

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Инженерно-строительное отделение



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора  
по образовательной деятельности  
НЧИ КФУ

\_\_\_\_\_ Н.Д. Ахметов  
"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Теоретическая механика и сопротивление материалов

Специальность: 08.05.01 - Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений

Квалификация выпускника: инженер-строитель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Байрамов Ф.Д. (Кафедра механики и конструирования, Автомобильное отделение), FDBajramov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-7	способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Способы и методы самоорганизации и самообразования.

Физико-математический аппарат, необходимый для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Должен уметь:

Применять способы и методы самоорганизации и самообразования.

Выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать их для решения соответствующий физико-математический аппарат.

Должен владеть:

Способностью к самоорганизации и самообразованию.

Способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.13 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 "Строительство уникальных зданий и сооружений (Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 1, 2 курсах в 2, 3, 4 семестрах.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 14 зачетных(ые) единиц(ы) на 504 часа(ов).

Контактная работа - 180 часа(ов), в том числе лекции - 66 часа(ов), практические занятия - 82 часа(ов), лабораторные работы - 32 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 288 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре; зачет в 3 семестре; экзамен в 4 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Предмет и разделы дисциплины, их задачи.	2	2	2	0	13
2.	Тема 2. Сложное движение точки, твёрдого тела.	2	2	2	0	9
3.	Тема 3. Плоское движение твёрдого тела.	2	2	2	0	9
4.	Тема 4. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной точки. Свободное движение твёрдого тела.	2	2	2	0	9
5.	Тема 5. Статика. Основные понятия и аксиомы статики.	2	2	2	0	9
6.	Тема 6. Теория моментов и пар сил.	2	2	2	0	9
7.	Тема 7. Равновесие абсолютно твёрдого тела.	2	2	2	0	9
8.	Тема 8. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.	2	2	2	0	9
9.	Тема 9. Введение. Законы Ньютона. Задачи динамики.	3	2	2	0	6
10.	Тема 10. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.	3	2	2	0	6
11.	Тема 11. Прямолинейные колебания точки.	3	2	2	0	6
12.	Тема 12. Система материальных точек.	3	2	2	0	6
13.	Тема 13. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.	3	2	2	0	6
14.	Тема 14. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.	3	2	2	0	6
15.	Тема 15. Элементы аналитической механики.	3	2	2	0	6
16.	Тема 16. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия.	3	2	2	0	6
17.	Тема 17. Теория удара.	3	2	2	0	6
18.	Тема 18. Сопротивление материалов. Введение. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.	4	5	7	0	23
19.	Тема 19. Растяжение и сжатие.	4	5	7	8	23
20.	Тема 20. Теория напряжённого и деформированного состояния.	4	5	7	0	23
21.	Тема 21. Сдвиг и кручение.	4	5	7	6	23

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
22.	Тема 22. Изгиб прямолинейных стержней.	4	4	7	8	22
23.	Тема 23. Сложное сопротивление.	4	4	7	6	22
24.	Тема 24. Устойчивость равновесия для деформируемых систем.	4	4	6	4	22
	Итого		66	82	32	288

## 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

### Тема 1. Введение. Предмет и разделы дисциплины, их задачи.

Предмет и разделы дисциплины, их задачи. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Кинематика твёрдого тела. Понятие об абсолютно твёрдом теле. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.

Траектория и уравнение движения точки, нахождение скорости и ускорения точки. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.

### Тема 2. Сложное движение точки, твёрдого тела.

Сложное движение точки, твёрдого тела. Абсолютное, относительное, переносное движения. Абсолютные, относительные, переносные скорости и ускорения. Теорема сложения скоростей. Теорема Кориолиса. Кориолисово ускорение.

Уравнения сложного движения точки. Сложение скоростей точки. Сложение ускорений точки. Сложение движений тела. Смешанные задачи на сложное движение точки и твёрдого тела.

### Тема 3. Плоское движение твёрдого тела.

Плоское движение твёрдого тела и движение плоской фигуры в её плоскости. Скорости и ускорения точек плоской фигуры. Теорема о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей. Мгновенный центр ускорений.

Уравнения движения плоской фигуры. Скорости точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей. Ускорения точек плоской фигуры.

### Тема 4. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной точки. Свободное движение твёрдого тела.

Углы Эйлера. Уравнения сферического движения твёрдого тела. Теорема о перемещении твёрдого тела, имеющего одну неподвижную точку. Угловая скорость и угловое ускорение тела при сферическом движении. Скорости и ускорения точек твёрдого тела при сферическом движении. Свободное движение твёрдого тела.

Движение тела, имеющего одну неподвижную точку.

### Тема 5. Статика. Основные понятия и аксиомы статики.

Предмет статики и её основные задачи. Основные определения и понятия статики. Аксиомы статики. Теорема о равновесии трёх непараллельных сил. Система сходящихся сил; приведение к равнодействующей. Аналитический способ определения равнодействующей. Геометрические и аналитические условия равновесия системы сходящихся сил.

Силы, линии действия которых пересекаются в одной точке. Равновесие системы сходящихся сил.

### Тема 6. Теория моментов и пар сил.

Теория моментов и пар сил. Момент силы относительно точки (центра). Момент силы относительно оси. Пара сил и её момент. Теоремы о парах. Лемма о параллельном переносе силы. Главный вектор и главный момент системы сил. Приведение системы сил к центру (основная теорема статики).

Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие произвольной пространственной системы сил.

### Тема 7. Равновесие абсолютно твёрдого тела.

Условия равновесия абсолютно твёрдого тела при действии различных систем сил. Три формы условий равновесия плоской системы сил. Равновесие составной конструкции. Статически определимые и статически неопределимые задачи.

Равновесие составной конструкции. Определение усилий в стержнях ферм по способу Риттера.

### Тема 8. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.

Равновесие твёрдого тела при наличии трения. Трение скольжения. Трение качения. Конус трения. Центр тяжести твёрдого тела. Центр тяжести плоской фигуры. Статический момент площади плоской фигуры относительно оси. Методы определения центров тяжести тел. Положение центра тяжести некоторых тел.

Силы трения. Трение скольжения, трение качения.

### Тема 9. Введение. Законы Ньютона. Задачи динамики.

Основные понятия. Законы Ньютона. Дифференциальные уравнения движения точки. Прямая и обратная задачи динамики.

Определение сил по заданному движению. Обратная задача динамики. Дифференциальные уравнения движения материальной точки (прямолинейное и криволинейное движения). Свободное падение тела без учёта сопротивления воздуха.

### Тема 10. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.

Несвободная материальная точка. Связи и динамические реакции связей. Дифференциальные уравнения движения точки по заданной кривой. Основной закон динамики относительного движения точки. Переносная и Кориолисова силы инерции. Принцип относительности классической механики. Случай относительного покоя.

Относительное движение материальной точки. Частные случаи относительного движения материальной точки.

