряженного состояния.
117. Главные площадки. Главные напряжения.
118. Зависимость между деформациями и напряжениями при плоском и объемном напряженных состояниях (обобщенный закон Гука).
119. Назначение теорий прочности. Третья и четвертая теории прочности.
120. Сдвиг. Внутренние усилия, напряжения, деформации. Закон Гука.
121. Практические расчеты на сдвиг. Расчет заклепочных, болтовых, сварных соединений.
122. Геометрические характеристики плоских сечений. Основные понятия.
123. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей.
124. Моменты инерции простых сечений.
125. Главные оси инерции и главные моменты инерции. Радиус инерции.
126. Кручение. Построение эпюр моментов крутящих.
127. Кручение. Напряжения.
128. Кручение. Деформации.

129. Связь между моментом вращающим, мощностью, числом оборотов.
130. Расчет сплошных и полых валов на прочность и жесткость.
131. Рациональная форма сечения вала.
132. Прямой поперечный изгиб. Основные понятия.
133. Прямой поперечный изгиб. Опоры. Опорные реакции.
134. Прямой поперечный изгиб. Внутренние усилия.
135. Правило знаков для момента изгибающего и поперечной силы.
136. Построение эпюр моментов изгибающих и поперечных сил.
137. Напряжения при чистом изгибе.
138. Условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе.
139. Влияние способа закрепления на величину критической силы.
140. Пределы применимости формулы Эйлера.
141. Эмпирические формулы определения критических напряжений.
142. Практическая формула для расчета на устойчивость.
143. Рациональные формы сечений сжатых стержней.
144. Основные понятия об усталостном разрушении.
145. Циклы напряжений.
146. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел выносливости.
147. Факторы, влияющие на предел выносливости.
148. Практические меры повышения сопротивления усталости.
149. Классификация машин.
150. Основные требования к машинам и деталям машин.
151. Краткие сведения о стандартизации и взаимозаменяемости деталей машин.
152. Передачи вращательного движения. Классификация передач и их назначение.
153. Кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах.
154. Валы и оси. Конструктивные формы осей и валов.
155. Назначение и классификация муфт.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Основная литература

3.1.1. Добронравов В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М., Высшая школа, 1983, 575 с.

3.1.2. Яблонский А.А., Никифоров В.М. Курс теоретической механики. ч. 1, 2, М., 1962 и последующие издания.

3.1.3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М., 1952 и последующие издания.

3.1.4. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. (Под редакцией А.А. Яблонского). М., 1972 и последующие издания.

3.1.5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., 1975 и другие годы издания.

3.1.6. Теория механизмов и машин / Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др.; Под ред. К.В. Фролова. М., 1986.

3.1.7. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. М., 1079.

3.1.8. Юдин В.А., Петрокас Л.В. Теория механизмов и машин. М., 1977.

3.1.9. Теория механизмов и механика машин. (Под редакцией К.В. Фролова). М.: Высш. школа. 1998 г.

3.1.10. Механика машин. (Под редакцией Г.А. Смирнова). М.: Высш. школа, 1996.

3.1.11. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Соппротивление материалов. -М.: Высшая школа 1976.

3.1.12. Иванов М.Н. Детали машин.-М.: Высш.школа, 1976.

3.1.13. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и детали машин.  
-М.: Машиностроение, 1985.

#### 3.2. Дополнительная литература

- 3.2.1. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. М., 1986.
- 3.2.2. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М., 1985.
- 3.2.3. Артоболовский И.И. Сборник задач по теории механизмов и машин. М., 1975.
- 3.2.4. Луганцева Т.А., Сергиенко Г.И. Структурный анализ механизмов. 1990 г.
- 3.2.5. Луганцева Т.А., В.М. Кольцова В.М. Кинематическое исследование механизмов. БТИ. 1990 г.
- 3.2.6. Степин П.А. Сопротивление материалов.-М.:Высшая школа, 1973.
- 3.2.7. Прикладная механика: Учебн.пособие. /Под редакцией В.М.Осецкого. -М.: Машиностроение, 1977.
- 3.2.8. Ковалев Н.А. Прикладная механика. -М.: Высшая школа, 1982.
- 3.2.9. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. Курсовое проектирование.-М: Высш.школа, 1975.
- 3.2.10. Смирнов А.Ф. и др. Сопротивление материалов.-М.: Высш.школа, 1975.
- 3.2.11. Иванов М.Н. Детали машин. -М.: Машиностроение, 1985.
- 3.2.12. Решетов Д.Н. Детали машин. Атлас конструкций.-М.: Машиностроение. 1968.
- 3.2.13. Курсовое проектирование деталей машин (под ред. В.Н. Кудрявцева)  
-Л.: Машиностроение, 1984.

3.3. Перечень наглядных пособий, методических указаний и методических материалов

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

3.3.2. Модели механизмов.

3.3.3. Тесты.

3.3.4. Программы расчета на ПЭВМ.

3.3.5. Плакаты.

3.2.6. Образцы изучаемых деталей, узлов, механизмов.

3.3.7. Лабораторные установки, мерительный инструмент.

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

### **ЛЕКЦИЯ 1. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ**

Теоретическая механика – как предмет. Пространство и время в классической механике. Модели физических тел. Векторный способ описания движения: положение точки, закон движения, перемещение, средняя и мгновенная скорость точки (модуль и направление), годограф радиуса-вектора, годограф скорости, среднее и мгновенное ускорение точки (модуль и направление). Координатные способы описания движения:

- прямоугольные декартовы координаты – уравнения движения и уравнение траектории, проекции, модуль и направление скорости и ускорения;
- естественные координаты – закон движения, естественный трехгранник, модуль и направление скорости и ускорения. Частные случаи описания движений.

### **ЛЕКЦИЯ 2. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Поступательное движение: определение, уравнения движения, теорема, свойства поступательного движения. Вращательное движение: определение, уравнение движения, характеристики вращательного движения – угол поворота, угловая скорость и ускорение. Линейная скорость и ускорение точки при вращательном движении – модуль и направление (формула Эйлера). Формулы Пуассона. Способы передачи вращательного движения.

### **ЛЕКЦИЯ 3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ**

Определение, теоремы о соотношении скоростей и ускорений при поступательном переносном движении, теорема Кориолиса, модуль и направление кориолисова ускорения.

#### **ЛЕКЦИЯ 4. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ**

Определение, теорема о разложении плоского движения, уравнения движения. Скорости при плоском движении: общий метод вычисления скоростей через полюс, теорема о проекциях, мгновенный центр скоростей: методы его вычисления и применения. Вычисление угловой скорости.

Центроиды. Вычисление ускорений через полюс, вычисление углового ускорения.

#### **ЛЕКЦИЯ 5. СФЕРИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ. ОБЩИЙ СЛУЧАЙ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Определение сферического движения, углы Эйлера, уравнения движения, теорема Эйлера – Даламбера. Мгновенная ось вращения. Аксоиды. Угловая скорость и ускорение при сферическом движении. Кинематические уравнения Эйлера. Линейные скорости и ускорения при сферическом движении. Теорема Шаля. Уравнения движения свободного твердого тела. Распределение скоростей и ускорений свободного тела при его пространственном движении.

#### **ЛЕКЦИЯ 6. СЛОЖНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Сложение двух поступательных движений твердого тела. Сложение поступательного и вращательного движений. Сложение двух вращений твердого тела (оси скрещиваются). Сложение вращательных движений тела

вокруг пересекающихся осей. Пара вращений. Сложение двух вращений тела вокруг параллельных осей.

