



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Грибиниченко М.В.  
(Ф.И.О. рук. ОП)



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующая кафедрой  
Механики и математического моделирования

Бочарова А.А.  
(Ф.И.О.)

«08» июля 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретическая механика

**Направление подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры**

(Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры)

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3, 4

лекции 72 (час.)

практические занятия 54 (час.)

лабораторные работы 0 (час.)

в том числе с использованием МАО лек. 10 час., пр. 16 час.

всего часов аудиторной нагрузки 126 (час.)

в том числе с использованием МАО 26 час.

самостоятельная работа 54 (час.)

в том числе на подготовку к экзамену 27 (час.)

контрольные работы – не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект – не предусмотрена

зачет 3 семестр

экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, по направлению подготовки 26.03.02, утвержденного приказом ректора № 12-13-718 от 19.04.2016

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Механики и математического моделирования, протокол № 11 от «24» июня 2019 г.

Заведующая кафедрой А.А. Бочарова

Составитель: канд. пед. наук, доцент Е.В. Штагер

**Владивосток**  
**2019**

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теоретическая механика»**

Дисциплина «Теоретическая механика» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры и входит в состав базовой части Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.Б.15).

Общая трудоемкость составляет 180 часов (5 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (72 часа, в том числе 10 часов в интерактивной форме), практические занятия (54 часа, в том числе 16 часов в интерактивной форме) и самостоятельная работа студента (54 часа, в том числе 27 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 и 4 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет в 3 семестре, экзамен в 4 семестр.

### **Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов:**

Векторный способ задания движения точки. Понятие об абсолютно твердом теле. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Плоскопараллельное движение твердого тела. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Общий случай движения свободного твердого тела. Абсолютное и относительное движение точки. Сложное движение твердого тела. Предмет динамики и статики. Задачи динамики. Свободные колебания материальной точки. Относительное движение материальной точки. Уравнения движения механической системы. Количество движения механической системы. Момент количества движения относительно центра и оси. Кинетическая энергия механической системы. Понятие о силовом поле. Аналитические условия равновесия произвольной системы сил. Центр тяжести твердого тела и его координаты. Принцип Даламбера. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Элементарная теория гироскопа. Связи и их условия.

Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты системы. 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 конечным числом степеней свободы и их свойства, собственные частоты и собственные формы. Элементарная теория удара.

#### **Цели дисциплины:**

1. Дать студенту необходимый объем фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования.

2. Способствовать расширению научного кругозора и повышению общей культуры будущего бакалавра, развитию его мышления и становлению его мировоззрения.

#### **Задачи изучения дисциплины:**

– Дать студенту первоначальные представления о постановке инженерных и технических задач, их формализации, выборе модели изучаемого механического явления.

– Привить навыки использования математического аппарата для решения инженерных задач в области механики.

– Освоить основы методов статического расчета конструкций, машин и аппаратов.

– Освоить основы кинематического и динамического анализа элементов машин и аппаратов.

– Сформировать знания и навыки, необходимые для изучения последующих общеинженерных и профессиональных дисциплин.

– Развить логическое мышление и творческий подход к решению профессиональных задач.

Для успешного изучения дисциплины «Теоретическая механика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

способность к самоорганизации и самообразованию;

способностью организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 (способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования)	Знает	приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)
	Умеет	применять знания (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть профессиональную инженерную проблему, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения .
	Владеет	средствами вычислительной техники, методиками лабораторных проверок теоретических решений нестандартных задач механики. (кинематика, статика, динамика)

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(72 часа из них 10 часов с использованием метода активного обучения – «лекция пресс-конференция»)**

## **Статика твердого тела (14 час.)**

### **Раздел 1. Аксиомы статики. Сходящаяся система сил (4 час.)**

#### **Тема 1. Основные типы механических связей и их реакции (2час.)**

Предмет статики. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, эквивалентные и уравновешенные системы сил, равнодействующая, силы внешние и внутренние. Исходные положения (аксиомы) статики. Связи и реакции связей.

#### **Тема 2. Система сходящихся сил. Условия равновесия. (2час.)**

Система сходящихся сил. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Геометрические и аналитические условия равновесия сходящихся сил. Равновесие трех непараллельных сил.

### **Раздел 2. Равновесие плоской системы сил, равновесие системы тел (6 час.)**

#### **Тема 1. Плоская произвольная система сил, условия равновесия (4час.)**

Момент силы относительно центра (точки) как вектор. Пара сил. Момент пары как вектор. Эквивалентность пар. Сложение пар сил. Условия равновесия системы пар. Теорема о приведении произвольной плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Векторные условия равновесия произвольной плоской системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Вычисление главного вектора и главного момента плоской системы сил. Случаи приведения плоской системы сил к одной паре и к равнодействующей. Аналитические условия равновесия произвольной плоской системы сил. Равновесие плоской системы параллельных сил.

## **Тема 2. Равновесие системы тел (2 час.)**

Статически определимые и статически неопределимые системы. Примеры расчета.

## **Раздел 3. Равновесие пространственной системы сил (4 час.)**

### **Тема 1. Пространственная произвольная система сил, условия равновесия (4 час.)**

Пространственная система сил. Момент силы относительно оси; зависимость между моментами силы относительно оси и относительно центра, находящегося на этой оси. Аналитические формулы для моментов сил относительно координатных осей. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Аналитические условия равновесия произвольной системы сил; случай параллельных сил.

## **Кинематика точки и твердого тела (18 час.)**

### **Раздел 1. Кинематика точки (4 час.)**

#### **Тема 1. Способы задания движения точки (2 час.)**

Предмет кинематики. Пространство и время в классической механике. Относительность механического движения. Система отсчета. Задачи кинематики. Векторный способ задания движения точки. Траектория точки. Векторы скорости и ускорения точки.

#### **Тема 2. Определение скоростей и ускорений точки (2 час.)**

Координатный способ задания движения точки в декартовых прямоугольных координатах. Определение траектории точки. Определение скорости и ускорения точки по их проекциям на координатные оси. Естественный способ задания движения точки; скорость и ускорение точки в проекциях на оси естественного трехгранника, касательное и нормальное ускорение точки.

### **Раздел 2. Простейшие движения твердого тела (4 час.)**

#### **Тема 1. Поступательное движение твердого тела (2 час.)**

Поступательное движение твердого тела. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях точек твердого тела при поступательном движении.

## **Тема 2. Вращательное движение твердого тела (2час.)**

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения тела. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорость и ускорение точки твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела.

## **Раздел 3. Плоскопараллельное движение твердого тела (10час.)**

### **Тема 1. Определение плоского движения. Задание плоского движения (2 час.)**

Плоскопараллельное движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости. Уравнения движения плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на поступательное вместе с полюсом и вращательное вокруг полюса. Независимость угловой скорости и углового ускорения фигуры от выбора полюса.

### **Тема 2. Определение скоростей в плоском движении (4час.)**

Определение скорости любой точки фигуры. Теорема о проекциях скоростей двух точек фигуры. Мгновенный центр скоростей; определение с его помощью скоростей точек плоской фигуры.

### **Тема 3. Определение ускорений в плоском движении (4 час.)**

Определение ускорения любой точки плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений. Сферическое движение тела. Скорости точек тела при сферическом движении. Ускорения точек твердого тела при сферическом движении.

## **Динамика точки и механической системы (24 час.)**

### **Раздел 1. Динамика точки (6 час.)**

#### **Тема 1. Аксиомы динамики. Дифференциальные уравнения движения точки (2 час.)**

Динамика. Предмет динамики. Основные понятия и определения: масса, материальная точка, сила; постоянные и переменные силы. Законы классической механики или законы Галилея-Ньютона. Инерциальная система отсчета. Две



основные задачи динамики для материальной точки. Решение первой задачи динамики.

## **Тема 2. Вторая задача динамики точки как основная задача теоретической механики (4 час.)**

Решение второй задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых прямоугольных координатах и в проекциях на оси естественного трехгранника. Постоянные интегрирования и их определение по начальным условиям.

## **Раздел 2. Динамика механической системы. Общие теоремы динамики (18час.)**

### **Тема 1. Понятие механической системы. Комплекс теорем, описывающих «поведение» механических систем (12 час.)**

Механическая система, масса системы. Центр масс системы и его координаты. Классификация сил, действующих на механическую систему: силы внешние и внутренние, задаваемые (активные) силы и реакции связей. Свойства внутренних сил. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Теорема о движении центра масс системы. Закон сохранения движения центра масс. Количество движения механической системы. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и конечной формах. Закон сохранения количества движения. Главный момент количества движения или кинетический момент механической системы относительно центра и оси. Кинетический момент вращающегося твердого тела относительно оси вращения. Теорема об изменении кинетического момента системы. Закон сохранения кинетического момента системы. Кинетическая энергия механической системы. Вычисление кинетической энергии твердого тела в различных случаях его движения. Работа и мощность сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси. Равенство нулю суммы работ внутренних сил, действующих в твердом теле или в неизменяемой механической системе. Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной и конечной

формах. Закон сохранения механической энергии системы при действии на нее потенциальных сил.

## **Тема 2. Приложение общих теорем динамики системы к исследованию движения абсолютно твердого тела (6 час.)**

Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси. Физический маятник. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.