### Тема 11. Прямолинейные колебания точки.

Виды колебательных движений материальной точки. Свободные и затухающие колебания. Примеры на свободные колебания. Свободные колебания груза, подвешенного к пружине. Аperiodическое движение. Вынужденные колебания. Явление резонанса. Явление биений. Свободные колебания без учёта сопротивления. Затухающие, вынужденные колебания.

#### **Тема 12. Система материальных точек.**

Система материальных точек. Твёрдое тело. Силы, действующие на точки системы. Центр масс системы материальных точек и его координаты. Теорема о движении центра масс. Моменты инерции твёрдого тела (системы). Радиус инерции. Теорема о моментах инерции твёрдого тела относительно параллельных осей. Центробежные моменты инерции тела.

Геометрия масс: центр масс системы, моменты инерции твёрдых тел. Теорема о движении центра масс.

#### **Тема 13. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.**

Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. Теорема об изменении кинетического момента механической системы. Элементарная работа силы; работа на конечном пути. Теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы. Потенциальные силы. Силовое поле, условия потенциальности силового поля. Закон сохранения механической энергии материальной точки. Интеграл энергии. Понятие о рассеивании полной механической энергии.

Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. Теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы.

#### **Тема 14. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.**

Дифференциальные уравнения поступательного движения твёрдого тела. Дифференциальное уравнение вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Физический маятник. Определение динамических реакций подшипников. Динамическая уравновешенность тела на оси вращения. Опытное определение моментов инерции твёрдых тел. Дифференциальные уравнения плоского и сферического движений твёрдого тела. Приближенная теория гироскопов.

Плоскопараллельное (плоское) движение твёрдого тела. Давление вращающегося твёрдого тела на ось вращения.

#### **Тема 15. Элементы аналитической механики.**

Обобщённые координаты и число степеней свободы механизма. Возможные перемещения механической системы. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение аналитической динамики. Обобщённые силы. Способы вычисления обобщённых сил. Условия равновесия механической системы в обобщённых координатах. Уравнение Лагранжа для консервативных систем. Условия равновесия консервативной системы. Уравнения Лагранжа второго рода.

Принцип возможных перемещений. Уравнение Лагранжа для консервативных систем. Уравнения Лагранжа второго рода.

#### **Тема 16. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия.**

Общие понятия. Дифференцирование и варьирование в механике. Дифференциальное уравнение кривой, реализующей экстремум заданного криволинейного интеграла. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия.

Определение условий равновесия системы. Устойчивость равновесия.

#### **Тема 17. Теория удара.**

Явление удара. Ударная сила и ударный импульс. Основные допущения и основное уравнение в теории удара. Теорема об изменении количества движения механической системы при ударе. Удар шара о неподвижную поверхность. Коэффициент восстановления при ударе. Прямой центральный удар двух тел. Потеря кинетической энергии при ударе двух тел.

Удар.

#### **Тема 18. Сопротивление материалов. Введение. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.**

Задачи и содержание курса "Сопротивление материалов". Основные гипотезы. Классификация внешних нагрузок: сосредоточенные и распределенные, поверхностные и объёмные, статические и динамические. Расчетные схемы. Брус, пластина, оболочка - объекты, изучаемые в курсе сопротивления материалов. Деформация и перемещения. Внутренние силы. Напряжения (полное, нормальное, касательное). Метод сечений. Построение эпюр внутренних сил при растяжении, кручении и плоском изгибе. Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  при плоском изгибе. Вытекающие из них следствия. Построение эпюр внутренних сил для плоских рам. Понятие о напряженном и деформированном состояниях в точке. Выражение внутренних сил через напряжения.

#### **Тема 19. Растяжение и сжатие.**



Растяжение и сжатие прямого бруса. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях стержня. Продольные и поперечные деформации при растяжении (сжатии). Закон Гука при растяжении. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений. Потенциальная энергия деформации при растяжении. Расчет на прочность при растяжении. Механические свойства материалов. Испытание материалов на растяжение. Основные механические характеристики материала. Определение допускаемых напряжений. Статически неопределимые системы, работающие на растяжение и сжатие. Определение усилий в стержнях, возникающих от неточности изготовления элементов конструкции и от изменения температуры.

#### **Тема 20. Теория напряжённого и деформированного состояния.**

Напряженное состояние в точке. Виды напряженного состояния: линейное, плоское, объемное. Плоское напряженное состояние. Закон парности касательных напряжений. Определение напряжений на наклонных площадках. Определение положения главных площадок и величин главных напряжений. Экстремальные касательные напряжения. Объемное напряженное состояние (основные понятия). Закон парности касательных напряжений. Главные площадки, главные напряжения. Экстремальные касательные напряжения.

Главные деформации и главные направления. Закон Гука при объемном и плоском напряженных состояниях. Изменение объема материала при деформации. Потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии. Удельная потенциальная энергия изменения объема и изменения формы.

#### **Тема 21. Сдвиг и кручение.**

Экстремальные касательные напряжения. Понятие о чистом сдвиге. Анализ напряженного состояния при сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге. Потенциальная энергия деформации при чистом сдвиге. Расчет на прочность при чистом сдвиге. Расчеты заклёпочных и сварных соединений. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Определение напряжений в поперечном сечении. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Определение потенциальной энергии деформации при кручении. Расчет на прочность сплошного и пустотелого круглых валов.

#### **Тема 22. Изгиб прямолинейных стержней.**

Чистый изгиб. Определение нормальных напряжений при чистом изгибе. Жесткость при изгибе. Зависимость между кривизной, изгибающим моментом и жесткостью. Поперечный изгиб. Формула Журавского. Распределение напряжений в прямоугольном и двутавровом сечениях. Расчет на прочность при изгибе. Перемещение балки при изгибе (прогиб, поворот, касательное перемещение). Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса. Интегрирование дифференциального уравнения второго порядка оси изогнутого бруса. Метод начальных параметров. Статически неопределимые балки при изгибе.

#### **Тема 23. Сложное сопротивление.**

Задача сложного сопротивления как сочетание задач с простейшими схемами нагружения. Косой изгиб. Определение нормальных напряжений при косом изгибе. Определение положения нулевой линии при косом изгибе. Определение прогибов при косом изгибе. Расчет на прочность. Изгиб с растяжением или сжатием. Определение напряжений с использованием принципа независимости действия сил. Расчет на прочность. Внецентренное растяжение или сжатие. Определение напряжений при внецентренном растяжении или сжатии. Определение положения нулевой линии.

Изгиб с кручением брусьев круглого сечения. Определение напряжений. Расчет на прочность и жесткость.

#### **Тема 24. Устойчивость равновесия для деформируемых систем.**

Устойчивое и неустойчивое состояние равновесия упругой системы.