## **ЛЕКЦИЯ 7. ПРЕДМЕТ ДИНАМИКИ И СТАТИКИ. СИСТЕМА СХОДЯЩИХСЯ СИЛ**

Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, равнодействующая, уравнивающая, эквивалентные и уравновешенные системы сил, силы внешние и внутренние, сосредоточенные и распределенные. Аксиомы статики, Связи и реакции связей. Основные виды связей: гладкая плоскость или поверхность, гибкая нить, опора на острие, шарнирно-подвижная и шарнирно неподвижная опоры, балка-консоль, скользящая заделка, подшипники и подпятники, идеальный блок.

Сходящиеся силы: условия и уравнения равновесия в геометрическом и аналитическом виде.

## **ЛЕКЦИЯ 7-8. МОМЕНТЫ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ И ОСИ. ТЕОРИЯ ПАР СИЛ.**

Векторный и алгебраический моменты силы относительно точки. Пара сил и ее действие на тело. Свойства пар сил. Эквивалентность пар. Условия равновесия пар сил. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси. Момент силы относительно начала координат.

## **ЛЕКЦИЯ 8-9. УСЛОВИЯ И УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ПЛОСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМ СИЛ**

Приведение силы к точке, не лежащей на линии действия силы. Приведение плоской системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики: понятие главного вектора, главного момента. Частные случаи

приведения плоской системы сил к простейшему виду. Условия и уравнения равновесия плоской системы сил. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Главный вектор и главный момент. Инварианты системы сил. Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил.

## **ЛЕКЦИЯ 9. ПРЕДМЕТ ДИНАМИКИ. ПЕРВАЯ И ВТОРАЯ ЗАДАЧИ ДИНАМИКИ**

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 системах координат. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

## **ЛЕКЦИЯ 10-11. ПРИНЦИП ДАЛАМБЕРА ДЛЯ ТОЧКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

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. Принцип Даламбера – Лагранжа. Общее уравнение динамики.

## **ЛЕКЦИЯ 11-12. АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ. ПРИНЦИП ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. ОБЩЕЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ.**

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. Принцип возможных перемещений.

### **ЛЕКЦИЯ 12-13. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ: ТЕОРЕМА О ДВИЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС, ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ**

Центр тяжести твердого тела и его координаты. 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.

### **ЛЕКЦИЯ 13-14. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

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

## **ЛЕКЦИЯ 15. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОГО МОМЕНТА**

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 и оси. Кинетический момент вращающегося тела относительно оси вращения. Теорема об изменении кинетического момента. Закон сохранения кинетического момента.

## **ЛЕКЦИЯ 16. ДИНАМИКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Динамика поступательного и вращательного движения твердого тела. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела.

## **ЛЕКЦИЯ 17. УРАВНЕНИЕ ЛАГРАНЖА ВТОРОГО РОДА**

Обобщенные координаты скорости, ускорения и возможные перемещения. Обобщенные силы и методы их вычисления. Вывод уравнений Лагранжа второго рода из общего уравнения динамики.

## **ЛЕКЦИЯ 17-18. МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ**

Малые колебания. Устойчивость положения равновесия. Теорема Лагранжа – Дирихле. Свободные колебания для систем с одной степенью свободы: определения, закон собственных колебаний системы, основные

свойства собственных колебания, математический маятник. Свободные колебания при наличии сопротивления пропорционального скорости: определения, свойства колебаний сопротивления.

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

### **ЛЕКЦИЯ 1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАШИНАМ И МЕХАНИЗМАМ**

Введение. Цель и задачи курса ТММ. Краткая историческая справка. Место курса в системе подготовки инженера. Инженерное проектирование. Основные этапы процесса проектирования. Методы проектирования. Машинный агрегат и его составные части. Классификация машин. Механизм и его элементы. Классификация механизмов. Характеристики и требования. Предъявляемые к машинам и механизмам.

### **ЛЕКЦИЯ 1- 2 - 3. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ**

Классификация кинематических пар. Модели машин. Методы исследования механизмов. Понятие о структурном анализе и синтезе. Основные структурные формулы. Структурная классификация механизмов по Ассурю и по Артоболовскому. Структурные группы Асура 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.

## **ЛЕКЦИЯ 4 - 5 - 6. КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

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: шарнирного четырехзвенника, кривошипно-ползунного механизма, кулисных механизмов.

## **ЛЕКЦИЯ 6 – 7 - 8. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Метрический синтез типовых рычажных механизмов. Структурные схемы простейших типовых механизмов. Цель и задачи метрического синтеза механизмов. Методы метрического синтеза механизмов. Условия проворачиваемости звеньев механизма. Понятие о коэффициенте неравномерности средней скорости и о угле давления в рычажном механизме. 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). Оптимальный синтез рычажных механизмов. Синтез механизма по заданной функции положения.

## **ЛЕКЦИЯ 9. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Входные параметры синтеза (основные и дополнительные). Выходные параметры синтеза. Этапы синтеза кулачкового механизма. 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;

## **ЛЕКЦИЯ 10 - 11. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДАЧ**

Введение в теорию высшей пары, основные понятия и определения. Механизмы с высшими кинематическими парами и их классификация. Передачи сцеплением и зацеплением. Основная теорема зацепления. Понятие о полюсе и центроидах. Сопряженные профили в высшей КП. Следствия основной теоремы зацепления. Угол давления в механизмах с высшими КП. Зубчатые передачи и их классификация. Эвольвентная зубчатая передача. Эвольвента окружности и ее параметрические уравнения. Эвольвентное

зацепление и его свойства. Эвольвентное зубчатое колесо и его параметры. Толщина зуба колеса по окружности произвольного радиуса. Методы изготовления эвольвентных зубчатых колес. Понятие о исходном, исходном производящем и производящем контурах. Станочное зацепление. Основные размеры зубчатого колеса. Виды зубчатых колес. Подрезание и заострение колеса. Эвольвентная цилиндрическая зубчатая передача и ее параметры. [Классификация зубчатых передач. Качественные показатели для эвольвентной передачи. Коэффициент перекрытия. Коэффициент формы зуба. Коэффициент удельного давления. Коэффициент удельного скольжения. Сложные зубчатые механизмы. Многопоточные и планетарные механизмы. Кинематика рядного зубчатого механизма. Формула Виллиса для планетарных механизмов. Кинематическое исследование типовых планетарных механизмов графическим и аналитическим методами.](#)

## **ЛЕКЦИЯ 12 - 13. КИНЕТОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ**

Механическая энергия и мощность. Работа внешних сил. Преобразование механической энергии механизмами. Аксиома об освобождения от связей. Силы и их классификация. Силы в КП без учета трения. Статический и кинетостатический силовой расчет типовых механизмов. Методы силового расчета (графоаналитический - планов сил, аналитический - метод проекций на оси координат). Трение в механизмах. Виды трения. Силы в кинематических парах с учетом трения. Силовой расчет механизмов с учетом сил трения. Понятие о КПД механической системы. КПД механической системы при последовательном и параллельном соединении механизмов.

## **ЛЕКЦИЯ 13 - 16. ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ С ЖЕСТКИМИ ЗВЕНЬЯМИ**

Динамика машин и механизмов. Динамические параметры машины и механизма. Прямая задача динамики машин. Понятие о динамической модели машины при  $W=I$ . Уравнения движения динамической модели. Параметры динамической модели:  $I^{\text{пр}}_{\Sigma}$  - приведенный суммарный момент инерции механизма и  $M^{\text{пр}}_{\Sigma}$  - приведенный суммарный момент внешних сил. Механические характеристики машин. 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.

## **ЛЕКЦИЯ 17 - 18. КОЛЕБАНИЯ И ВИБРАЦИЯ В МЕХАНИЗМАХ. ДИНАМИКА ПРИВОДОВ.**

Вибрации и колебания в машинах и механизмах, виброактивность и виброзащита. 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.

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.