## **Раздел 3. Аналитическая механика (16 час.)**

### **Тема 1. Принцип возможных перемещений (6 час.)**

Связи и их уравнения. Классификация связей; голономные и неголономные, стационарные и нестационарные, удерживающие и неудерживающие связи. Возможные или виртуальные перемещения системы. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Применение принципа возможных перемещений к определению реакций связей и к простейшим машинам.

### **Тема 2. Принцип Даламбера и общее уравнение динамики (4 час.)**

Принцип Даламбера для материальной точки; сила инерции. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор и главный момент сил инерции. Приведение сил инерции твердого тела к центру. Принцип Даламбера-Лагранжа.

### **Тема 3. Уравнения Лагранжа 2-го рода (6 час.)**

Обобщенные координаты системы. Обобщенные силы и их вычисление. Случай сил, имеющих потенциал. Условия равновесия системы в обобщенных координатах. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах или уравнения Лагранжа второго рода.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54 часа, из них 16 часов с использованием МАО – групповая консультация)**

### **Занятие 1,2. Связи, реакции связей, сходящаяся система сил (4 час.)**

1. Основные типы механических связей и их реакции.
2. Условия равновесия сходящейся системы сил.

### **Занятия 3, 4. Равновесие произвольной плоской системы сил (4 час.)**

1. Составление уравнений равновесия системы сил.
2. Определение реакций механических связей.
3. Рассмотрение и применение к решению задач общей процедуры выполнения самостоятельных расчетно-графических работ по статике.

### **Занятие 5,6. Равновесие произвольной пространственной системы сил (4 час.)**

1. Определение реакций связей пространственной конструкции.
2. Защита расчетно-графических заданий по статике как одного из критериев балльно-рейтинговой системы оценки знаний.

### **Занятие 7. Кинематика точки (2 час.)**

1. Определение скоростей и ускорений точки при различных способах задания движения.
2. Рассмотрение общей процедуры выполнения самостоятельной расчетно-графической работы по кинематике точки.

### **Занятие 8. Простейшие движения твердого тела. Преобразование простейших движений (2 час.)**

1. Поступательное движение твердого тела.
2. Вращательное движение твердого тела.

### **Занятия 9,10,11. Плоскопараллельное движение твердого тела (6 час.)**

1. Определение скоростей точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей.

2. Определение угловой скорости плоской фигуры.

3. Определение ускорений точек плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений (общее понятие).

4. Рассмотрение общей процедуры выполнения самостоятельной расчетно-графической работы по исследованию кинематики плоского механизма.

### **Занятие 12,13. Динамика точки (4 час.)**

1. Составление дифференциальных уравнений движения точки и их интегрирование.

2. Определение параметров прямолинейного и криволинейного движения точки по заданным силам.

3. Рассмотрение общей процедуры выполнения самостоятельной расчетно-графической работы по динамике точки.

### **Занятия 14, 15. 16. 17,18. Динамика механической системы (10час.)**

1. Исследование движения механических систем на основании теорем о движении центра масс, изменении количества движения, кинетического момента и кинетической энергии.

2. Рассмотрение общей процедуры выполнения самостоятельной расчетно-графической работы по исследованию динамики механической системы на основании теоремы об изменении кинетической энергии.

3. Защита расчетно-графических заданий по динамике как одного из критериев балльно-рейтинговой системы оценки знаний.

### **Занятие 19,20. Принцип возможных перемещений(4 час.)**

Число степеней свободы системы. Определение условий равновесия механической системы с одной степенью свободы.

1. Рассмотрение общей процедуры выполнения расчетно-графической работы по исследованию равновесия механической системы на основании принципа возможных перемещений.

**Занятие 21, 22, 23. Принцип Даламбера и общее уравнение динамики (6 час.)**

Метод кинетостатики для твердого тела и механической системы. Применение общего уравнения динамики для описания движения системы тел.

**Занятие 24, 25. Уравнение Лагранжа второго рода (4час.)**

Применение уравнения к механическим системам с одной степенью свободы.

**Занятие 26, 27. Защита расчетно-графических работ по дисциплине (4 часа)**

### **Самостоятельная работа (54 часа)**

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1-10 неделя 3 семестра	Подготовка к устному опросу по разделам «Статика», «Кинематика»	4 час.	УО-1
2	10-18 неделя 3 семестра	Решение задач по разделам «Статика», «Кинематика»,	4 час.	ПР-12
5	1-18 неделя 3 семестра	Подготовка к зачету за третий семестр	10 час.	зачет
6	1-10 неделя 4 семестра	Подготовка к устному опросу по разделу « Динамика механической системы»	2 час.	УО-1
8	5-10 неделя 4 семестра	Решение задач по разделу «Динамика механической системы»	2 час.	ПР-12
9	10-15 неделя 4 семестра	Подготовка к устному опросу по разделу «Аналитическая механика»	2 час.	УО-1
10	10-18 неделя 4 семестра	Решение задач по разделу «Аналитическая механика»	1 час	ПР-12
11	1-18 неделя 4	Выполнение индивидуальных	2	ИДЗ

	семестра	заданий		
12	1-18 неделя 4 семестра	Подготовка к экзамену за второй семестр	27 часов	экзамен
<b>Итого</b>			<b>54 час.</b>	

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

#### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

##### **Устные опросы**

Устные опросы проводятся преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Теоретическая механика». Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю либо на занятиях, либо на консультациях

##### **Расчётно-графические работы**

**Расчетно-графические работы (РГР)** являются основной формой контроля СРС.

Для учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов используются материалы учебного пособия «*Яблонский А. А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике*» [5.1.4 – список основной литературы]. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:661982&theme=FEFU>

*Преподаватель дает каждому студенту индивидуальные задания из данного учебного пособия.* РГР оценивается в форме зачета (оценивается оценкой «зачтено» или «не зачтено»). Не зачтенное РГР возвращается студенту для выполнения работы над ошибками, после чего оно может быть сдано для

проверки повторно. РГР считается выполненным, если оно получило итоговую оценку «зачтено». Содержание и сроки выполнения мероприятий текущего контроля освоения дисциплины определены в план-графике настоящей РПД.

На этой основе студенты выполняют в третьем семестре три расчетно-графических работы по предметному материалу теоретической механики: одну по статике, две по кинематике. Работы имеют следующую нумерацию: С-1, К-1, К-3, где

С-1 - Определение реакций опор твердого тела;

К-1 – Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения;

К-3 – Кинематический анализ плоского механизма;

В четвертом семестре студенты выполняют расчетно-графические работы из указанного учебного пособия со следующей нумерацией: Д-1, Д-14, где

Д-1 - Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки, находящейся под действием постоянных сил;

Д-14 – Применение принципа возможных перемещений к исследованию равновесия механической системы с одной степенью свободы.

Решение нулевых вариантов каждого РГР приведены ниже.

### **Третий семестр**

#### **Статика**

##### *Определение реакций опор твердого тела (РГР С1)*

**Пример С1.** Жесткая пластина  $ABCD$  (рис. С1) имеет в точке  $A$  неподвижную шарнирную опору, а в точке  $B$  – подвижную шарнирную опору на катках. Все действующие нагрузки и размеры показаны на рисунке.

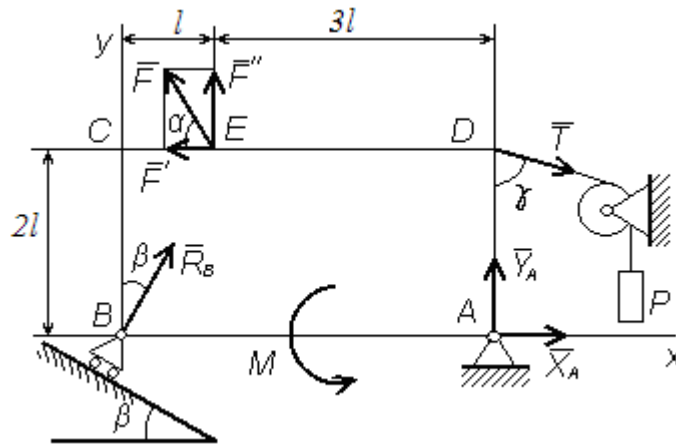


Рис. С1

Дано:  $F = 25$  кН,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $P = 18$  кН,  $\gamma = 75^\circ$ ,  $M = 50$  кН·м,  $\beta = 30^\circ$ ,  $l = 0,5$  м.

Определить реакции в точках  $A$  и  $B$ , вызываемые действующими нагрузками.

### Решение

1. Рассмотрим равновесие пластины. Проведем координатные оси  $x$  и  $y$  и изобразим действующие на пластину силы: силу  $\vec{F}$ , пару сил с моментом  $M$ , натяжение троса  $\vec{T}$  (по модулю  $T = P$ ) и реакции связей  $\vec{X}_A$ ,  $\vec{Y}_A$ ,  $\vec{R}_B$  (реакцию неподвижной шарнирной опоры  $A$  изображаем двумя ее составляющими, реакция шарнирной опоры на катках направлена перпендикулярно опорной плоскости).