Метод Эйлера для определения критических нагрузок. Влияние граничных условий на величину критической силы. Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Расчет сжатых стержней с помощью коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"



Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 2</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменное домашнее задание	ОК-7, ОПК-7	1. Введение. Предмет и разделы дисциплины, их задачи. 2. Сложное движение точки, твёрдого тела. 3. Плоское движение твёрдого тела. 7. Равновесие абсолютно твёрдого тела. 8. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.
2	Контрольная работа	ОК-7, ОПК-7	1. Введение. Предмет и разделы дисциплины, их задачи. 2. Сложное движение точки, твёрдого тела. 3. Плоское движение твёрдого тела. 7. Равновесие абсолютно твёрдого тела. 8. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.
3	Устный опрос	ОК-7, ОПК-7	1. Введение. Предмет и разделы дисциплины, их задачи. 2. Сложное движение точки, твёрдого тела. 3. Плоское движение твёрдого тела. 5. Статика. Основные понятия и аксиомы статики. 6. Теория моментов и пар сил. 7. Равновесие абсолютно твёрдого тела. 8. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.
	<b>Зачет</b>	ОК-7, ОПК-7	
<b>Семестр 3</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменное домашнее задание	ОК-7, ОПК-7	9. Введение. Законы Ньютона. Задачи динамики. 10. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки. 11. Прямолинейные колебания точки. 13. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. 14. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.
2	Контрольная работа	ОК-7, ОПК-7	9. Введение. Законы Ньютона. Задачи динамики. 10. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки. 13. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. 14. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу. 15. Элементы аналитической механики. 16. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия.
3	Устный опрос	ОК-7, ОПК-7	9. Введение. Законы Ньютона. Задачи динамики. 10. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки. 11. Прямолинейные колебания точки. 12. Система материальных точек. 13. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.
	<b>Зачет</b>	ОК-7, ОПК-7	
<b>Семестр 4</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
1	Лабораторные работы	ОК-7, ОПК-7	19. Растяжение и сжатие. 21. Сдвиг и кручение. 22. Изгиб прямолинейных стержней. 23. Сложное сопротивление. 24. Устойчивость равновесия для деформируемых систем.
2	Письменное домашнее задание	ОК-7, ОПК-7	18. Сопротивление материалов. Введение. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий. 19. Растяжение и сжатие. 20. Теория напряжённого и деформированного состояния. 21. Сдвиг и кручение. 22. Изгиб прямолинейных стержней. 23. Сложное сопротивление.
3	Устный опрос	ОК-7, ОПК-7	18. Сопротивление материалов. Введение. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий. 19. Растяжение и сжатие. 20. Теория напряжённого и деформированного состояния. 21. Сдвиг и кручение. 22. Изгиб прямолинейных стержней. 23. Сложное сопротивление. 24. Устойчивость равновесия для деформируемых систем.
	<b>Экзамен</b>	ОК-7, ОПК-7	

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 2</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
<b>Семестр 4</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 2**

**Текущий контроль**

**1. Письменное домашнее задание**

Темы 1, 2, 3, 7, 8

Задача 10.13.

Определить уравнение движения и траекторию точки обода колеса радиуса  $R=1$  м. автомобиля, если автомобиль движется по прямолинейному пути с постоянной скоростью 10 м/с. Принять, что колесо катится без скольжения; за начало координат взять начальное положение точки на пути, принятом за ось  $Ox$ .

Задача 12.1.

Поезд движется со скоростью 72 км/час; при торможении он получает замедление, равное  $0,4$  м/с<sup>2</sup>. Найти, за какое время до прихода поезда на станцию и на каком от неё расстоянии должно быть начато торможение.

Задача 12.9.

Поезд движется равнозамедленно по дуге окружности радиуса  $R=800$  м. и проходит путь  $s=800$  м., имея начальную скорость  $v_0=54$  км/час и конечную  $v=18$  км/час. Определить полное ускорение поезда в начале и в конце дуги, а также время движения по этой дуге.

Задача 12.13.

Движение точки задано уравнениями  $x=10 \cos(2\pi t/5)$ ,  $y=10 \sin(2\pi t/5)$  ( $x, y$  - в сантиметрах,  $t$  - в секундах). Найти траекторию точки, величину и направление скорости, а также величину и направление ускорения.

Задача 13.4.

Тело, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, делает 3600 оборотов в первые 2 минуты. Определить угловое ускорение.

Задача 13.15.

Маховое колесо радиуса  $R=2$  м. вращается равноускоренно из состояния покоя; через  $t=10$  с. точки, лежащие на ободе, обладают линейной скоростью  $v=100$  м/с. Найти скорость, нормальное и касательное ускорения точек обода колеса для момента  $t=15$  с.

Задача 16.10.

Прямая АВ движется в плоскости рисунка, причём конец её А всё время находится на полуокружности CAD, а сама прямая всё время проходит через неподвижную точку С диаметра CD. Определить скорость точки прямой, совпадающей с точкой С, в тот момент, когда радиус ОА перпендикулярен CD, если известно, что скорость точки А в этот момент 4 м/с.

Задача 18.15.

Ползун В кривошипно-ползунного механизма ОАВ движется по дуговой направляющей. Определить касательное и нормальное ускорения ползуна В в положении, указанном на рисунке, если  $OA=10$  см.,  $AB=20$  см. Кривошип ОА вращается, имея в данный момент угловую скорость  $\omega=1$  рад/с, угловое ускорение равно нулю.

Задача 19.2.

Артиллерийский снаряд, двигаясь в атмосфере, вращается вокруг оси  $z$  с угловой скоростью  $\omega$ . Одновременно ось снаряда  $z$  вращается с угловой скоростью  $\omega_1$  вокруг оси  $l$ , направленной по касательной к траектории центра тяжести С снаряда. Определить скорость точки М снаряда в его вращательном движении, если  $CM=r$  и отрезок CM перпендикулярен оси  $z$ ; угол между осями  $z$  и  $l$  равен  $\alpha$ .

Задача 23.57.

Река Нева течёт с востока на запад по параллели 60 градусов северной широты с относительной скоростью 1,11 м/с. Найти составляющие абсолютного ускорения частицы воды. Радиус Земли  $R=6370$  км.

Задача 1.3.

На дне шахты находится человек веса 640 Н; посредством каната, перекинутого через неподвижный блок, человек удерживает груз в 480 Н. 1) Какое давление оказывает человек на дно шахты? 2) Какой наибольший груз он может удержать с помощью каната?

Задача 2.6.

Стержни AC и BC соединены между собой и с вертикальной стеной посредством шарниров. На шарнирный болт С действует вертикальная сила  $P=1000$  Н.

Определить реакции этих стержней на шарнирный болт С, если угол, составляемый стержнем AC со стеной, равен 30 градусам, а угол, составляемый стержнем BC со стеной, равен 60 градусам.

Задача 2.17.