## **ПЛАН – КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ**

### **ЛЕКЦИЯ №1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

Цель: Дать научное представление о дисциплине «Соппротивление материалов»

Вопросы: 1.Основные задачи курса  
2.Гипотезы механики материалов  
3.Внешние силы. Классификация  
4.Метод сечений – метод определения внутренних усилий  
5.Напряжение. Полное. Нормальное. Касательное. Физический смысл напряжений  
6.Деформации. Упругие и пластические.  
7.Деформации. Абсолютные, относительные. Линейные и угловые.

### **ЛЕКЦИЯ № 2 ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ (СЖАТИЕ)**

Цель: Научиться методом расчёта на прочность и жесткость при осевом растяжении, сжатии.

Вопросы: 1.Внутренние усилия  
2.Напряжения в поперечных и наклонных сечениях  
3.Закон парности касательных напряжений  
4.Условие прочности. Три типа задач на прочность  
5.Деформации. Закон Пуассона. Закон Гука. Перемещения.  
6.Потенциальная энергия деформации

### **ЛЕКЦИЯ № 3 Опытное изучение свойств материала при осевом растяжении (сжатии). Теория напряженного и деформированного состояния.**

Цель: Изучить свойства материала при осевом растяжении (сжатии). Основные механические характеристики материала. Умение делать анализ напряженного и деформированного состояния

Вопросы: 1.Диаграмма растяжения и сжатия малоуглеродистой стали  
2.Основные механические характеристики материала  
3.Явление наклона  
4.Влияние времени на деформацию  
5.Последствия. Релаксация. Ползучесть.

6. Опасное состояние материала. Допускаемые напряжения.
7. Коэффициент запаса прочности
8. Понятие о напряженном состоянии материала
9. Виды напряженного состояния
10. Главные площадки и главные напряжения
11. Обобщенный закон Гука

#### **ЛЕКЦИЯ № 4 Теории прочности. Сдвиг.**

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

- Вопросы:
1. Назначение теорий прочности
  2. Теория наибольших касательных напряжений
  3. Энергетическая теория прочности
  4. Потенциальная энергия
  5. Практические расчёты на сдвиг

#### **ЛЕКЦИЯ № 5 Геометрические характеристики сечения**

Цель: Научиться вычислять геометрические характеристики плоского сечения

- Вопросы:
1. Площадь сечения. Статический момент сечения. Момент инерции сечения
  2. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей (без вывода)
  3. Изменение моментов инерции при повороте осей координат (без вывода)
  4. Главные оси и главные моменты инерции
  5. Радиусы инерции

#### **ЛЕКЦИЯ № 6 Кручение**

Цель: Научить проектному расчёту валов.

- Вопросы:
1. Внутренние усилия. Построения эпюров моментов крутящих
  2. Напряжение, деформации в стержнях круглого поперечного сечения
  3. Условие прочности и жесткости сплошных и полых валов
  4. Потенциальная энергия деформаций

#### **ЛЕКЦИЯ № 7 Изгиб**

Цель: Научить расчёту деталей и конструкций на изгиб

Вопросы: 1. Общие понятия о деформациях изгиба. Прямой, косоу, чистый, поперечный изгиб. Балки. Опорные устройства балок. Статически определимые и неопределимые балки  
2. Внутренние усилия. Определение. Правило знаков  
3. Зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и равномерно распределенной нагрузкой.  
4. Построение эпюр  $Q$  и  $M$

### **ЛЕКЦИЯ № 8 Напряжение при чистом изгибе**

Цель: Научить решать задачу прочности при изгибе

Вопросы: 1. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Нейтральная ось. Эпюра распределения  $\sigma$  по сечению  
2. Условие прочности для пластичных и хрупких материалов. Рациональные формы сечения балок

### **ЛЕКЦИЯ № 9 Деформации при изгибе**

Цель: Изучить деформацию при изгибе

Вопросы: 1. Определение изогнутой оси, прогиба, угла поворота сечения  
2. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Его интегрирование.  
3. Метод начальных параметров  
4. Потенциальная энергия деформаций

### **ЛЕКЦИЯ № 10 Сложное сопротивление. Косоу изгиб. Внецентренное растяжение (сжатие)**

Цель: Ознакомиться с методами расчёта

1. Напряжения.
2. Нейтральная ось.
3. Условия прочности.

### **ЛЕКЦИЯ № 11 Расчёт сжатых стержней на устойчивость**

Цель: 1. Научиться методам расчёта на устойчивость  
2. Усвоить понятие критической силы и критического напряжения

Вопросы: 1. Устойчивые и неустойчивые формы равновесия  
2. Формула Эйлера для критической силы  
3. Влияние способа закрепления концов стержня на критическую силу

4. Пределы применимости формулы Эйлера
5. Эмпирические формулы для определения критических напряжений
6. Рациональные формы сечения сжатых стержней

### **ЛЕКЦИЯ № 12 Расчёт на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени (расчёт на усталость)**

- Цель:
1. Научить расчёту на прочность при повторно–переменных нагрузках
  2. Уяснить понятие предела выносливости

- Вопросы:
1. Основные определения
  2. Циклы напряжений
  3. Кривая усталости при симметричном цикле
  4. Предел выносливости
  5. Факторы, влияющие на процесс выносливости
  6. Практические меры повышения сопротивления усталости

### **ЛЕКЦИЯ № 13 Динамические нагрузки**

Цель: Научить методу расчёта на динамическую нагрузку.

- Вопросы:
1. Напряжение в движущихся деталях (учёт сил инерции)
  2. Напряжение при ударе

## **ПЛАН – КОНСПЕКТ КУРСА ЛЕКЦИЙ ПО ДЕТАЛЯМ МАШИН**

### **ЛЕКЦИЯ № 14 Основные критерии работоспособности, надёжности расчета деталей машин**

Цель: Усвоить, что основными критериями работоспособности машин является прочность, жесткость, в некоторых случаях теплостойкость и виброустойчивость.

- Вопросы:
1. Изучение методов на прочность. Условия прочности по методу допускаемых напряжений. Условия прочности по коэффициентам запаса прочности.
  2. Жесткость.
  3. Износостойкость. Виды изнашивания.
  4. Контактные напряжения.
  5. Теплостойкость.
  6. Виброустойчивость.
  7. Понятия надежности и экономичности машины, ресурса, ремонтпригодности, сохраняемости.

## **ЛЕКЦИЯ № 15 Передачи вращательного движения.**

Цель: Уяснить, что из механических передач самые распространенные передачи вращательного движения, так как вращательное движение легче сделать непрерывным, проще и легче осуществить в виде компактной конструкции, при нем легче достигнуть равномерности хода, уменьшить потери на трение.

Вопросы: 1. Классификация передач и их назначение. Оценка их применения. Основные силовые и кинематические соотношения. Фрикционные передачи. Ременные передачи. Зубчатые и червячные передачи. Передача Винт-Гайка.

## **ЛЕКЦИЯ № 16 Детали, обслуживающие вращательное движение.**

Цель: Уяснить, что детали, обслуживающие вращательное движение (валы, оси, подшипники качения и скольжения и муфты) играют большое значение в работоспособности машин.

1. Оси и валы. Назначение. Классификация. Расчет. Материалы.
2. Подшипники скольжения и качения. Устройство. Расчет. Оценка применения.
3. Муфты. Назначение. Оценка применения.

## **ЛЕКЦИЯ № 17 Неразъемные соединения**

Цель: Изучить неразъемные соединения: заклепочные, сварные, клеевые, паяные, соединения с натягом.

1. Виды.
2. Расчет и оценка применения.

## **ЛЕКЦИЯ № 18 Разъемные соединения.**

Цель: Изучить разъемные соединения: резьбовые соединения, шпоночные и шлицевые соединения, клиновые и штифтовые.