2. Для полученной плоской системы сил составим три уравнения равновесия. При вычислении момента силы  $\vec{F}$  относительно точки  $A$  воспользуемся теоремой Вариньона, т.е. разложим силу  $\vec{F}$  на составляющие  $\vec{F}'$ ,  $\vec{F}''$  ( $\vec{F}' = F \cos \alpha$ ,  $\vec{F}'' = F \sin \alpha$ ) и учтем, что  $m_A(\vec{F}) = m_A(\vec{F}') + m_A(\vec{F}'')$ . Получим

$$\Sigma F_{kx} = 0, X_A + R_B \sin \beta - F \cos \alpha + T \sin \gamma = 0, (1)$$

$$\Sigma F_{ky} = 0, Y_A + R_B \cos \beta + F \sin \alpha - T \cos \gamma = 0, (2)$$

$$\Sigma m_A(\vec{F}_k) = 0, M - R_B \cos \beta \cdot 4l + F \cos \alpha \cdot 2l - F \sin \alpha \cdot 3l - T \sin \gamma \cdot 2l = 0. (3)$$

Подставив в составленные уравнения числовые значения заданных величин и решив эти уравнения, определим искомые реакции.

Ответ:  $X_A = -8,5$  кН,  $Y_A = -23,3$  кН,  $R_B = 7,3$  кН. Знаки указывают, что силы  $\vec{X}_A$  и  $\vec{Y}_A$  направлены противоположно показанным на рис. С1.



## Кинематика

*Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения (РГР К1)*

**Пример К 1.** Даны уравнения движения точки в плоскости  $xу$ :

$$x = -2\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 3, \quad y = 2\sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) - 1$$

( $x, y$  – в сантиметрах,  $t$  – в секундах).

*Определить уравнение траектории точки; для момента времени  $t_1 = 1$  с найти скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории.*

**Решение.** 1. Для определения уравнения траектории точки исключим из заданных уравнений движения время  $t$ . Поскольку  $t$  входит в аргументы тригонометрических функций, где один аргумент вдвое больше другого, используем формулу

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha \text{ или } \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = 1 - 2\sin^2\left(\frac{\pi}{8}t\right). \quad (1)$$

Из уравнений движения находим выражения соответствующих функций и подставляем в равенство (1). Получим

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = \frac{3-x}{2}, \quad \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) = \frac{y+1}{2}$$

следовательно,

$$\frac{3-x}{2} = 1 - 2\frac{(y+1)^2}{4}.$$

Отсюда окончательно находим следующее уравнение траектории точки (парабола, рис. К1):

$$x = (y+1)^2 + 1. \quad (2)$$

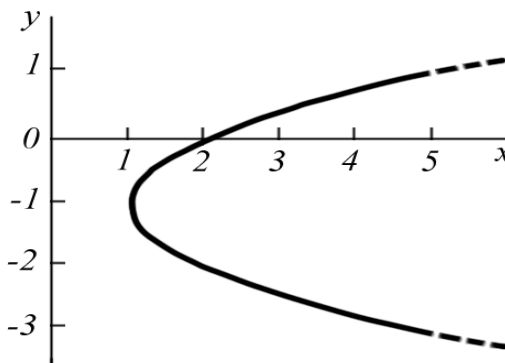


Рис. К 1

2. Скорость точки найдем по ее проекциям на координатные оси:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{2} \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right); \quad V_y = \frac{dy}{dt} = \frac{\pi}{2} \cos\left(\frac{\pi}{8}t\right); \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

и при  $t = 1$  с

$$V_{1x} = 1,11 \text{ см/с}, \quad V_{1y} = 0,73 \text{ см/с}, \quad V_1 = 1,33 \text{ см/с}. \quad (3)$$

3. Аналогично найдем ускорение точки:

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{\pi^2}{8} \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right); \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} = -\frac{\pi^2}{32} \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right); \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

и при  $t = 1$  с

$$a_{1x} = 0,8711 \text{ см/с}^2, \quad a_{1y} = -0,12 \text{ см/с}^2, \quad a_1 = 0,88 \text{ см/с}^2. \quad (4)$$

4. Касательное ускорение найдем, дифференцируя по времени равенство

$V' = V_x^2 + V_y^2$ . Получим

$$2V \frac{dV}{dt} = 2V_x \frac{dV_x}{dt} + 2V_y \frac{dV_y}{dt} \quad \text{и} \quad a_\tau = \frac{dV}{dt} = \frac{V_x a_x + V_y a_y}{V}. \quad (5)$$

Числовые значения всех величин, входящих в правую часть выражения (5), определены и даются равенствами (3) и (4). Подставив в (5) эти числа, найдем сразу, что при  $t = 1$  с,  $a_{1\tau} = 0,66 \text{ см/с}^2$ .

5. Нормальное ускорение точки  $a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}$ . Подставляя сюда найденные числовые значения  $a_1$  и  $a_{1\tau}$ , получим, что при  $t = 1$  с,  $a_{1n} = 0,58 \text{ см/с}^2$ .

6. Радиус кривизны траектории  $\rho = V^2/a_n$ . Подставляя сюда числовые значения  $V_1$  и  $a_{1n}$ , найдем, что при  $t = 1$  с,  $\rho_1 = 3,05 \text{ см}$ .

**Ответ:**  $V_1 = 1,33 \text{ см/с}$ ,  $a_1 = 0,88 \text{ см/с}^2$ ,  $a_{1\tau} = 0,66 \text{ см/с}^2$ ,  $a_{1n} = 0,58 \text{ см/с}^2$ ,  $\rho_1 = 3,05 \text{ см}$ .

### *Кинематический анализ плоского механизма (РГР К-3)*

**Пример К 3.** Механизм (рис. К 3 а) состоит из стержней 1, 2, 3, 4 и ползуна В, соединенных друг с другом и с передвижными опорами  $O_1$  и  $O_2$  шарнирами.

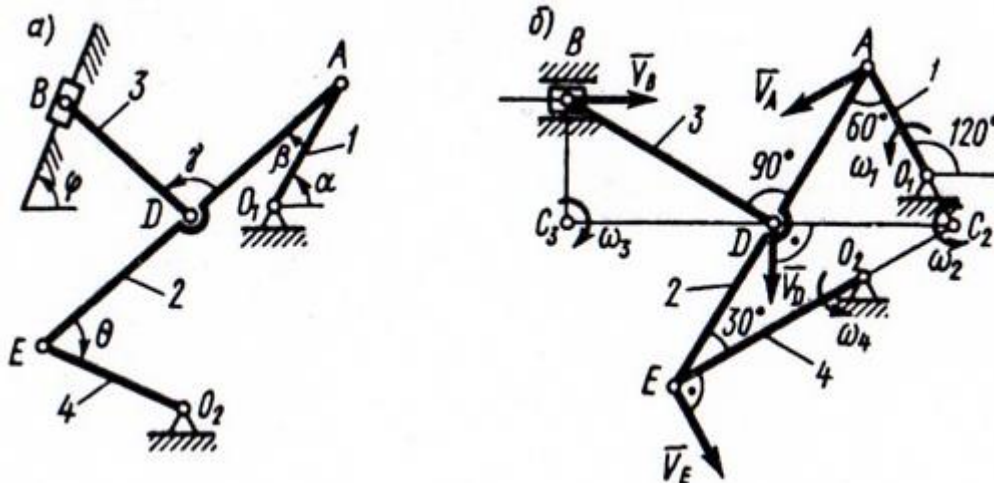


Рис. К 3

Дано:  $\alpha = 120^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$ ,  $\phi = 0^\circ$ ,  $\theta = 30^\circ$ ,  $AD = AE$ ,  $l_1 = 0,6$  м,  $l_2 = 1,2$  м,  $\omega_1 = 5$  с<sup>-1</sup>,  $\varepsilon_1 = 8$  с<sup>-1</sup>.

Определить:  $V_B$ ,  $V_E$ ,  $\omega_3$  и  $\alpha_A$ .

### Решение

1. Строим положение механизма в соответствии с заданными углами (рис. К 3).