Два одинаковых цилиндра I веса  $P$  каждый подвешены на нитях к точке О. Между ними лежит цилиндр II веса  $Q$ . Вся система находится в равновесии. Цилиндры I не касаются друг друга. Определить зависимость между углом  $\alpha$ , образованным нитью с вертикалью, и углом  $\beta$ , образованным прямой, проходящей через оси цилиндров I и II, с вертикалью.

Задача 3.10.

К однородному стержню, длина которого 3 метра, а вес 6 Н, подвешены 4 груза на равных расстояниях друг от друга, причём два крайних - на концах стержня. Первый груз слева весит 2 Н, каждый последующий тяжелее предыдущего на 1 Н. На каком расстоянии  $x$  от левого конца нужно подвесить стержень, чтобы он остался горизонтальным?

Задача 4.10.



Однородный стержень АВ веса 100 Н опирается одним концом на гладкий горизонтальный пол, другим - на гладкую плоскость, наклонённую под углом 30 градусов к горизонту. У конца В стержень поддерживается верёвкой, перекинутой через блок С и несущей груз Р; часть верёвки ВС параллельна наклонной плоскости. Пренебрегая трением на блоке, определить груз Р и силы давления на пол и на наклонную плоскость.

Задача 4.62.

Найти моменты сил приводов в шарнирах механизма робота-манипулятора, находящегося в равновесии, когда второе звено поднято под углом 30 градусов к горизонту. Масса объекта манипулирования 15 кг. Длины звеньев: первого - 0,7 м, второго - 0,5 м. Массы звеньев: первого - 35 кг, второго - 25 кг.

Задача 5.11.

На наклонной плоскости лежит прямоугольный брус В веса 400 Н. К нему с помощью троса присоединяют прямоугольный брус А веса 200 Н, который, скользя по наклонной плоскости, натягивает трос. Коэффициенты трения с наклонной плоскостью  $f_a=0,5$  и  $f_b=2/3$ . Будет ли система в дальнейшем находиться в покое? Найти натяжение Т троса и величины сил трения, действующие на каждое тело. Весом троса пренебречь.

Задача 6.13.

Мачта АВ удерживается в вертикальном положении посредством четырёх симметрично расположенных оттяжек. Угол между каждыми двумя смежными оттяжками равен 60 градусам. Определить давление мачты на землю, если натяжение каждой из оттяжек равно 1 кН, а вес мачты 2 кН.

Задача 7.12.

Вес радиомачты с бетонным основанием  $G=140$  кН. К мачте приложены сила натяжения антенны  $F=20$  кН и на высоте 6 м - равнодействующая сил давления ветра  $P=50$  кН; обе силы горизонтальны и расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях; высота мачты равна 15 м. Определить результирующую реакцию грунта, в котором уложено основание мачты.

Задача 8.9.

Стол стоит на трёх ножках, концы которых А, В и С образуют равносторонний треугольник со стороной а. Вес стола равен Р, причём центр тяжести его расположен на вертикали zOO1, проходящей через центр O1 треугольника ABC. На столе помещён груз р в точке М, координаты которой х и у; ось Oу параллельна АВ. Определить давление каждой ножки на пол.

## 2. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3, 7, 8

Контрольная работа состоит из трёх-четырёх задач.

По разделу "Кинематика" выполняются задания из числа: К.1 - "Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям её движения", К.2 - "Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела при поступательном и вращательном движениях", К.3 - "Кинематический анализ плоского механизма", К.7 - "Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки".

По разделу "Статика" студенты выполняют задания из следующего числа ниже перечисленных: С.1 - "Определение реакций опор твёрдого тела", С.2 - "Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы", С.3 - "Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел)", С.5 - "Равновесие с учётом сцепления (трения покоя)", С.7 - "Определение реакций опор твёрдого тела", С.8 - "Определение положения центра тяжести".

Задания (из числа выше перечисленных) и номер варианта (шифр) определяются преподавателем.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывается отделение, специальность, номер группы, фамилия и инициалы студента и название кафедры.

При оформлении контрольной работы рекомендуется выполнять следующие правила:

- 1) в тетради оставлять поля шириной 3,5 - 4 см для замечаний рецензента;
- 2) текст условия задачи с числовыми данными переписать из задачника полностью;
- 3) составить аккуратные чертежи в масштабе с помощью карандаша, линейки и циркуля; не допускается выполнение чертежей от руки;
- 4) на чертежах необходимо указывать все необходимые размеры и все векторы, упоминаемые в решении задачи;
- 5) решение задач аргументировать ссылками на определения, аксиомы или теоремы;
- 6) все вычисления вести в буквенной форме, а числовые значения букв подставлять лишь в окончательные результаты; особое внимание следует обратить на чёткость изображения буквенных символов;
- 7) записи, выполненные рукописным, чётким почерком с высотой букв не менее 3 мм, следует выполнять без существенных исправлений.

Невыполнение этих рекомендаций затрудняет проверку контрольной работы и создает трудности при его защите. Контрольная работа, выполненная студентом не по шифру (варианту), возвращается без рассмотрения.

Если после проверки преподавателем какие-либо задачи контрольной работы окажутся не зачѣнными, то все исправления следует производить в той же тетради на чистых листах, озаглавленных "Работа над ошибками". Студент должен исправить все отмеченные ошибки. Если задачи решены правильно, то работа возвращается студенту с пометкой "допущено к защите". Каждое из допущенных к защите контрольных заданий должно быть защищено студентом очно; в процессе защиты ему предлагаются вопросы, относящиеся к представленному им решению задач, вопросы по теории по темам задач; как правило, студенту предлагается самостоятельно решить задачу (пример) по одной из тем защищаемого контрольного задания.

После защиты контрольной работы, предусмотренной учебным планом в данном семестре, студент допускается к зачѣту и экзамену согласно учебному плану специальности по соответствующему разделу курса теоретической механики.

Указания к выполнению задач контрольной работы по разделу "Кинематика".

Задачи по кинематике решаются аналитическим способом путѣм составления уравнений движения точки, тела в выбранной или заданной системе координат. При решении задач целесообразно придерживаться следующего плана:

- 1) установить объект движения (точку или тело);
- 2) выявить все связи и показать на расчѣтной схеме систему координат, наиболее удобную для составления уравнений движения;
- 3) определить способ задания движения точки;
- 4) решить полученную систему уравнений относительно искомых величин.