1. Виды.
2. Расчет и оценка применения.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

## Раздел 1. КИНЕМАТИКА

### 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?

## 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).

#### IV 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.

1. Способы передачи вращательного движения.

### Пример 1

Вращение задано уравнением:

$$\varphi = 1,5t^2 - 4t;$$

( $\Phi$  - в радианах,  $t$  - в секундах.)

Определить:

1) характер вращения при  $t = 1$  сек.

2) величины скорости и ускорения точки тела, отстоящей на расстоянии 0,2 м. от оси вращения, при  $t = 1$  сек.

Решение:

$$1) \omega = \frac{d\varphi}{dt} = 3t - 4, \text{ при } t = 1 \text{ сек. } \omega = -1 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}.$$

$$2) \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 3 \frac{\text{рад}}{\text{сек}^2} = \text{const.}$$

$$3) a = h\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = 0,2\sqrt{9 + 1} = 0,633 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

### Пример 2

Дано:  $\varphi = t^2 - 4t$

Определить: угловую скорость, угловое ускорение и характер вращения тела в момент времени  $t = 1$  сек.

Решение:

$$1). \omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2t - 4; \text{ при } t = 1 \text{ сек. } \omega = -2 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}.$$

$$2). \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2 \frac{\text{рад}}{\text{сек}^2} = \text{const.}$$

3). Так как  $\omega\varepsilon = -4$ , т.е.  $\omega\varepsilon < 0$ ; то вращение тела замедленное.

Пример 3.

Маховое колесо начинает вращаться из состояния покоя равноускоренно;

через 10 минут оно имеет угловую скорость, соответствующую  $120 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ .

Сколько оборотов сделало колесо за 10 минут?

Решение.

$$N = \frac{n_0 + n}{2} \cdot T = \frac{120}{2} \cdot 10 = 600 \text{ оборотов}$$

Пример 4.

Вал начинает вращаться равноускоренно из состояния покоя; в первые 5 сек. он совершает 12,5 оборотов.

Какова его угловая скорость по истечении 5 сек?

Решение.

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

$$0$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

$$0 \quad 0$$

с учётом того что,  $\omega_0 = 0$  и  $\varphi_0 = 0$  получим:

$$\omega = \varepsilon t$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

Выразим из уравнения  $\varepsilon$  и подставим полученное значение:

$$\varphi = \frac{\omega t}{2}$$

$$\varphi = 2\pi N$$

Выразим из (5) уравнения  $\omega$  :

$$\omega = \frac{2\varphi}{t}$$

С учётом уравнения (6) уравнение (7) запишется:

$$\omega = \frac{4\pi N}{t}$$

$$\omega = \frac{4\pi \cdot 12}{5} = 10\pi \left( \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right);$$

## 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

Практические занятия и 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).

#### IV 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:

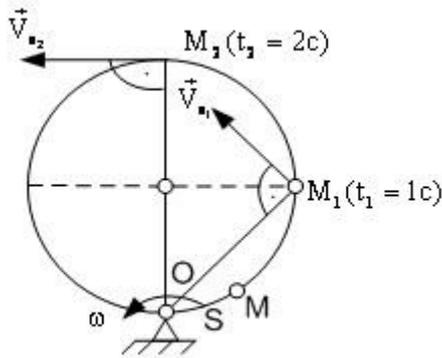
- выработать практические навыки решения задач на сложное движение точки;
- иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении.

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.

Пример:



По окружности, радиус которой равен  $R$ , движется точка  $M$  по закону:

$$OM = S = \frac{\pi R}{2} t, \quad (t - \text{в сек.}, S - \text{в см.}).$$

Окружность вращается вокруг оси  $O$ , перпендикулярной плоскости окружности, с постоянной угловой скоростью  $\omega$ .

Найти переносную скорость точки в момент времени: 1)  $t_1 = 1\text{с.}$  и 2)  $t_2 = 2\text{с.}$

Решение:

1. Найдём положение точки  $M$  на окружности в момент  $t_1 = 1\text{с.}$ , имеем:

$$S = \frac{\pi}{2} R \text{ см}$$

$$t = 1\text{сек.}$$

В этот момент точка  $M$ , пройдя четверть окружности, находится в положении  $M_1$ .

2. Переносная скорость  $V_{e1} \perp OM_1$  и её модуль

$$V_{e1} = \omega \cdot OM_1 = \omega R \sqrt{2} \frac{\text{см}}{\text{сек.}}, \quad \text{т.к. } OM_1 = R \sqrt{2}$$

$$t = 1\text{сек.}$$

3. Найдём положение точки  $M$  в момент времени  $t = 2\text{ сек.}$  . Имеем:

$$S = \pi R, \text{ см.}$$

$t = 2$  сек.

В этот момент точка  $M_1$ , пройдя половину окружности, будет в положении  $M_2$ .

4. Переносная скорость  $V_{e_2} \perp \overline{OM_2}$  и её модуль

$$V_{e_2} = \omega \cdot OM_2 = \omega \cdot 2R \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}, \text{ т.к. } OM_2 = 2R, \text{ см.}$$

$t = 2$  сек.

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?

## 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).

## IV 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 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?

## 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).

## IV 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 уравнивающей?
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, уравниваются?
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?
- 42.2. Что такое моментная точка?

- 43.3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
- 44.4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса? Правило знаков.
- 45.5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
- 46.6. 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)?

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: №№2.6; 2.16; 2.29; 6.3; 6.10; 3.16; 3.37; 4.15; 4.26; 4.28; 4.32;4.34; 4.29. 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; 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7. 7.8, 7.9, 7.10.

Литература:

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

#### IV РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Литература: Выдача расчетно-графической работы С-3.

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.

#### 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).

#### IV 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 6

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?

## 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 количеств 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 количества движения точки?
2. Сформулируйте теорему об изменении момента количества движения материальной точки.
3. Что называется главным моментом количества движения системы (кинетическим моментом системы)?
4. Как определяется кинетический момент системы относительно неподвижной оси?
5. Чему равен кинетический момент твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
6. Сформулируйте закон сохранения кинетического момента системы.
7. В каких случаях кинетический момент системы относительно точки и относительно оси остается постоянным?
8. Напишите формулу, по которой вычисляется момент инерции точки относительно оси.
9. Моменты инерции некоторых однородных тел (кольцо (обод), диск (цилиндр), стержень) относительно оси.

10. Сформулируйте теорему Гюйгенса-Штейнера.
11. Что такое радиус инерции твёрдого тела?
12. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной форме.
13. Напишите теорему об изменении кинетической энергии точки в конечной форме.
14. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной форме.
15. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в конечной форме.
16. Для какой системы изменения в кинетической энергии не зависят от внутренних сил?
17. Что называется силовым полем?
18. Какое силовое поле называется потенциальным?
19. Какова работа сил, действующих на точки системы в потенциальном поле, на замкнутом перемещении?
20. Какими математическими зависимостями связаны потенциал поля и силовая функция?

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач:

№№ 38.15; 38.24; 38.27; 38.30; 38.45; 37.4; 37.12; 37.43; 37.52.

Литература:

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

## IV 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 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?

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач:

№№ 41.3; 41.10; 41.17; 42.8; 46.10; 46.21; 46.22; 46.27; 47.1; 47.9; 47.11; 47.15.

Литература:

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

#### IV 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;
2. Достоинства уравнений Лагранжа второго рода.

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.

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.

Контрольные вопросы.

- 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?

# 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;
- $K-1$  – 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;

Контрольные вопросы:

- 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?
- 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:

- 1) Определение координат центра тяжести сечения.
- 2) Осевые и центробежные моменты инерции сложных сечений.
- 3) 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 проверки:

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 проверки:

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:

- 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 проверки:

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:

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 проверки:

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 проверки:

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 проверки:

1. Классификация подшипников качения.
2. Условное обозначение подшипников.
3. Нагрузочная способность подшипника.
4. Что такое долговечность подшипника?
5. Определение базовой динамической грузоподъёмности.
6. Что такое эквивалентная динамическая нагрузка?
7. Как определяют требуемую динамическую грузоподъёмность?