2. Определяем  $V_E$ . Точка  $E$  принадлежит стержню  $AE$ . Чтобы найти  $V_E$ , надо знать скорость какой-нибудь другой точки этого стержня и направление  $\vec{V}_E$ . По данным задачи можем определить

$$V_A = \omega_1 l_1 = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ м/с}; \vec{V}_A \perp O_1A. \quad (1)$$

Направление  $\vec{V}_E$  найдем, учтя, что точка  $E$  принадлежит одновременно стержню  $O_2E$ , вращающемуся вокруг  $O_2$ ; следовательно,  $\vec{V}_E \perp O_2E$ . Теперь, зная  $\vec{V}_A$  и направление  $\vec{V}_E$ , воспользуемся теоремой о проекциях скоростей двух точек тела (стержня  $AE$ ) на прямую, соединяющую эти точки (прямая  $AE$ ). Сначала по этой теореме устанавливаем, в какую сторону направлен вектор  $\vec{V}_E$  (проекции

скоростей должны иметь одинаковые знаки). Затем, вычисляя эти проекции, находим

$$V_A \cos 60^\circ = V_A \cos 30^\circ; v_E = 3\sqrt{3} = 5,2 \text{ м/с. (2)}$$

3. Определяем  $V_B$ . Точка  $B$  принадлежит стержню  $BD$ . Следовательно, по аналогии с предыдущей, чтобы определить  $V_B$ , надо сначала найти скорость точки  $D$ , принадлежащей одновременно стержню  $AE$ . Для этого, зная  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_E$ , построим мгновенный центр скоростей (МЦС) стержня  $AE$ ; это точка  $C_2$ , лежащая на пересечении перпендикуляров к  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_E$ , восстановленных в точке  $A$  и  $E$  (к  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_E$  перпендикулярны стержни 1 и 4). По направлению вектора  $\vec{v}_A$  определяем направление поворота стержня  $AE$  вокруг МЦС  $C_2$ . Вектор  $\vec{v}_D$  будет перпендикулярен отрезку  $C_2D$ , соединяющему точки  $D$  и  $C_2$ , и направлен в сторону поворота. Величину  $V_D$  найдем из пропорции

$$\frac{V_D}{C_2D} = \frac{V_A}{C_2A}. (3)$$

Чтобы вычислить  $C_2D$  и  $C_2A$ , заметим, что  $\triangle AC_2E$  – прямоугольный, так как острые углы в нем равны  $30^\circ$  и  $60^\circ$ , и что  $C_2A = AE \sin 30^\circ = 0,5AE = AD$ . Тогда  $\triangle AC_2D$  является равнобедренным и  $C_2A = C_2D$ . В результате равенство (3) дает

$$V_D = V_A = 3 \text{ м/с; } \vec{v}_D \perp C_2D. (4)$$

Поскольку точка  $B$  принадлежит одновременно ползуну, движущемуся вдоль направляющих поступательно, то направление  $\vec{v}_B$  известно. Тогда, восставляя из точек  $B$  и  $D$  перпендикуляры к скоростям  $\vec{v}_B$  и  $\vec{v}_D$ , построим МЦС  $C_3$  стержня  $BD$ . По направлению вектора  $\vec{v}_D$  определяем направление поворота стержня  $BD$  вокруг центра  $C_3$ . Вектор  $\vec{v}_B$  будет направлен в сторону поворота стержня  $BD$ . Из рис. К2 б видно, что  $\angle C_3DB = 30^\circ$ , а  $\angle DC_3B = 90^\circ$ , откуда  $C_3B = l_3 \sin 30^\circ$ ,  $C_3D = l_3 \cos 30^\circ$ . Составим теперь пропорцию, найдем, что

$$\frac{V_B}{C_3B} = \frac{V_D}{C_3D}; V_B = V_D \tan 30^\circ = 1,7 \text{ м/с. (5)}$$

4. Определим  $\omega_3$ . Так как МЦС стержня 3 известен (точка  $C_3$ ), то

$$\omega_3 = \frac{V_D}{C_3 D} = \frac{V_D}{l_3 \cos 30^\circ} = 2,9 \text{ c}^{-1}.$$

5. Определим  $a_A$ . Так как  $\varepsilon_1$  известно, то  $a_{A_t} = l_1 \varepsilon_1$ . Далее  $a_{A_n} = V_A^2 / l_1$ , или  $a_{A_n} = l_1 \omega_1^2$ . Тогда  $a_A = \sqrt{a_{A_t}^2 + a_{A_n}^2}$ . Произведя вычисления, получим  $a_A = 15,8 \text{ м/с}^2$ .

Ответ:  $V_E = 5,2 \text{ м/с}$ ,  $V_B = 1,7 \text{ м/с}$ ,  $\omega_3 = 2,9 \text{ c}^{-1}$ ,  $a_A = 15,8 \text{ м/с}^2$ .

## Четвертый семестр

### Динамика

*Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки, находящейся под действием постоянных сил (РГР Д1)*

**Пример Д1.** На вертикальном участке  $AB$  трубы (рис. Д1) на груз  $D$  массой  $m$  действуют сила тяжести и сила сопротивления  $\bar{R}$ ; расстояние от точки  $A$ , где  $V = V_0$ , до точки  $B$  равно  $l$ . На наклонном участке  $BC$  на груз действуют сила тяжести и переменная сила  $F = F(t)$ , заданная в ньютонах.

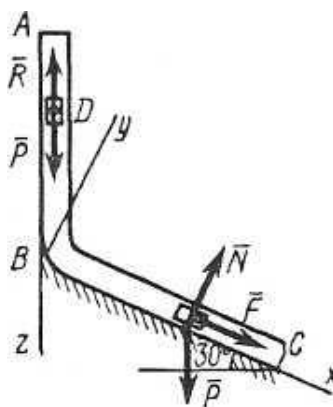


Рис. Д 1

**Дано:**  $m = 2 \text{ кг}$ ,  $R = \mu V^2$ , где  $\mu = 0,4 \text{ кг/м}$ ,  $V_0 = 5 \text{ м/с}$ ,  $l = 2,5 \text{ м}$ ,  $F_x = 16 \sin(4t)$ .

**Определить:**  $x = f(t)$  – закон движения груза на участке  $BC$ .

**Решение.** 1. Рассмотрим движение груза на участке  $AB$ , считая груз материальной точкой. Изображаем груз (в произвольном положении) и действующие на него силы  $\vec{P} = m\vec{g}$  и  $\vec{R}$ . Проводим ось  $Az$  и составляем дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

$$m \frac{dV_z}{dt} = \Sigma F_{kz} \text{ или } mV_z \frac{dV_z}{dz} = P_z + R_z. \quad (1)$$

Далее находим:  $P_z = P = mg$ ,  $R_z = -R = -\mu V^2$ ; подчеркиваем, что в уравнении все переменные силы надо обязательно выразить через величины, от которых они зависят. Учтя еще, что  $V_z = V$ , получим

$$mV \frac{dV}{dz} = mg - \mu V^2 \text{ или } V \frac{dV}{dz} = \frac{\mu}{m} \left( \frac{mg}{\mu} - V^2 \right). \quad (2)$$

Введем для сокращения записей обозначения

$$k = \frac{\mu}{m} = 0,2 \text{ м}^{-1}, \quad n = \frac{mg}{\mu} = 50 \text{ м}^2/\text{с}^2, \quad (3)$$

где при подсчете принято  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Тогда уравнение (2) можно представить в виде

$$2V \frac{dV}{dz} = -2k(V^2 - n). \quad (4)$$

Разделяя в уравнении (4) переменные, а затем, беря от обеих частей интегралы, получим

$$\frac{2VdV}{V^2 - n} = -2kdz \text{ и } \ln(V^2 - n) = -2kz + C_1. \quad (5)$$

По начальным условиям при  $z = 0$ ,  $V = V_0$ , что дает  $C_1 = \ln(V_0^2 - n)$ , и из равенства (5) находим  $\ln(V^2 - n) = -2kz + \ln(V_0^2 - n)$  или  $\ln(V^2 - n) - \ln(V_0^2 - n) = -2kz$ . Отсюда

$$\ln \frac{V^2 - n}{V_0^2 - n} = -2kz \text{ и } \frac{V^2 - n}{V_0^2 - n} = e^{-2kz}.$$

В результате находим

$$V^2 = n + (V_0^2 - n)e^{-2kz}. \quad (6)$$

Полагая в равенстве (6)  $z = l = 2,5 \text{ м}$  и заменяя  $k$  и  $n$  их значениями (3), определим скорость  $V_B$  груза в точке  $B$  ( $V_0 = 5 \text{ м/с}$ , число  $e = 2,7$ ):

$$V_B^2 = 50 - 25/e = 40,7 \text{ и } V_B = 6,4 \text{ м/с. (7)}$$

2. Теперь рассмотрим движение груза на участке  $BC$ ; найденная скорость  $V_B$  будет для движения на этом участке начальной скоростью ( $V_0 = V_B$ ). Изображаем груз (в произвольном положении) и действующие на него силы  $\vec{P} = m\vec{g}$ ,  $\vec{N}$  и  $\vec{F}$ .

Проведем из точки  $B$  ось  $Bx$  и составим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

$$m \frac{dV_x}{dt} = P_x + N_x + F_x. \quad (8)$$

Так как  $P_x = P \sin 30^\circ = 0,5mg$ ,  $N_x = 0$ ,  $F_x = 16 \sin(4t)$ , то уравнение (8) примет вид

$$m \frac{dV_x}{dt} = 0,5mg + 16 \sin(4t). \quad (9)$$

Разделив обе части равенства на  $m = 2$  кг и полагая опять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, получим

$$\frac{dV_x}{dt} = 5 + 8 \sin(4t). \quad (10)$$

Умножая обе части уравнения (10) на  $dt$  и интегрируя, найдем

$$V_x = 5t - 2 \cos(4t) + C_2. \quad (11)$$

Будем теперь отсчитывать время от момента, когда груз находится в точке  $B$ , считая в этот момент  $t = 0$ . Тогда при  $t = 0$   $V_x = V_0 = V_B$ , где  $V_B$  дается равенством (7). Подставляя эти величины в (11), получим

$$C_2 = V_B + 2 \cos 0^\circ = 6,4 + 2 = 8,4.$$

При найденном значении  $C_2$  уравнение (11) дает

$$V_x = \frac{dx}{dt} = 5t - 2 \cos(4t) + 8,4. \quad (12)$$

Умножая здесь обе части на  $dt$  и снова интегрируя, найдем

$$x = 2,5t^2 - 0,5 \sin(4t) + 8,4t + C_3. \quad (13)$$

Так как при  $t = 0$   $x = 0$ , то  $C_3 = 0$ , и окончательно искомым закон движения груза будет

$$x = 2,5t^2 + 8,4t - 0,5 \sin(4t), \quad (14)$$

где  $x$  – в метрах,  $t$  – в секундах.