При решении задач задания К.1 "Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям её движения" целесообразно придерживаться следующего порядка:

1. Исключив из заданных в координатной форме уравнений движения время  $t$ , найти уравнение кривой, часть которой (или целиком вся кривая) является траекторией движения. Начертить в масштабе траекторию и отметить на ней положения точки в начальный и в заданный моменты времени.
2. Проекции векторов скорости и ускорения точки находим из уравнений движения методом проекций, предварительно их продифференцировав и вычислив значения производных при  $t=t_1$  с.
3. По найденным проекциям определяют модули векторов скорости и ускорения, а также касательного и нормального ускорений точки.
4. Вектора скорости и ускорений строят по полученным проекциям. Затем вычисляют радиус кривизны траектории в точке при  $t=t_1$  с.
5. Графическое построение скорости и ускорения является косвенным контролем правильности аналитических вычислений. В случае, если вычисления являются верными, вектор скорости будет направлен по касательной к кривой траектории движения (для прямой - совпадает с отрезком данной прямой), а вектор полного ускорения после разложения на касательную и нормальную составляющие даѣт в масштабе значения этих составляющих. Кроме того, направления этих векторов, а также составляющих полного ускорения, позволяют проверять знаки значений данных величин.

При решении задачи К.2 "Определение скоростей и ускорений точек тѣрѣдого тела при поступательном и вращательном движениях" вначале определяют коэффициенты  $C$ , при которых осуществляется требуемое движение груза. Затем, используя заданные кинематические связи движения тел, определяют скорость и ускорение груза 1 и точки  $M$  одного из колѣс в момент времени  $t=t_1$  с. Эти задачи рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Используя заданные условия движения груза 1 определяют постоянные  $C$ . Постоянные  $C_0$  и  $C_1$  определяются из заданного уравнения движения груза при  $t=0$  с, а постоянная  $C_2$  определяется из условия, что при  $t=t_2$  с координата груза равна  $x_2$ . Таким образом, уравнение движения груза 1 становится определённым, что дает возможность вычислить его кинематические параметры (скорость, ускорение) в любой момент времени
2. Определяют кинематические характеристики (угловая скорость и ускорение) колеса, которому принадлежит точка  $M$ . Для этого записывают уравнения, связывающие вращательные движения касающихся окружностей, выраженные в равенстве линейных скоростей точек этих окружностей (окружности не проскальзывают друг по другу!) при известной скорости точек одной из них.
3. По известным формулам определяют скорость, вращательную и центростремительную составляющие ускорения точки  $M$ , а также полное её ускорение.
4. Показав на рисунке механизма направления угловых скорости и ускорения колеса, на котором расположена точка  $M$ , проводят направления векторов скорости, центростремительного, вращательного и полного ускорений этой точки.

При решении, задач задания К.3 "Кинематический анализ плоского механизма" необходимо тщательно изучить приведѣнное ниже решение и применить описанные там способы к решению задачи своего варианта.

Приведѣм рекомендуемый порядок решения этих задач.

1. Находят мгновенный центр скоростей (МЦС) тела, совершающего плоское движение.
2. Определяют угловую скорость звена, которому принадлежат точки  $B$  и  $C$  (это звено совершает плоское движение).
3. Вычисляют скорости точек  $B$  и  $C$ , на рисунке показывают направления угловой скорости звена, совершающего плоское движение, векторов скоростей точек  $B$  и  $C$ .
4. Проверяют правильность вычислений модулей скоростей точек  $B$  и  $C$ .

5. Определяют угловое ускорение звена, совершающего плоское движение, а также ускорения точек В и С. Методика определения этих параметров в зависимости от вида предложенного механизма различна. Различие состоит в том, что для кривошипно-шатунного механизма ускорение ползуна В направлено вдоль направляющей ползуна. Для механизмов с колёсами направления ни ускорения точки В, ни ускорения точки С заранее неизвестны. Однако для всех механизмов нужно уметь рассчитать и определить направления составляющих ускорения точки. Угловое ускорение звена, совершающего плоское движение, в кривошипно-шатунном механизме рассчитывается

после определения касательного ускорения точки В при её вращении вокруг полюса А, найденного способом проекций. В механизмах с подвижными и неподвижными колёсами, учитывая выше сказанное, можно путём дифференцирования угловой скорости звена, совершающего плоское движение, по времени с дальнейшим преобразованием этого выражения вычислить угловое ускорение этого звена. В механизмах с обоими подвижными колёсами из-за равномерного вращения обоих колёс угловое ускорение звена, совершающего плоское движение, равно нулю.

6. На рисунке показывают направление углового ускорения звена, совершающего плоское движение. Для кривошипно-шатунного механизма направление этого углового ускорения соответствует положительному направлению касательного ускорения точки В при относительном вращении звена АВ вокруг полюса А. Для механизма с одним подвижным колесом направление углового ускорения звена, совершающего плоское движение, определяется направлением углового ускорения кривошипа.

Для решения задачи из задания К.7 "Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки" предварительно изучите тему "Сложное движение точки" и, тогда, используя теоремы о сложении скоростей и ускорений точки (теорема Кориолиса), придерживайтесь следующей последовательности действий:

1. В начале необходимо установить относительное положение точки М в канале тела D в данный момент времени  $t_1$ . Если полученное значение дуговой координаты будет отрицательным, отложите точку М1 на рисунке с другой стороны от точки О. Примерно для половины вариантов точка М может двигаться в обоих направлениях от начальной точки отсчёта дуговой координаты точки М, относительное движение которой задано естественным способом. Поэтому, если значение по-лучится положительным, положение точки М соответствует показанному на рисунке.

2. Используя дифференцирование заданных уравнений движений тела и точки М, найдите компоненты скорости и ускорения в переносном и относительном движениях, а также поворотное (Кориолисово) ускорение в данный момент времени и в найденном положении М1 точки М относительно тела (при  $t = t_1$  с).

3. Абсолютная скорость точки М находится как геометрическая сумма относительной и переносной скоростей. В приведённых вариантах задания переносное движение тела D может быть вращательным или поступательным.

4. Определяют абсолютное ускорение точки как геометрическую сумму переносного, относительного и (при наличии) Кориолисова (поворотного) ускорений.

5. С целью самопроверки рекомендуется полученные величины показать на рисунке и сложить их геометрически.

Задачи по статике решаются аналитическим способом путём составления уравнений равновесия. При решении задач целесообразно придерживаться следующего плана:

- 1) установить объект равновесия;
- 2) выявить все связи и показать на расчётной схеме все их реакции, а также все активные силы;
- 3) определить вид системы сил, действующих на данный объект равновесия;
- 4) выбрать наиболее удобную для составления и решения уравнений равновесия систему координат;
- 5) составить систему уравнений равновесия рассматриваемого объекта, находящегося в равновесии под действием данной системы сил;
- 6) решить полученную систему уравнений относительно искомых величин.

Задачи на равновесие твёрдых тел, находящихся под действием плоской системы сил, решаются по приведённому ниже общему плану.

Уравнения равновесия твёрдого тела в случае произвольной плоской системы сил можно составить в одной из трёх форм. Выбирая ту или иную форму уравнений равновесия, следует стремиться к получению наиболее простой системы уравнений, чтобы в каждое из них входило минимальное число неизвестных. Необходимо иметь в виду, что получению более простой системы уравнений способствует также удачный выбор системы координат. Оси координат следует направлять так, чтобы они были перпендикулярны к некоторым неизвестным реакциям. Тогда эти реакции в соответствующие уравнения проекций не войдут. С этой же целью точки для составления уравнений моментов следует выбирать там, где пересекается больше неизвестных реакций (если только это не усложнит вычисление плеч других сил). При вычислении моментов часто бывает удобно разлагать некоторые силы на составляющие и, пользуясь теоремой Вариньона, находить момент силы как сумму моментов этих составляющих.