## **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.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение машинным механизмам.
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 входного звеньев.
3. Определить какие кинематические пары образуют звенья механизма друг с другом (плоские или пространственные, высшие или низшие, вращательные или поступательные, определить класс пары).
4. Составить структурную схему механизмов. Для этого:
  - А) вычертить одно из положений входного звена, при котором достаточно видны все остальные звенья;
  - Б) Построить положение остальных звеньев механизма;
  - В) Пронумеровать звенья арабскими цифрами в порядке их присоединения к входному звену механизма;

Г) обозначить кинематические пары большими буквами латинского алфавита.

5. Измерить необходимые параметры звеньев: расстояния между центрами шарниров, постоянные углы между плечами звеньев. Составить таблицу звеньев (в нее включить длину звена в метрах, название звена).

6. Выбрать масштабный коэффициент длины ( $\mu_l$ ) для построения кинематической схемы.

7. Перевести размеры звеньев в миллиметры чертежа.

8. Построить кинематическую схему механизма. Для этого:

а) провести разметку всех неподвижных центров шарниров, соединяющих стойку с подвижными звеньями, и нанести положение неподвижных направляющих поступательных кинематических пар механизма;

б) повторить подпункты а + г пункта 4.

9. Направление движения входного звена показать стрелкой.

10. Определите степень подвижности механизмов по формуле Чебышева.

11. 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.

12. Определите входное звено механизма и отделить начальный механизм.

13. 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.

14. 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.

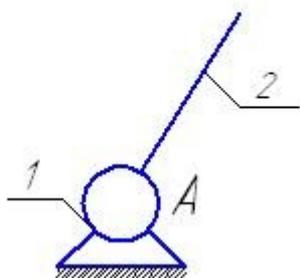
15. При структурном анализе следует делать записи, в которых

вращательная кинематическая пара 5-го класса обозначается буквой,

обведенной в кружок, а поступательная в квадрат:

*Условное обозначение*

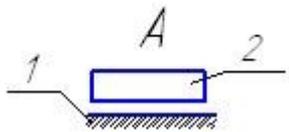
*Запись*



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

*Условное обозначение*

*Запись*



1-A-2

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

16. Составьте формулу структурного строения механизма, показывающую порядок присоединения групп Ассур к начальному механизму.

17. Определите по формуле структурного строения класс механизма по классификации Ассур-Артоболевского.

Контрольные вопросы.

- 1) Что называется механизмом?
- 2) Что называется звеном механизма?
- 3) Что называется входным, выходным, промежуточными звеньями?
- 4) Как классифицируются звенья по виду движения?
- 5) Что называется кинематической парой?
- 6) Как классифицируются кинематические пары по числу условий связи и по числу степеней свободы?
- 7) Какие кинематические пары относятся:
  - а) к высшим;
  - б) к низшим;
  - в) к плоским;
  - г) к пространственным?
- 8) Что называется кинематической цепью?

- 9) Чем отличается механизм от кинематической цепи?
- 10) Какие виды кинематических цепей существуют?
- 11) Какой механизм называется шарнирным?
- 12) Как классифицируются рычажные механизмы в зависимости от звеньев, входящих в их состав?
- 13) Дать определение структурной и кинематической схемы механизма.
- 14) Что такое масштабный коэффициент?
- 15) Как связаны между собой детали, образующие подвижное звено?
- 16) Как связаны между собой детали, образующие неподвижное звено?
- 17) Укажите, какие из перечисленных кинематических пар высшие, а какие – низшие: а) подшипник скольжения и вал, вращающийся в нем; б) каретка, перемещающаяся в направляющих и соприкасающаяся с ними по поверхности; в) контакт зубьев двух зубчатых колес; г) винт и неподвижная опора, в которой он вращается.
- 18) Детали каких пар подвергаются большему износу и почему?
- 19) Начертите условные изображения следующих элементов кинематических схем: а) соединение двух подвижных звеньев, составляющих вращательную пару; б) соединение подвижного и неподвижного звеньев, составляющих вращательную пару; в) соединение неподвижного звена и подвижного, перемещающегося поступательно; г) подшипник: радиальный и упорный; передачи зубчатые: цилиндрическую, коническую и червячную.
- 20) Какие виды кинематических цепей вы знаете?
- 21) 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  $\ell=200$  мм, а масштабный коэффициент длины  $\mu_\ell=0,005$  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;
- таблицу сравнения результатов расчета.

Контрольные вопросы.

"Кинематическое исследование механизма".

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.

Контрольные вопросы.

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  $4^x$  звенника по двум положениям шатуна (по трем положениям шатуна)?
7. Что называется коэффициентом применения 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.

#### Контрольные вопросы.

1. Назовите преимущества и недостатки кулачковых механизмов по сравнению с рычажными механизмами.
2. Дайте определение угла давления. Какое влияние он оказывает на работу и коэффициент полезного действия кулачкового механизма?
3. Какие законы движения желательно употреблять в быстроходных кулачковых механизмах?
4. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?
5. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.
6. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?
7. Каким образом диаметр ролика влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?

8. Каким образом радиус начальной шайбы влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?
9. Объяснить явление среза профиля кулачка механизма с роликовым толкателем? При каких условиях он наблюдается?
10. Изменяется ли закон движения толкателя при увеличении минимального радиуса кулачка?
11. Изменяется ли закон движения толкателя при уменьшении минимального радиуса кулачка? В каких случаях?
12. При каких условиях наблюдается срез профиля кулачка механизма с плоским толкателем?
13. Почему кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?
14. Почему радиус ролика должен быть всегда меньше минимального радиуса кривизны теоретического профиля кулачка?
15. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?
16. Как влияет радиус начальной шайбы кулачка на угол давления?
17. При каком условии обеспечивается постоянный контакт толкателя и кулачка?
18. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?
19. Каким способом проводится профилирование кулачка?

Лабораторная работа № 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.

Контрольные вопросы.

1. Что такое угол передачи 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.

Контрольные вопросы.

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.

Отчет должен содержать:

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

Контрольные вопросы.

1. Какова цель кинестатического анализа механизма?

2. Какие методы и принципы механики используются при кинестатическом анализе?
3. Какова последовательность кинестатического анализа? Почему принимается такая последовательность?
4. Каким образом и почему выбирается положение для 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.

Контрольные вопросы.

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

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

## **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.

1. Краткие теоретические сведения.

2. Диаграмма растяжения конструкционных материалов.
3. Методика проведения лабораторной работы.
4. Форма отчёта. Журнал работы.

Контрольные вопросы:

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 подвергся 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.

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

Контрольные вопросы:

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.

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

Контрольные вопросы:

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.

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.

Контрольные вопросы:

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: Изучить конструкции зубчатых передач.

Оборудование: лабораторный стенд, макеты, плакаты.

1. Краткие теоретические сведения.
2. Методика проведения лабораторной работы.
3. Форма отчета к лабораторной работе.
4. Форма отчёта. Журнал работы.

Контрольные вопросы:

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: 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).

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

Контрольные вопросы:

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

Оборудование: Подшипники качения.

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

Контрольные вопросы:

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: Изучение конструкции червячного редуктора.

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

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

Контрольные вопросы:

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: Определить КПД редуктора. Сравнить КПД различных редукторов.

Оборудование: Схемы различных редукторов.

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

Контрольные вопросы:

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?