### Аналитическая механика

*Применение принципа возможных перемещений к исследованию равновесия механической системы с одной степенью свободы (РГР Д-14)*

#### Пример Д-14.

Схема механизма, находящегося под действием взаимно уравнивающих сил, показана на рис. Д14, а необходимые данные приведены в табл. Д 14.

Применяя принцип возможных перемещений и пренебрегая силами сопротивления, определить величину, указанную в предпоследней графе таблицы Д 14.

*Примечание - механизм расположен в горизонтальной плоскости.*

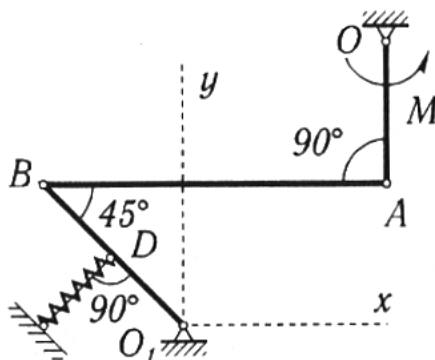


Рис. Д 14

Табл. Д 14

Линейные размеры	Силы, Н		Момент пары сил $M, \text{Н}\cdot\text{м}$	Коэффициент жесткости $c, \text{Н}/\text{см}$	Деформация пружины $h, \text{см}$	Определить
	Q	P				
$AO=30 \text{ см},$ $BD=O_1D$	-	-	120	100	-	$h$



Для схемы конструкции (рис. Д 14-1) имеем следующие геометрические параметры:  $AO=0,3$  м;  $BD=O_1D$ ;  $\alpha = 45^\circ$

Определить деформацию пружины  $h$ , пренебрегая весом звеньев  $AO$ ,  $BD$  и  $O_1D$ .

**Решение:**

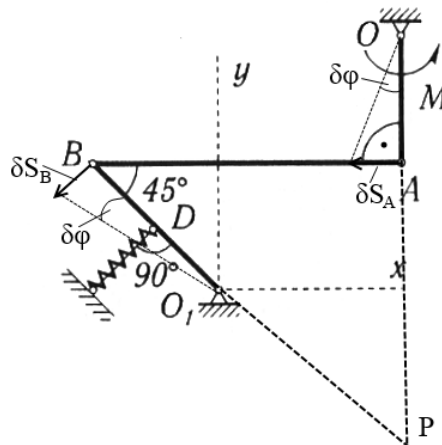


Рис. Д 14-1

Рассматриваемый механизм находится под действием следующей системы уравнивающих сил: силы упругости  $P$  (считая пружину растянутой представляем силу  $P$  приложенной в точке  $D$  и направленной вдоль пружины к точке подвеса), момента пары сил  $M$  и реакций опор.

Составим уравнение работ, выражающее принцип возможных перемещений:

$$\sum P_i \cdot \delta S_i \cdot \cos(\overline{P_i}; \overline{\delta S_i}) = 0 \quad (2.1)$$

Связи, наложенные на механизм, допускают следующие возможные перемещения его звеньев: кривошип  $OA$  поворачивается на угол  $\delta\phi$ , точка  $A$  перемещается на расстояние  $\delta S_A$ , точка  $B$  перемещается на  $\delta S_B$  (отрезки  $\delta S_A$  и  $\delta S_B$  перпендикулярны  $OA$  и  $O_1B$  соответственно). Уравнение работ, выражающее принцип возможных перемещений, получает вид:

$$P \cdot \delta S_D - M \cdot \delta S_A = 0 \quad (2.2)$$

Заменяем  $P=c \cdot h$  и найдем зависимость между возможными перемещениями точек системы:  $\delta S_D = \delta \varphi \cdot O_1 D$ ;  $\delta S_A = \delta \varphi \cdot \frac{O_1 B}{OA} \frac{\sqrt{2}}{2}$ .

В данном случае использовалось понятие мгновенного центра скоростей звена  $AB$  (точка  $P$  на рис.2.2), позволившее связать между собой скорости (соответственно и перемещения) точек  $A$  и  $B$  механической системы.

Подставим полученные данные в (2.2):

$$c \cdot h \cdot \delta \varphi \cdot O_1 D - M \cdot \delta \varphi \cdot \frac{O_1 B}{OA} \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.$$

В результате получим:

$$h = \frac{M \cdot O_1 B}{O_1 D \cdot OA} \frac{\sqrt{2}}{2} = 5,66 \text{ см}$$

Следовательно, пружина сжата на 5,66 см.

Решим ту же задачу составлением уравнения мощностей, выражающего принцип возможных скоростей:

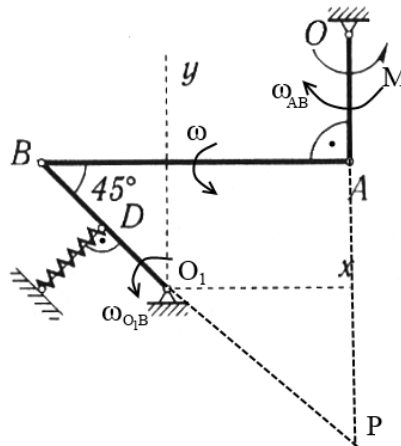


Рис. Д 14-2

$$\sum P_i \cdot \delta v_i \cdot \cos(\vec{P}_i; \delta \vec{v}_i) = 0 \tag{2.3}$$

Сообщим кривошипной  $OA$  возможную угловую скорость  $\omega_{OA}$  вокруг оси  $O$ , допустим, по ходу часовой стрелки. Тогда звено  $O_1B$  получит угловую скорость

$\omega_{O_1B}$ , а точка  $D$  крепления пружины линейную скорость  $v_D$ , направленную вдоль пружины перпендикулярно  $O_1B$ .

Составим уравнение мощностей:

$$P \cdot v_D - M \cdot \omega_{O_1B} = 0. \quad (2.4)$$

Заменяем  $P = c \cdot h$ ;  $v_D = \omega_{O_1B} \cdot OD$ ;  $v_A = \omega_{O_1B} \cdot \frac{O_1B}{OA} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$  и подставим в (2.4):

$$c \cdot h \cdot \omega_{O_1B} \cdot OD - M \cdot \omega_{O_1B} \cdot \frac{O_1B}{OA} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.$$

В результате получим:

$$h = \frac{M \cdot O_1B}{O_1D \cdot OA} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5,66 \text{ см}$$

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1 Статика	ОПК-3	знает приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач статике	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену (3 семестр) 1-17
			Умеет применять знания статике в профессиональной деятельности, видеть профессиональную инженерную проблему, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения		
			Владеет средствами вычислительной техники, методиками лабораторных проверок теоретических решений нестандартных задач механики. (кинематика, статика, динамика)		

2	Кинематика	ОПК-3	знает взаимосвязи теоретической механики (кинематика, статика, динамика) с другими дисциплинами в том числе и специальными	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену (3 семестр) 18-35
			Умеет выбирать рациональные методики описания механических явлений (взаимодействие-статика, движение-кинематика, динамика) и применять для решения профессиональных задач	ИДЗ (ПР-12)	Задачи II (кинематика)
			Владеет способностью к анализу механических явлений (кинематика, статика, динамика) и приемами математического описания их, компьютер-ной техникой	ИДЗ (ПР-12)	
3	Динамика	ОПК-3	Знает приемы создания механических моделей и задач (статика, кинематика, динамика)	Собеседование (УО-1)	Вопросы к экзамену (4 семестр) 36-66
	Аналитическая механика	ОПК-3	Умеет создавать механические модели и задачи	ИДЗ (ПР-12)	Задачи тип III (динамика)
		Владеет методиками решения задач, способностями создавать схемы и решение задач			

## У. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература

1. В. Д. Бертяев. Краткий курс Теоретической механики. Учебник для вузов. 197 с. Ростов-на-Дону: Феникс. 2011.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:419115&theme=FEFU>
2. «Теоретическая механика в примерах и задачах». Том 1. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. 2012 г., 672 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4551](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4551)
3. «Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 2: Динамика» Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. 2012 г., 640 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4552](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4552)
4. А. А. Яблонский. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. 386 с. М: Кнорус. 2011.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:661982&theme=FEFU>

### 5.2. Дополнительная литература

1. А. А. Яблонский. Курс теоретической механики. Учебник для вузов. М: Кнорус. 2010 г. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307716&theme=FEFU>
2. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учебник / В.Л. Цывильский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 368 с.  
<http://znanium.com/catalog/product/443436>
3. Штагер Е.В., Черевко Е.Ю. [Теоретическая механика. Ч. 1. Статика твердого тела](#): контрольные задания (для студентов дневной, заочной и очно-заочной форм обучения): учебно-методическое пособие. сост. Штагер Е.В., Черевко Е.Ю.; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – [22 с.].