В статике твёрдого тела наряду с задачами равновесия одного тела приходится рассматривать и задачи равновесия системы сочленённых тел, т.е. конструкции, состоящей из нескольких связанных не жёстко друг с другом частей. В сочленённых системах различают внешние связи (опоры), скрепляющие конструкцию с телами, не входящими в её состав, и внутренние связи, соединяющие части конструкции между собой.

Решение задач равновесия сочленённых систем можно произвести двумя способами.

Первый способ. Освободиться только от внешних связей и составить уравнения равновесия для всей конструкции в целом как для одного твёрдого тела. Правомерность составления этих уравнений следует из аксиомы отвердевания, согласно которой система сил, действующих на конструкцию, при равновесии должна удовлетворять условиям равновесия твёрдого тела, хотя конструкция после освобождения от внешних опор и не остаётся жёсткой. Часто число полученных таким образом уравнений оказывается меньше числа неизвестных, однако это обстоятельство ещё не делает задачу статически неопределённой. Если расчленить конструкцию на отдельные части и составить уравнения равновесия для одной или нескольких частей с учётом реакций внутренних связей, то число неизвестных может оказаться не больше числа всех составленных независимых уравнений равновесия. В этом случае задача является статически определённой.

Второй способ. Конструкция сразу расчленяется на отдельные жёсткие части и рассматривается равновесие каждой из них в отдельности с учётом внутренних реакций.

Задачи равновесия твёрдых тел, находящихся под действием пространственной системы сил, решаются по изложенному общему плану.

Для равновесия твёрдого тела под действием пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех действующих сил (активных и пассивных) на произвольно выбранные оси декартовых координат и суммы моментов всех сил относительно этих осей равнялись нулю.

Для того чтобы задача была статически определённой, число неизвестных, входящих в эти уравнения, не должно быть более шести. Выбирая систему координат, следует стремиться к тому, чтобы оси координат были параллельны или перпендикулярны к возможно большему числу неизвестных реакций. Тогда эта реакции либо проектируются на оси в натуральную величину, либо их проекции на оси координат равны нулю. Кроме того, желательно начало координат выбрать так, чтобы оси пересекали как можно больше неизвестных реакций. В этом случае они не войдут в уравнение моментов.

При составлении уравнений равновесия наибольшее затруднение вызывает вычисление моментов сил относительно осей координат. В некоторых случаях бывает удобно, как и в случае плоской системы сил, разложить силу на составляющие, параллельные координатным осям, и находить момент силы относительно оси по теореме Вариньона как алгебраическую сумму моментов составляющих. В сложных случаях для облегчения вычисления моментов сил рекомендуется изобразить на вспомогательном рисунке проекцию рассматриваемой конструкции и приложенных к ней сил на плоскость, перпендикулярную к оси, относительно которой определяются моменты сил. При этом проекции сил даются со стороны положительного направления оси.

Целью контрольной работы является приобретение навыков самостоятельного решения поставленных задач и проработка соответствующих тем, используемых для их решения.

Контрольная работа способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, а также применению этих знаний к решению разнообразных задач механики в целом.

### 3. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8

- 1) Какими способами можно задать движение материальной точки?
- 2) Как определяются скорость и ускорение точки при каждом способе задания её движения?
- 3) Как определяется поступательное движение твёрдого тела?
- 4) Как определяется вращательное движение твёрдого тела?
- 5) По каким формулам вычисляются касательное и нормальное ускорения точки?
- 6) Как определяется плоскопараллельное движение твёрдого тела?
- 7) Как определить мгновенный центр скоростей?
- 8) Как определяется сложное движение материальной точки?
- 9) Как определить направление вектора Кориолисова ускорения?
- 10) Как определяется абсолютное ускорение материальной точки в сложном движении?
- 11) На каких аксиомах основана статика?
- 12) Как классифицируются системы сил?
- 13) Как формулируется теорема о трёх силах?
- 14) Как строится силовой многоугольник?
- 15) Как определяется пара сил?
- 16) Как определить момент силы относительно фиксированного центра?
- 17) Как определить момент силы относительно оси?
- 18) Три формы аналитических уравнений равновесия произвольной плоской системы сил.
- 19) В каком случае задача называется статически определимой?
- 20) Какие существуют способы определения центра тяжести?

### Зачет

Вопросы к зачету:

Кинематика

1. Предмет и задачи кинематики. Пространство и время в классической механике. Система от-счёта.
2. Векторный способ задания движения точки. Уравнение движения, траектория, векторы скорости и ускорения точки.
3. Координатный способ задания движения. Траектория, уравнения движения, скорость и ускорение точки.



4. Естественный способ задания движения точки. Скорость, касательное и нормальное ускорения точки.
5. Задачи кинематики абсолютно твёрдого тела. Поступательное движение твёрдого тела.
6. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях поступательно движущегося твёрдого тела.
7. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение твёрдого тела.
8. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Векторные формулы для скоростей и ускорений точек вращающегося тела.
9. Плоское движение твёрдого тела. Сведение плоского движения тела к движению плоской фигуры в её плоскости.
10. Плоское движение твёрдого тела. Разложение движения плоской фигуры на поступательное и вращательное движения. Уравнения плоского движения тела.
11. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоском движении. Мгновенный центр скоростей плоской фигуры.
12. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоском движении.
13. Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Углы Эйлера. Уравнения сферического движения твёрдого тела.
14. Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость и мгновенное угловое ускорение.
15. Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Распределение скоростей точек твёрдого тела.
16. Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Распределение ускорений точек твёрдого тела.
17. Свободное движение твёрдого тела. Теорема о скоростях точек свободного твёрдого тела.
18. Свободное движение твёрдого тела. Теорема об ускорениях точек свободного твёрдого тела.
19. Кинематика сложного движения точки. Теорема о сложении скоростей точки в сложном движении.
20. Теорема о сложении ускорений в сложном движении точки (теорема Кориолиса).