## **ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ**

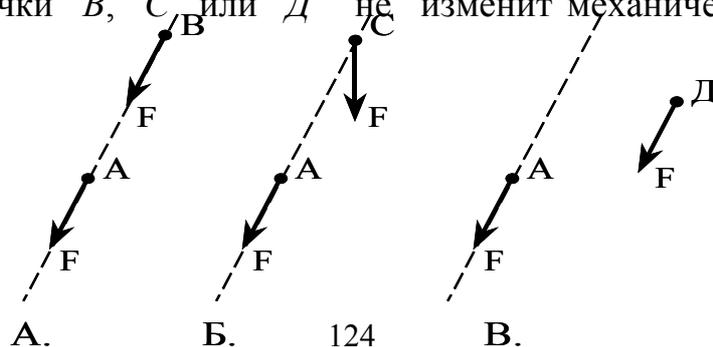
Тема: Основные понятия статики.

1. Сила, эквивалентная некоторой системе сил, называется ...

А. Уравновешивающей.

Б. Равнодействующей.

2. В каком из случаев, указанных на рисунках А, Б и В, перенос силы из точки А в точки В, С или Д не изменит механического состояния твердого тела?

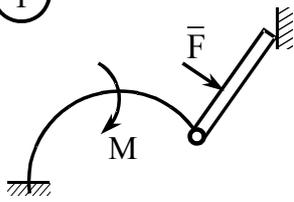




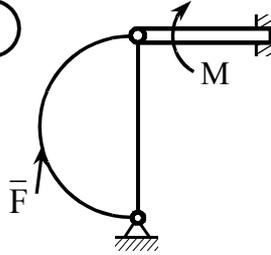


2. Укажите номер статически определимой конструкции.

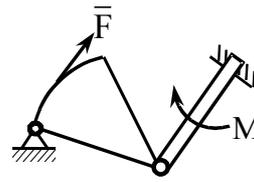
①



②



③



А. 1

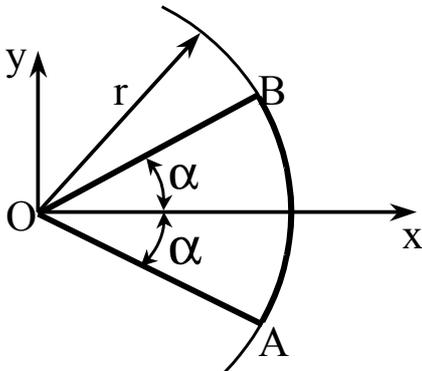
Б. 2

3. Выберите правильное продолжение:

Равнодействующей системы сил называется ...

- А. ...геометрическая сумма сил.
- Б. ...сила, эквивалентная данной системе сил.
- В. ...сила, уравнивающая данную систему сил.
- Г. Правильного продолжения нет.

4. Определить координату  $x_c$  центра тяжести площади кругового сектора OAB, если радиус  $r = 0.6$  м, а угол  $\alpha = 30^\circ$ .



Тема: Пространственная система сил.

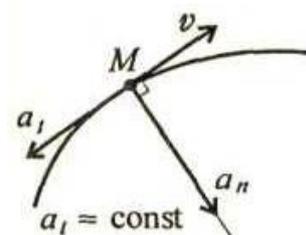
1. Определить угол  $\beta$  между силой  $\vec{F} = 3\vec{i} + 2\vec{g} - \sqrt{3}\vec{k}$  и осью  $O_Y$ .

2. В координатных плоскостях  $O_{xy}$  и  $O_{xz}$  действуют пары сил с моментами  $M_1 = 3Нм$ ,  $M_2 = 4Нм$ . Найдите момент равнодействующей пары сил.

3. При приведении системы сил  $\vec{F}$ ,  $\vec{Q}$  и  $\vec{F}_1$  к центру  $O$ , определите величину главного вектора и главного момента  $M_o$ , если ребра куба  $a = 3\text{ м}$ ,  $F = Q = F_1 = 2\text{ Н}$ .
4. Определите главный вектор системы сил  $\vec{P}_1$ ,  $\vec{P}_2$  и  $\vec{P}_3$ , если  $P_1 = P_2 = P_3 = 6\text{ Н}$ .
5. Найдите расстояние  $OC$  от центра приведения  $O$  до центральной оси, если главный вектор  $P = 3\text{ Н}$ , главный момент  $M_o = 12\text{ Нм}$  и  $\alpha = 30^\circ$ .

Тема: Кинематика точки.

1. Если  $a_n = 0$ , то точка движется
  - А. Прямолинейно.
  - Б. Криволинейно.
2. Точка движется по дуге. Охарактеризуйте движение точки.
  - А. Равномерное.
  - Б. Равноускоренное.



В. Равнозамедленное.

3. Укажите закон движения точки в векторной форме.

А.  $x = f_1(t); y = f_2(t)$ .

Б.  $S = f(t)$ .

В.  $\vec{r} = \vec{r}(t)$ .

4. 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>.

5. Заданы уравнения движения точки  $x = 1 + 2\sin 0,1t$ ,  $y = 3t$ . Определить координату  $x$  точки в момент времени, когда её координата  $y = 12$  м.

Тема: Простейшие движения твердого тела

1. При поступательном движении любая прямая линия на теле

А. Поворачивается на  $180^\circ$ .

Б. Поворачивается на  $90^\circ$ .

В. Остается параллельной своему начальному положению.

2. Вставьте пропущенное слово:

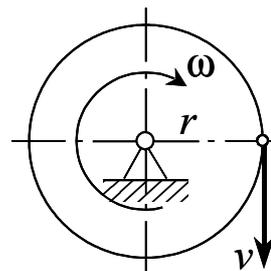
При ... движении все точки тела описывают одинаковые траектории.

- А. Вращательном.
- Б. Поступательном.

3. Какое из приведенных отношений определяет среднюю угловую скорость?

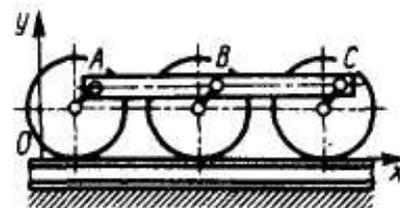
А.  $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ .                      Б.  $\frac{d\varphi}{dt}$ .

4. Колесо радиусом  $r = 0,5$  м вращается равномерно. Окружная скорость  $v = 2,5\pi$  м/с. Определить частоту вращения колеса.

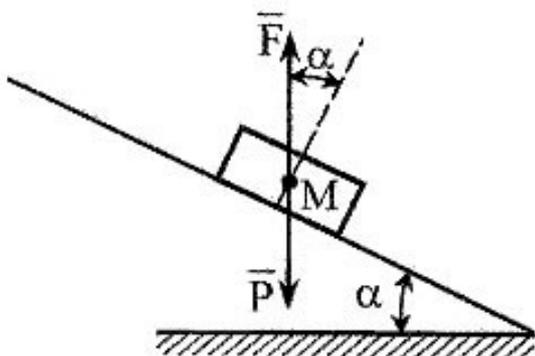


- А.  $n = 150$  об/мин.
- Б.  $n = 300$  об/мин.
- В.  $n = 100$  об/мин.
- Г.  $n = 250$  об/мин.

5. На прямолинейном участке пути центр  $B$  спарника тепловоза движется по закону  $x_B = 15t - 0,25 \cos 30t$ ,  $y_B = 0,5 - 0,25 \sin 30t$ . В момент времени (с)  $t = \pi$  определить скорость точки  $C$  спарника, если  $BC = 1,5$  м.



Тема: Динамика материальной точки.