4. Штагер Е.В. Теоретическая механика. Ч. 2. Кинематика: контрольные задания (для студентов дневной, заочной и очно-заочной форм обучения): учебно-методическое пособие. сост. Е.В. Штагер; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – [26 с.]

5. Штагер Е.В. Теоретическая механика. Ч. 3. Динамика материальной точки: контрольные задания (для студентов дневной, заочной и очно-заочной форм обучения): учебно-методическое пособие. сост. Е.В. Штагер; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – [18 с.].

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

#### **«Интернет»**

1. Справочник по Excel. – Режим доступа: <https://excel2.ru/>

2. Основы MathCAD. – Режим доступа:  
<http://old.exponenta.ru/soft/Mathcad/Mathcad.asp>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

1. Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word ит. д).

2. MathCAD.

3. Программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань».

3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks».

4. Электронно-библиотечная система «Znanium»

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 126 часов аудиторных занятий и 54 часа самостоятельной работы.

### **1. Сценарий изучения дисциплины**

Для успешного изучения дисциплины «Теоретическая механика» необходимо следующее: на лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. На практических занятиях преподаватель дает методику решения задач. Во второй части практического занятия студентам предлагается работать самостоятельно. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время. Самостоятельная работа организовывается в соответствии с графиком выполнения самостоятельной работы

### **2. Рекомендации по работе с литературой.**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно используются теоретико-практические источники из списка основной и дополнительной литературы. Литературу по курсу можно изучать в библиотеке, брать книгу на дом или читать ее на компьютере (если это электронный ресурс). Полезно использовать несколько учебников, однако желательно придерживаться рекомендация преподавателя по выбору книг по

каждому разделу. Не рекомендуется «заучивать» материал, желательно добиться понимания изучаемой темы дисциплины, а затем использовать изученный материал для реализации заданий. Кроме того, очень полезно выделить для себя направления дальнейшего изучения материала, для достижения более продвинутого уровня изучения дисциплины.

### **3. Рекомендации по подготовке к экзамену.**

Успешная подготовка к экзамену включает, с одной стороны, добросовестную работу в течение семестра, выполнение всех заданий преподавателя, а с другой – правильная организация процесса непосредственной подготовки. При подготовке к экзамену необходимо освоить теорию: разобрать определения всех понятий, повторить приемы решения задач. Затем рассмотреть примеры и самостоятельно реализовать задания из каждой темы. При этом, если задания формулируются студентом самостоятельно, достигается более продвинутый уровень изучения дисциплины.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудиторные занятия по дисциплине включают лекции и практические занятия.

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория со следующим оборудованием:

- мультимедийный проектор Optima EX542I – 1 шт;
- аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт;
- колонки – 1 шт;
- ноутбук;
- ИБП – 1 шт;
- настенный экран;



– микрофон – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 (способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования)	Знает	приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)
	Умеет	применять знания (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть профессиональную инженерную проблему, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения .
	Владеет	средствами вычислительной техники, методиками лабораторных проверок теоретических решений нестандартных задач механики. (кинематика, статика, динамика)

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
<p>ОПК-3 (способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования)</p>	Знает	<p>приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)</p>	<p>- знание определений основных понятий, используемых в профессиональной деятельности; - знание определений и основных понятий, используемых в технических документах профессиональной деятельности;</p>	<p>- способность дать определения основных понятий, используемые в профессиональной деятельности; - способность дать определения и основные понятия, используемых в технических документах профессиональной деятельности ;</p>
	Умеет	<p>применять знания (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть профессиональную инженерную проблему, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения .</p>	<p>- умение использовать профессиональные определения основные понятия, в постановке и решении задач механики; – умение разрабатывать стандартные алгоритмы решения механических задач;</p>	<p>- способность применять знания по теоретической механики (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности; - способность видеть инженерную проблему в области профессиональной деятельности, связанную с механическими явлениями; - способность анализировать проблему и выбирать стратегию ее решения;</p>
	Владеет	<p>средствами вычислительной</p>	<p>- владение методами подготовки решений</p>	<p>- способность формулировать задачу и</p>

		техники, методиками лабораторных проверок теоретических решений нестандартных задач механики. (кинематика, статика, динамика)	нестандартных задач механики; - владение методами и приемами экспериментальных проверок решений профессиональных задач;	разрабатывать методику ее решения; - способность применять компьютерные технологии; - способность разрабатывать собственные программы для решения механических задач; проводить эксперименты и опытные проверки.
--	--	---	---	--

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для текущей аттестации**

**Вопросы для собеседований по дисциплине «Теоретическая механика» (указываются преподавателем)**

**Статика**

1. Чему равен момент пары сил? Перечислите основные свойства пары сил, приложенной к твердому телу?
2. Что называется моментом силы относительно точки?
3. Изменяется ли главный вектор и главный момент плоской системы сил при изменении центра приведения?
4. В чем различие между главным вектором и равнодействующей силой плоской системы сил? В каком случае главный вектор становится равнодействующей силой
5. Чем заменяется произвольная плоская система сил при приведении ее к заданному центру?

6. Какая зависимость существует между моментом равнодействующей и моментами составляющих сил?

7. Чему равны главный вектор и главный момент плоской системы сил, приложенной к твердому телу? Сформулируйте условия равновесия плоской системы сил, действующей на твердое тело.

8. Почему при рассмотрении равновесия твердого тела можно составить только три уравнения равновесия?

9. Напишите зависимость между силой трения и нормальным давлением.

10. Как рассчитываются составные конструкции?

### **Кинематика**

1. Дать определения понятиям: система отсчета, траектория.

2. Объяснить понятия: текущий момент времени, начальный момент времени, промежуток времени. Могут ли промежуток и момент времени быть отрицательными?

3. Можно ли из уравнения траектории найти скорость и ускорение точки, движущейся по этой траектории?

4. Способы задания движения точки. В чём их суть?

5. Какие координатные оси называются естественными? Как называются и чему равны проекции ускорения на естественные оси?

6. Может ли средняя скорость точки равняться ее мгновенной скорости?

7. Как движется точка, если: а)  $a_n = 0, a_\tau = 0$ ; б)  $a_n = 0, a_\tau \neq 0$ ; в)  $a_n \neq 0, a_\tau = 0$ ; г)  $a_n \neq 0, a_\tau \neq 0$ ?

8. Как называется движение точки, если нормальное ускорение ее равно нулю, а скорость и тангенциальное ускорение направлены в одну сторону?
9. Известно, что нормальное и тангенциальное ускорения точки по модулю равны. Следует ли из этого, что точка движется по окружности?
10. Могут ли траектории точек тела при его поступательном движении быть окружностями? Если да, то приведите примеры.
11. Какими уравнениями задается вращение тела вокруг неподвижной оси?
12. Как определяется скорость точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
13. Как определяется ускорение точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси? Как направлены и чему равны его составляющие?
14. Какое движение твердого тела называется плоскопараллельным?
15. Какими уравнениями задается плоскопараллельное движение?
16. Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и её вращение от выбора полюса?
17. Как связаны между собой скорость произвольной точки плоской фигуры и скорость её точки, принятой за полюс?
18. Чему равна и как направлена скорость  $\vec{V}_{BA}$  в равенстве  $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$  ?
19. Что называется мгновенным центром скоростей плоской фигуры и как он определяется в различных случаях?

## Динамика

1. При каком условии материальная точка, на которую действует несколько сил, будет двигаться прямолинейно и равномерно?

2. Как будет двигаться материальная точка под действием одной силы: прямолинейно или криволинейно, равномерно или неравномерно?

3. В чем суть двух основных задач динамики точки?

4. Какую систему отсчета называют инерциальной?

5. Что представляют собой дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на оси декартовой системы координат?

6. Что называется начальными условиями движения материальной точки?

7. Как определяются постоянные при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?

8. В сосуд, подвешенный на нити и налитый до краев водой, на поверхность воды кладут металлический брусок и одновременно пережигают нить. Будет ли выливаться вода из сосуда при свободном падении?

9. Как определяется импульс переменной силы за конечный промежуток времени?

10. Что характеризует импульс силы?

11. Чему равны проекции импульса постоянной и переменной силы на оси координат?

12. Что называется количеством движения материальной точки?

13. Что называется главным вектором количества движения механической системы?

14. Сформулируйте теоремы об изменении главного вектора количества движения механической системы в дифференциальной и интегральной формах.

15. При каких условиях количество движения механической системы не изменяется? При каких условиях не изменяется его проекция на некоторую ось?

16. Могут ли внутренние силы изменить количество движения системы или количество движения ее части?

### **Аналитическая механика**

1. Что такое возможное перемещение точки?

2. Какие связи называются идеальными? Является ли негладкая плоскость идеальной? Почему?

3. Сколько степеней свободы имеет кривошипно-шатунный механизм?

4. Сформулируйте уравнение возможных работ.

5. Необходимо ли в уравнение возможных работ к активным силам добавлять силы трения в случае, если не все связи, наложенные на систему, являются идеальными?

6. Как математически выражается необходимое и достаточное условие равновесия любой механической системы?

7. Сформулируйте уравнение возможных мощностей.