#### Статика

21. Предмет статики и её основные задачи. Основные определения и понятия статики.
22. Аксиома равновесия двух сил. Аксиома присоединения и исключения уравновешивающихся сил. Аксиома параллелограмма. Аксиома равенства действия и противодействия. Принцип затвердевания. Принцип освобождённости от связи.
23. Теорема о равновесии трёх непараллельных сил.
24. Система сходящихся сил; приведение к равнодействующей. Аналитический способ определения равнодействующей.
25. Геометрические и аналитические условия равновесия системы сходящихся сил.
26. Момент силы относительно точки (центра).
27. Момент силы относительно оси.
28. Связь между моментами силы относительно оси и относительно точки, лежащей на оси.
29. Пара сил и её момент (алгебраический и векторный моменты пары). Теорема об эквивалентности пар.
30. Сложение пар и условия равновесия систем пар.
31. Параллельный перенос силы (лемма о параллельном переносе силы). Главный вектор и главный момент системы сил.
32. Приведение системы сил к центру (основная теорема статики).
33. Условие существования равнодействующей для системы сил.
34. Условия равновесия абсолютно твёрдого тела при действии различных систем сил.
35. Три формы условий равновесия плоской системы сил.
36. Статически определяемые и статически неопределимые задачи.
37. Равновесие твёрдого тела при наличии трения. Трение скольжения. Трение качения.
38. Центр тяжести твёрдого тела. Методы определения центров тяжести тел.

#### Семестр 3

##### Текущий контроль

##### 1. Письменное домашнее задание

Темы 9, 10, 11, 13, 14

Задача 26.18.

Масса стола строгального станка 700 кг, масса обрабатываемой детали 300 кг, скорость хода стола 0,5 м/с, время разгона 0,5 с. Определить силу, необходимую для разгона (считая движение равноускоренным) и для дальнейшего равномерного движения стола, если коэффициент трения при разгоне 0,14, а при равномерном движении 0,07.

Задача 27.10.

Два геометрически равных и однородных шара сделаны из различных материалов. Плотности материала шаров соответственно равны  $i$  и  $j$ . Оба шара падают в воздухе. Считая сопротивление среды пропорциональным квадрату скорости, определить отношение максимальных скоростей шаров.

#### Задача 28.5.

Для определения массы гружёного железнодорожного состава между тепловозами и вагонами установили динамометр. Среднее показание динамометра за 2 мин оказалось  $1000000 \text{ Н}$ . За то же время состав набрал скорость  $16 \text{ м/с}$  (вначале состав стоял на месте). Найти массу состава, если коэффициент трения  $0,02$ .

#### Задача 30.9.

Брус 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.

#### Задача 30.15.

Написать выражение потенциальной энергии упругой рессоры, прогибающейся на  $1 \text{ см}$  от нагрузки в  $4 \text{ кН}$ , предполагая, что прогиб  $x$  возрастает прямо пропорционально нагрузке.

#### Задача 31.7.

Парашютист массы  $70 \text{ кг}$  выбросился из самолёта и, пролетев  $100 \text{ м}$ , раскрыл парашют. Найти силу натяжения стропов, на которых человек был подвешен к парашюту, если в течение первых пяти секунд с момента раскрытия парашюта, при постоянной силе сопротивления движению, скорость парашютиста уменьшилась до  $4,3 \text{ м/с}$ . Сопротивлением воздуха движению человека пренебречь.

#### Задача 32.26.

Определить период свободных колебаний груза массы  $m$ , зажато между двумя пружинами с разными коэффициентами жёсткости  $C_1$  и  $C_2$ .

#### Задача 32.71.

Груз массы  $100 \text{ г}$ , подвешенный к концу пружины, движется в жидкости. Коэффициент жёсткости пружины  $C=19,6 \text{ Н/м}$ . Сила сопротивления движению пропорциональна первой степени скорости груза:  $R=kv$ , где  $k=3,5 \text{ Н с/м}$ .

Найти уравнение движения груза, если в начальный момент груз был смещён из положения равновесия на  $1 \text{ см}$  и отпущен без начальной скорости.

#### Задача 37.35.

На каком расстоянии от центра масс должен быть подвешен физический маятник, чтобы период его качаний был наименьшим?

#### Задача 38.5.

Вычислить кинетическую энергию кривошипно-ползунного механизма, если масса кривошипа  $m$ , длина кривошипа  $r$ , масса ползуна  $M$ , длина шатуна  $l$ . Массой шатуна пренебречь. Кривошип считать однородным стержнем. Угловая скорость вращения кривошипа  $\omega$ .

## 2. Контрольная работа

Темы 9, 10, 13, 14, 15, 16

Контрольная работа состоит из трёх-четырёх задач.

По разделу "Динамика" выполняются задания из числа: Д.1 - "Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил", Д.2 - "Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием переменных сил", Д.4 - "Исследование относительного движения материальной точки", Д.6 - "Применение основных теорем динамики к исследованию движения материальной точки", Д.7 - "Применение теоремы о движении центра масс к исследованию движения механической системы", Д.10 - "Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы", Д.14 - "Применение принципа возможных перемещений к решению задач о равновесии сил, приложенных к механической системе с одной степенью свободы".

Задания (из числа выше перечисленных) и номер варианта (шифр) определяются преподавателем.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывается отделение, специальность, номер группы, фамилия и инициалы студента и название кафедры.

При оформлении контрольной работы рекомендуется выполнять следующие правила:

- 1) в тетради оставлять поля шириной  $3,5 - 4 \text{ см}$  для замечаний рецензента;
- 2) текст условия задачи с числовыми данными переписать из задачника полностью;
- 3) составить аккуратные чертежи в масштабе с помощью карандаша, линейки и циркуля; не допускается выполнение чертежей от руки;
- 4) на чертежах необходимо указывать все необходимые размеры и все векторы, упоминаемые в решении задачи;
- 5) решение задач аргументировать ссылками на определения, аксиомы или теоремы;
- 6) все вычисления вести в буквенной форме, а числовые значения букв подставлять лишь в окончательные результаты; особое внимание следует обратить на чёткость изображения буквенных символов;



7) записи, выполненные рукописным, чётким почерком с высотой букв не менее 3 мм, следует выполнять без существенных исправлений.

Невыполнение этих рекомендаций затрудняет проверку контрольной работы и создает трудности при его защите. Контрольная работа, выполненная студентом не по шифру (варианту), возвращается без рассмотрения.

Если после проверки преподавателем какие-либо задачи контрольной работы окажутся не зачтёнными, то все исправления следует производить в той же тетради на чистых листах, озаглавленных "Работа над ошибками".

Студент должен исправить все отмеченные ошибки. Если задачи решены правильно, то работа возвращается студенту с пометкой "допущено к защите". Каждое из допущенных к защите контрольных заданий должно быть защищено студентом очно; в процессе защиты ему предлагаются вопросы, относящиеся к представленному им решению задач, вопросы по теории по темам задач; как правило, студенту предлагается самостоятельно решить задачу (пример) по одной из тем защищаемого контрольного задания.

После защиты контрольной работы, предусмотренной учебным планом в данном семестре, студент допускается к зачёту и экзамену согласно учебному плану специальности по соответствующему разделу курса теоретической механики.

Указания к выполнению задач контрольной работы по разделу "Динамика".

Задачи по динамике решаются аналитическим способом - путём составления уравнений движения точки, тела в выбранной или заданной системе координат.