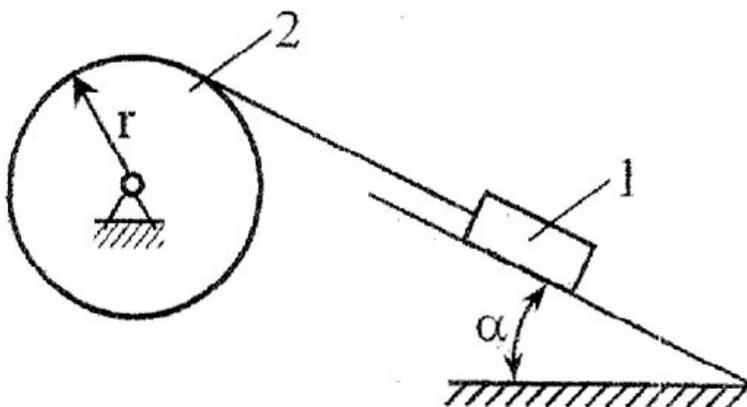


Материальная точка  $M$  весом  $P = mg$  движется вниз по наклонной плоскости из состояния покоя. На точку действует сила  $F = 0,5mg$ . Коэффициент трения скольжения равен  $f$ .

№ 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	$R^c = P(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		2	$R^c = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$R^c = P(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		4	$R^c = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$

Тема: Динамика механической системы.

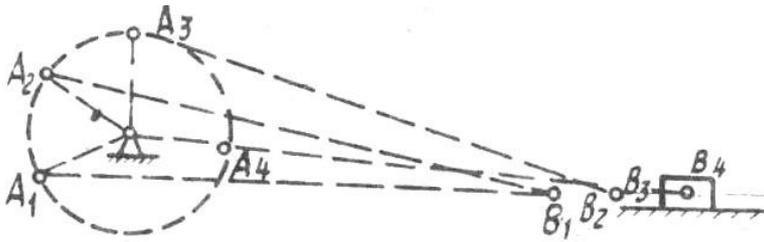


Груз 1 весом  $P$  посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом  $2P$  радиуса  $r$ . Коэффициент трения скольжения груза 1 –  $f$ . Блок 2 -однородный цилиндр. Трением, на оси блока

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	КИНЕМАТИЧЕСКУЮ 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?



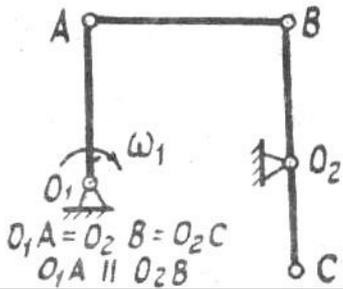
- 1) 1-ое
- 2) 2-ое
- 3) 3-е
- 4) 4-ое

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



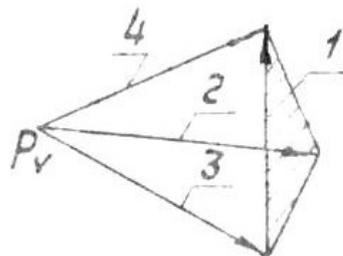
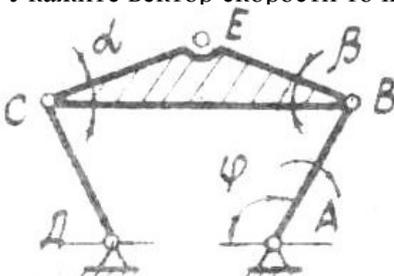
- 1) в т. 1
- 2) в т. 2
- 3) в т. 3
- 4) в т. 4

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



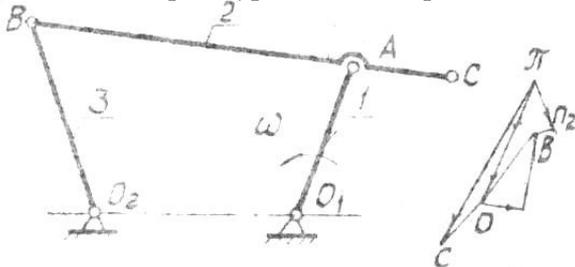
- 1)  $B \xrightarrow{P_v} a, c$
- 2)  $C \xrightarrow{P_v} a, b$
- 3)  $A \xrightarrow{P_v} b, c$
- 4)  $P_v \xrightarrow{a, b, c}$

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



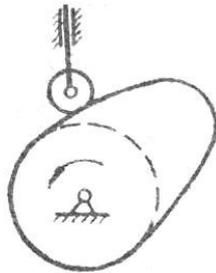
- 1) 1-ый
- 2) 2-ой
- 3) 3-ий
- 4) 4-ый

5. Какое векторное уравнение неправильно?



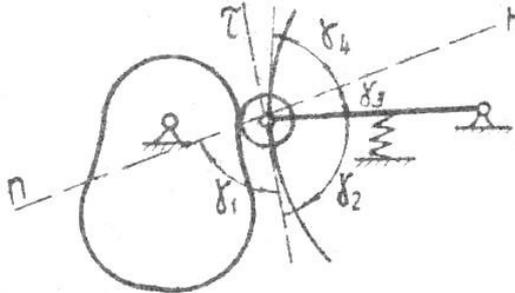
- 1)  $\vec{a}_C = \vec{a}_{O1} + \vec{a}_{CO1}$
- 2)  $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$
- 3)  $\vec{a}_B = \vec{a}_{O2} + \vec{a}_{BO2}^n + \vec{a}_{BO2}^t$
- 4)  $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}$

1. В какой фазе находится толкатель?



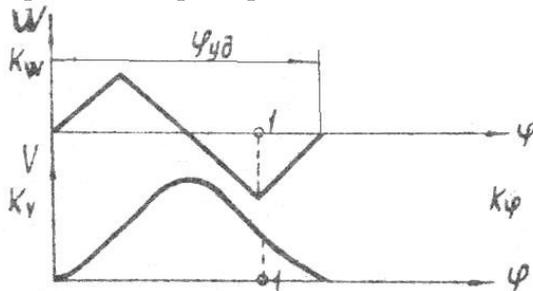
- 1) Удаления
- 2) Приближения
- 3) Ближнего состояния
- 4) Дальнего состояния

2. Определить угол давления.



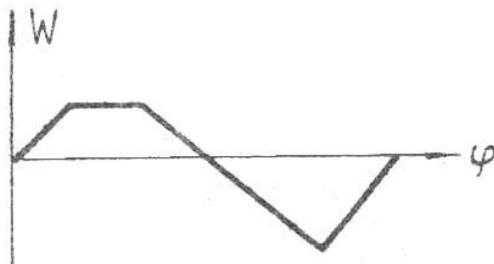
- 1)  $\gamma_1$
- 2)  $\gamma_2$
- 3)  $\gamma_3$
- 4)  $\gamma_4$

3. Определить характер движения толкателя в т. 1.



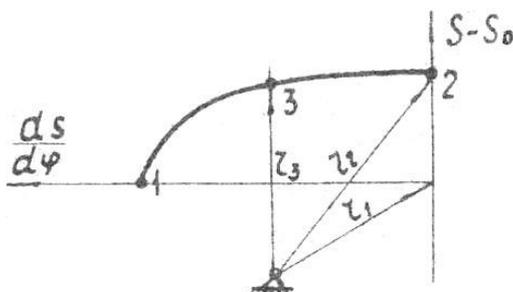
- 1) Замедленное
- 2) Равноускоренное
- 3) Ускоренное
- 4) Равнозамедленное

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)  $R_3$

## Зубчатые передачи

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

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

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

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

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

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

1)  $m$

3)  $z$

2)  $m, z$

4)  $p, z$

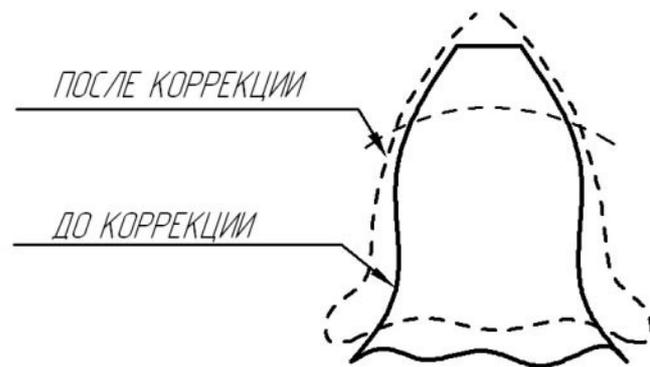
3. Укажите сдвиг рейки при нарезании корригированного колеса.