### **Критерии оценки устных опросов**

✓ 10-8 баллов - если ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 7-6 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять

сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 5-4 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 1-3 балла - ответ, обнаруживающий незнание основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, сформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии оценки расчетно-графической работы**

✓ 10-8 баллов выставляется студенту, если студент полностью выполнил расчётно-графическое задание. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; выполнены все этапы реализации заданий; семантических и синтаксических ошибок в программах нет; выдержаны правила оформления заданий. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.



✓ 7-6 баллов – работа выполнена полностью; есть незначительные погрешности при реализации отдельных элементов заданий, в программах или в формулах; выдержаны правила оформления заданий. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 5-4 балла – работа выполнена полностью, есть ошибки при реализации отдельных элементах заданий, в программах или в оформлении, связанные с непониманием формулировки задания. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 1-3 балла – работа выполнена не полностью. Допущены ошибки при реализации нескольких заданий, в программах или в оформлении, связанные с неумением использовать инструментов информационных технологий. При защите студент не отвечает более, чем на 2 вопроса преподавателя.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Перечень типовых аттестационных вопросов (3 семестр – зачет)**

1. Предмет и задачи статики.
2. Основные понятия и определения : абсолютно твердое тело, сила, система сил. Эквивалентные системы сил, равнодействующая, уравновешенная система сил.
3. Аксиомы статики и их следствия.
4. Несвободное тело. Связи и их реакции. Типы связей.
5. Система сходящихся сил. Равнодействующая и главный вектор. Условия равновесия. Примеры.
6. Момент силы относительно точки. Алгебраический и геометрический моменты. Момент силы как площадь треугольника.
7. Главный момент системы сил.
8. Пара сил. Момент пары. Алгебраический и геометрический моменты пары.
9. Эквивалентные преобразования пар. Равновесие пар.
10. Приведение произвольной системы сил к заданному центру. (Основная

теорема статики). Метод Пуансо.

11. Условия равновесия систем сил. Статически определимые задачи.

12. Равновесие системы тел.

13. Общий случай существования равнодействующей. Приведение плоской системы сил к простейшему виду.

14. Система параллельных сил. Равнодействующая системы параллельных сил.

15. Момент силы относительно оси. Равновесие пространственной системы сил.

16. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

17. Трение скольжения. Угол и конус трения.

18. Введение в кинематику. Основные понятия и определения.

19. Кинематика точки. Задачи кинематики точки.

20. Способы задания движения точки.

21. Скорость точки.

22. Ускорение точки.

23. Движение твердого тела.

24. Поступательное движение тела. Скорости и ускорения точек тела при поступательном движении.

25. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение движения.

26. Угловая скорость и угловое ускорение тела.

27. Определение скоростей и ускорений точек вращающегося твердого тела.

28. Плоскопараллельное движение тела. Разложение плоского движения на два вида движения: поступательное и вращательное.

29. Мгновенный центр скоростей. Способы его определения.

30. Ускорения точек плоской фигуры.

31. Сложное движение точки. Относительное, абсолютное и переносное движения.

32. Теорема о сложении скоростей точки.

33. Теорема о сложении ускорений точки.

34. Ускорение Кориолиса.

35. Вращение тела вокруг неподвижной точки. Углы Эйлера.

### **Перечень типовых экзаменационных вопросов (4 семестр)**

36. Введение в динамику. Основные понятия и определения. Предмет динамики.

37. Аксиомы динамики.

38. Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Различные формы дифференциальных уравнений движения.

39. Две основные задачи динамики точки.

40. Вторая задача динамики точки. Начальные условия.

41. Прямолинейные колебания точки. Свободные колебания. Колебания с сопротивлением, пропорциональным первой степени скорости. Вынужденные колебания.

42. Динамика относительного движения материальной точки. Силы инерции.

43. Динамика механической системы. Масса механической системы. Центр масс. Внешние и внутренние силы.

44. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

45. Общие теоремы динамики. Теорема о движении центра масс механической системы.

46. Меры механического движения и действия сил.

47. Теорема об изменении количества движения механической системы в дифференциальной и интегральной формах.

48. Теорема об изменении кинетического момента материальной точки и механической системы.

49. Работа силы на прямолинейном участке. Работа силы тяжести и силы упругости. Работа момента силы.

50. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы.

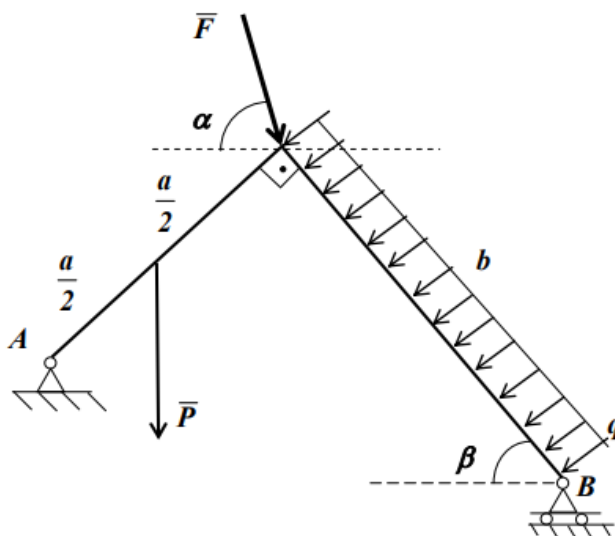
51. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы.

52. Понятие о силовом поле и потенциальной энергии.

53. Законы сохранения в динамике.
54. Динамика тел. Основные понятия. Моменты инерции тел.
55. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоского движения.
56. Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.
57. Свободные тела. Связи. Классификация связей.
58. Возможные и действительные перемещения. Идеальные связи.
59. Принцип возможных перемещений.
60. Применение принципа возможных перемещений для определения сил, приложенных к машинам и механизмам.
61. Обобщенные координаты и обобщенные силы.
62. Уравнения Лагранжа второго рода.
63. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативных объектов.
64. Явление удара. Основные понятия и допущения.
65. Общие теоремы при ударе.
66. Коэффициент восстановления при ударе и его опытное определение.

## Типовые задания к экзамену (4 семестр)

### Статика



1. Определить реакции шарнира  $A$  и катка  $B$  изогнутой балки, на которую действует плоская система сил, изображенная на рисунке. Все размеры заданы.
2. Укажите номер статически определимой системы (рис. 1, а, б, в).

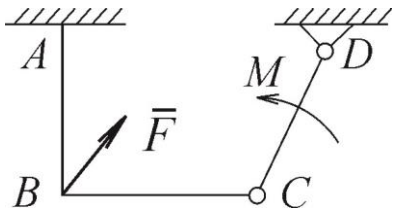


Рис. 1, а

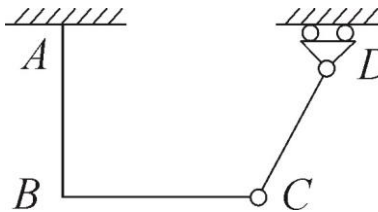


Рис. 1, б

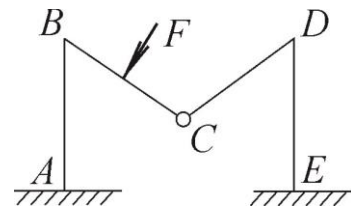
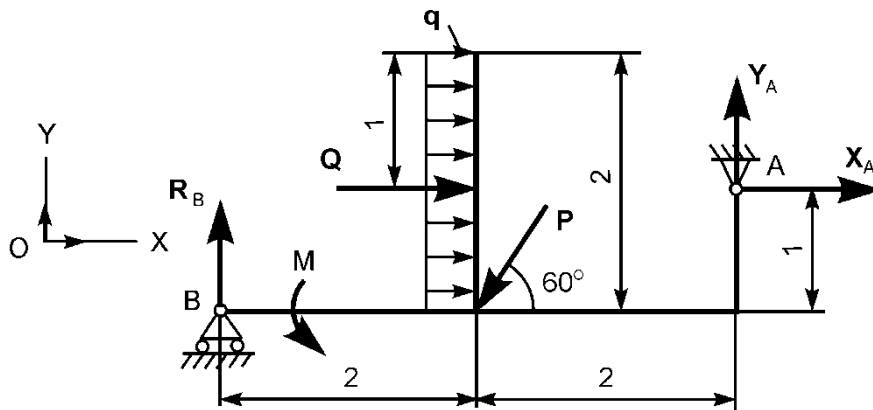


Рис. 1, в

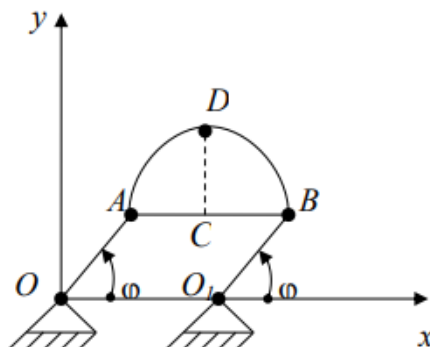
= 10

кН·м;  $q = 2$  кН/м.

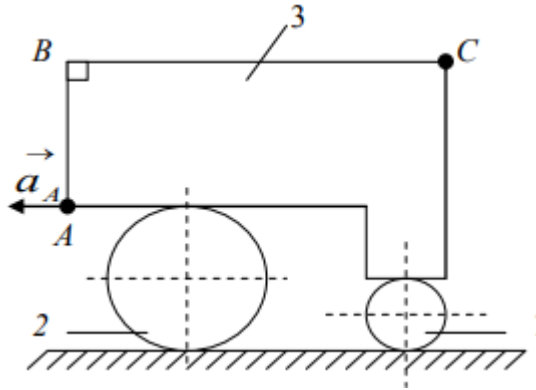


### Кинематика

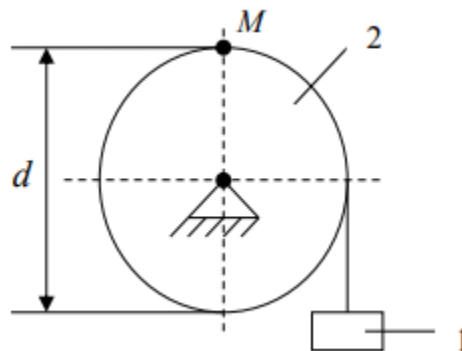
1. При вращении кривошипа  $OA = O_1B = 0,16$  м угол  $\varphi$  меняется по закону  $\varphi = \pi t$ . Определить радиус кривизны траектории точки  $D$  полукруга  $ABD$  при  $t = 2$  с, если  $AB = 0,25$  м.



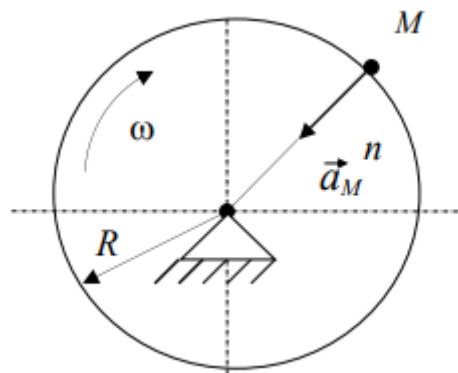
2. Тело 3, установленное на двух цилиндрических катках 1 и 2, совершает поступательное движение. Чему равно ускорение точки  $C$ , если ускорение точки  $A$  равно  $2 \text{ м/с}^2$ , причем  $BC = 2 \text{ м}$ ,  $AB = 1 \text{ м}$ .



4. Груз 1 поднимается с помощью лебедки, барабан 2 вращается согласно закону  $\varphi = 5 + 2t^3$ . Определить скорость точки  $M$  барабана в момент времени  $t = 1 \text{ с}$ , если диаметр  $d = 0,6 \text{ м}$ .



4. Нормальное ускорение точки  $M$  диска, вращающегося вокруг неподвижной оси, равно  $6,4 \text{ м/с}^2$ . Определить угловую скорость  $\omega$  этого диска, если его радиус  $R = 0,4 \text{ м}$ . (4)



## Кинематика сложного движения точки

1. Трубка  $AB$  вращается вокруг оси  $O$ , перпендикулярной к ней, с постоянной угловой скоростью  $\omega=4\pi$  рад/сек. Внутри трубки колеблется шарик по закону  $s=OM=2 \sin(\pi t)$ , ( $s$  – в см,  $t$  – в сек) (рис. 2.1). В моменты  $t_1 = 1/6$  сек и  $t_2= 5/3$  сек определить: 1) абсолютную скорость шарика; 2) его абсолютное ускорение

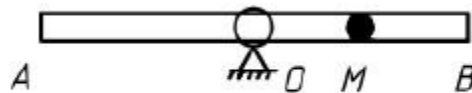


Рис. 2.1

2. Диск радиусом  $r=32$  см вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega=2$  рад/сек вокруг оси, перпендикулярной к плоскости диска и проходящей через его центр. По прямолинейному пазу  $CD$  движется ползун  $M$  по закону  $s=CM=2\sqrt{3}t^2$  ( $s$  – в см,  $t$  – в сек); расстояние паза от центра диска  $h=16$  см (рис. 2.2). В момент, когда ползун достигает конца  $D$  паза, определить: 1) абсолютную скорость ползуна; 2) его абсолютное ускорение.

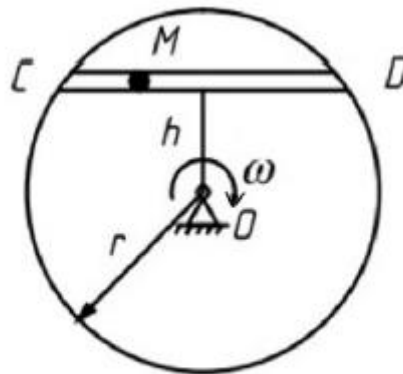


Рис. 2.2

3. Диск вращается вокруг оси, перпендикулярной к плоскости диска и проходящей через его центр, по закону  $\varphi=t^2$ . По пазу, вдоль диаметра  $AB$  движется ползун  $M$  по закону  $s=OM=50\sqrt{2} \sin 2t$  ( $s$  – в см,  $t$  – в сек) (рис. 2.3). В момент  $t = \pi/8$  сек определить: 1) абсолютную скорость ползуна; 2) его абсолютное ускорение.

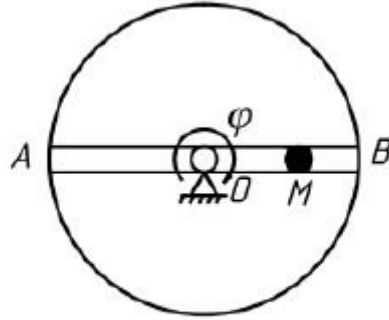


Рис. 2.3

### Динамика

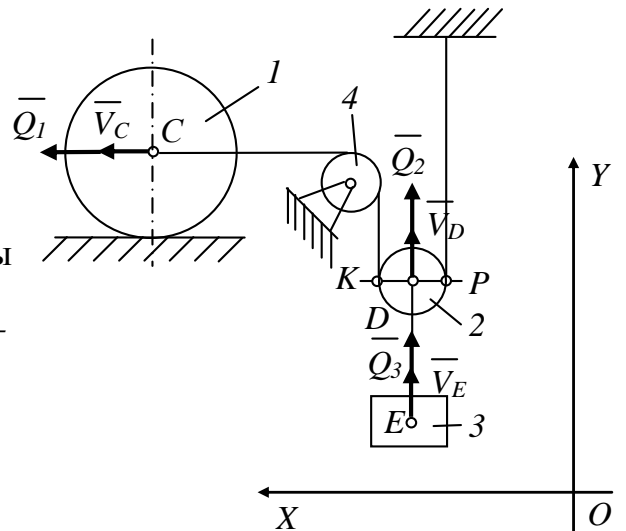
1. Брус весом  $Q$  начинает двигаться с начальной скоростью  $v_0$  по горизонтальной шероховатой плоскости и проходит до полной остановки расстояние  $s$ . Определить коэффициент трения скольжения, считая, что сила трения пропорциональна нормальному давлению.



2. Материальная точка массы  $m$  движется согласно уравнениям  $x = a \cos kt$ ;  $y = b \sin kt$ .

Определить силу  $\vec{F}$ , вызывающую это движение, если известно, что сила зависит только от положения точки.

3. Определить модуль количества движения механической системы, если центр масс  $C$  цилиндра  $1$  движется со скоростью  $\vec{V}_C$ , а массы тел  $1, 2$  и  $3$  равны соответственно  $m_1, m_2, m_3$ . Тела  $2$  и  $4$  — однородные диски





**Критерии выставления оценки студенту на экзамене  
по дисциплине «Теоретическая механика»**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100 - 86	«отлично»	<u>Оценка «отлично»</u> выставляется студенту: обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение применять его и владение изученным материалом; излагающему ответы полно, последовательно и логически стройно; усвоившему взаимосвязь основных и производных понятий; проявившему творческие способности в знании, умении и владении изученным материалом; знающему, умеющему и владеющему навыками приемами выполнения практических заданий и профессиональных задач; показывающему знакомство с основной и дополнительной учебной литературой; способному самостоятельно пополнять и развивать знания, умения и навыки в профессиональной деятельности
85 - 76	«хорошо»	<u>Оценка «хорошо»</u> выставляется студенту: обнаружившему системное знание, хорошее умение и владение учебным материалом; излагающему ответы грамотно и по существу заданных вопросов; не допускающему грубых неточностей; умеющему применять основные методики решения стандартных задач; способному самостоятельно пополнять умения и навыки в учебной деятельности
75 - 61	«удовлетворительно»	<u>Оценка «удовлетворительно»</u> выставляется студенту: обнаружившему знание программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; усвоившему взаимосвязь основных понятий; допускающему в ответах неточности, испытывающему затруднения при решении практических задач, способному ликвидировать пробелы в знаниях и умениях под руководством преподавателя
60 и менее	«неудовлетворительно»	<u>Оценка «неудовлетворительно»</u> выставляется студенту: обнаружившему большие пробелы в знании основного программного материала; допускающему принципиальные ошибки в изложении материала или в ответах на вопросы; не умеющему применять имеющиеся знания в решении практических и профессиональных задач; не владеющему основными методиками решения задач или испытывающему значительные затруднения в этом; изучившим материал в объеме, недостаточном для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности; не могущему продолжить обучение без дополнительных занятий дисциплине