1) Сдвиг рейки по данному чертежу определить невозможно

2)  $x > 0$

3)  $x = 0$

4)  $x < 0$



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

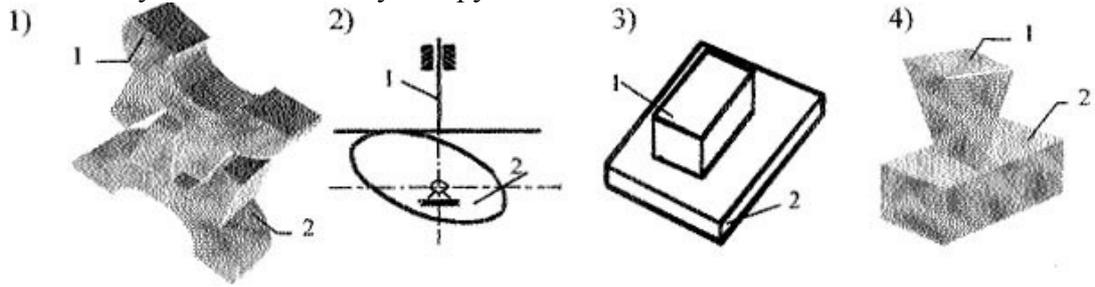
1)  $R_B = \frac{mZ}{2} \cos \alpha$

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

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

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

1. Укажите низшую кинематическую пару.

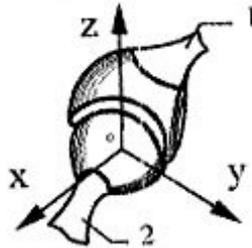


2. Какие машины относятся к классу производственных (технологических) машин?

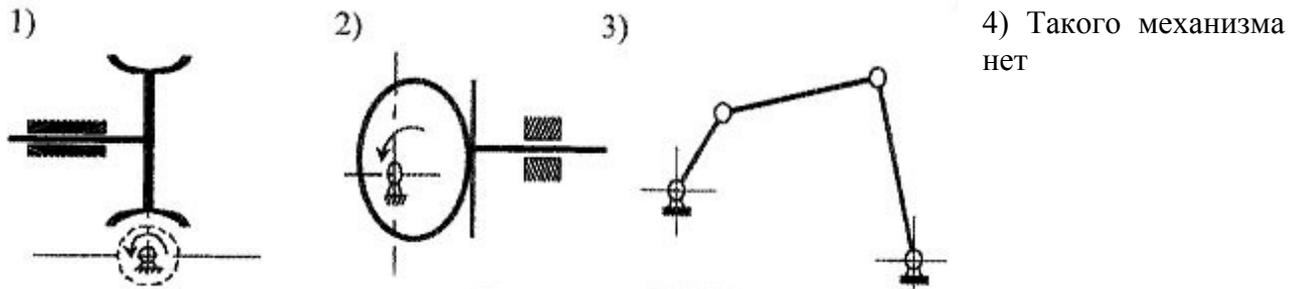
- 1) Автомобиль, 2) Гидротурбина, 3) Токарный станок, 4) Автомат для продажи газет

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

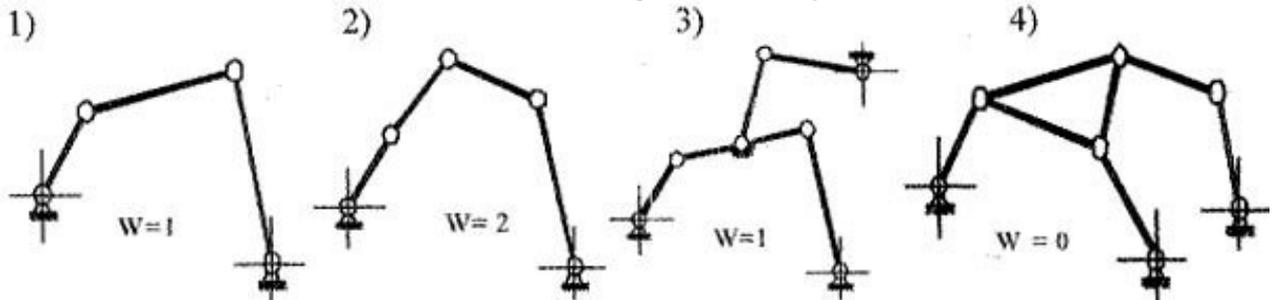
- 1) Три  
2) Четыре  
3) Два  
4) Пять



4. Укажите пространственный механизм

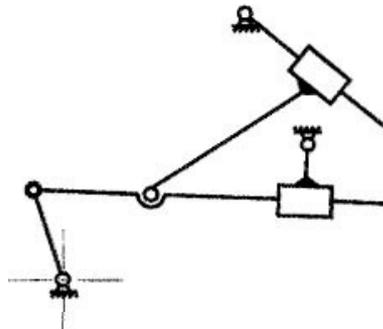


5. В каком механизме число степеней свободы указано неверно?



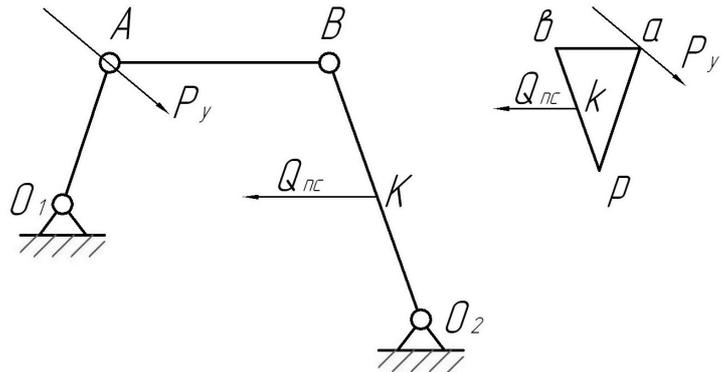
6. Чему равно число степеней свободы механизма?

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



1. От чего не зависит уравнивающая сила?

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

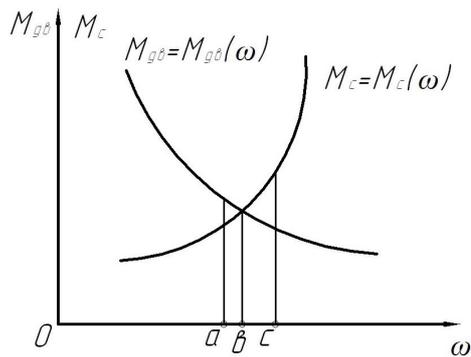


2. Каким условием определяется приведенный к главному валу момент  $M_{пр}$  какой-либо силы?

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

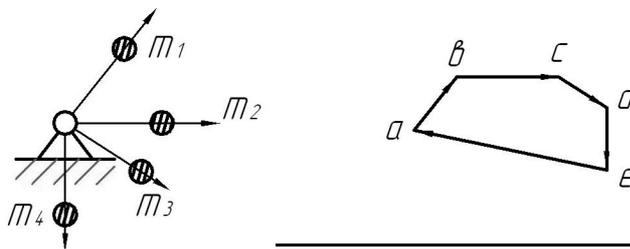
3. При каком значении угловой скорости " $\omega$ " движение звена привода будет более устойчивым?

- 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