При решении задач заданий Д.1 "Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил" и Д.2 "Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием переменных сил" целесообразно придерживаться следующей последовательности:

- 1) установить объект движения (точку или тело);
- 2) выявить все связи и показать на расчётной схеме инерциальную систему отсчёта, наиболее удобную для составления уравнений движения;
- 3) определить способ задания движения точки;
- 4) составить схему действующих на материальную точку сил, а в случае несвободного движения точки предварительно применить принцип освобождения от связей;
- 5) установить начальные условия движения точки, т.е. выразить при  $t=0$  с начальные координаты и проекции на координатные оси начальной скорости точки;
- 6) составить на основании схемы сил основное уравнение динамики точки в проекции на выбранные оси координат, т.е. составить систему дифференциальных уравнений движения точки;
- 7) решить полученную систему уравнений задачи Коши относительно искомых величин, т.е. проинтегрировать полученную систему уравнений, определив постоянные интегрирования из начальных условий;
- 8) произвести кинематическое исследование полученного решения;
- 9) по возможности, составить уравнение траектории точки и построить траекторию точки.

При решении задач задания Д.4 "Исследование относительного движения материальной точки" целесообразно придерживаться следующего плана:

- 1) выявить все связи и показать на расчётной схеме инерциальную (неподвижную) и неинерциальную (подвижную) системы отсчёта;
- 2) составить схему действующих на материальную точку активных сил, а в случае несвободного движения точки предварительно применить принцип освобождения от связей и показать реакции связей и силы трения;
- 3) найти ускорение точки в переносном движении и Кориолисово ускорение;
- 4) определить переносную и Кориолисову силы инерции;
- 5) изучить движение несвободной материальной точки, для чего к действующим активным силам и реакциям связей добавить силы инерции точки, после чего составить схему сил;
- 6) установить начальные условия движения точки;
- 7) составить и проинтегрировать систему дифференциальных уравнений относительного движения точки;
- 8) изучая относительное равновесие, исходить из системы уравнений равновесия активных сил, реакций связей и переносной силы инерции;
- 9) проанализировать полученное решение с точки зрения кинематики.

При решении задач задания Д.6 "Применение основных теорем динамики к исследованию движения материальной точки" целесообразно придерживаться следующей последовательности:

Траекторию движения точки разбивают на криволинейные и прямолинейные участки.

На криволинейных участках траектории для определения скорости точки используют теорему об изменении кинетической энергии точки и действуют по ниже приведенной схеме:

- 1) выбирают систему координатных осей;
- 2) составляют схему действующих на точку сил. В случае изучения движения несвободной точки, предварительно освободить её от связей, введя действующие реакции связей;
- 3) установить значения модулей скоростей в начальном и конечном положениях, направив их по касательной к траектории;
- 4) применить теорему об изменении кинетической энергии в интегральной форме;
- 5) из получившегося уравнения определить искомые величины.

На прямолинейных участках движения точки руководствуются следующим:

- а) в случае задания длины участка применяют теорему об изменении кинетической энергии точки в интегральной форме по выше приведённой схеме;
- б) в случае же задания времени движения точки по прямолинейному участку применяют теорему об изменении количества движения точки в интегральной форме. При этом придерживаются следующего алгоритма решения:
- 1) выбирают координатную систему;
  - 2) составляют схему действующих сил, включая и реакции связей;
  - 3) составляют на основании теоремы об изменении количества движения точки для случая движения точки по плоскости два скалярных уравнения, проектируя векторное выражение теоремы на координатные оси;
  - 4) из этих уравнений определяют искомые неизвестные.

Для определения давления движущейся точки на неподвижную плоскую кривую используют или основную теорему динамики в проекции на главную нормаль, или, применяя принцип Германа - Эйлера - Даламбера для материальной точки, записывают уравнение кинетостатики в проекции на главную нормаль к кривой, в которое входит центробежная сила инерции.

Задачи задания Д.10 "Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы" целесообразно решать в такой последовательности:

- 1) составить схему всех действующих (внешних и внутренних) сил на точки (тела) системы. Так как нити (канаты, верёвки) невесомы и нерастяжимы, то внутренние силы не принимаются во внимание. Учитывают только силы трения скольжения и моменты от сил трения качения тел;
- 2) определить начальные и конечные скорости точек и угловые скорости тел системы. Если заданы уравнения движения тел (точек), то их угловые скорости и скорости центров масс вычисляются для любого момента времени;
- 3) выразить все скорости и угловые скорости тел через искомую величину;
- 4) составить выражение для кинетической энергии системы;
- 5) определить пути, пройденные точками приложения сил при прохождении телом 1 расстояния  $s$ ;
- 6) применить теорему об изменении кинетической энергии и из составленного выражения определить искомую величину.

Задачи задания Д.14 "Применение принципа возможных перемещений к решению задач о равновесии сил, приложенных к механической системе с одной степенью свободы" целесообразно решать в такой последовательности:

- 1) изобразить на рисунке все активные силы;
- 2) при наличии неидеальных связей добавить соответствующие реакции связей (например, силы трения);
- 3) в случае необходимости определить реакцию связи, мысленно отбросив соответствующую связь и заменив её искомой реакцией.

В данном задании представлены механические системы с одной степенью свободы. Поэтому далее поступают следующим образом:

- 4) дать возможное перемещение одной из точек системы (обычно это точка ведущего звена механизма) и выразить возможные перемещения точек приложения сил в зависимости от заданного возможного перемещения;
- 5) вычислить сумму работ всех сил, указанных в пунктах 1), 2) и 3), на соответствующих возможных перемещениях их точек приложения и приравнять эту сумму нулю;
- 6) решив составленное уравнение равновесия, определить искомую величину.

Все пункты вышеизложенного плана должны быть отражены в пояснениях, сопровождающих решение каждой задачи.

Целью контрольной работы является приобретение навыков самостоятельного решения поставленных задач и проработка соответствующих тем, используемых для их решения.

Контрольная работа способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, а также применению этих знаний к решению разнообразных задач механики в целом.

#### Задача Д.1.

Вариант 1. Тело движется из точки А по участку АВ (длиной  $\ell=10$  м.) наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha=30^\circ$  с горизонтом, в течение  $t$  с. Его начальная скорость  $v_A=0$ . Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен  $f=0,2$ .

В точке В тело покидает плоскость со скоростью  $v_B$  и попадает со скоростью  $v_C$  в точку С плоскости ВД, наклоненной под углом  $\beta=60^\circ$  к горизонту, находясь в воздухе  $T$  с.

При решении задачи тело принять за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.

Найти  $T$  и  $h$ .

Вариант 2. Тело движется из точки А по участку АВ (длиной  $\ell$ ) наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha=15^\circ$  с горизонтом, в течение  $t$  с. Его начальная скорость  $v_A=2$  м/с. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен  $f=0,2$ .

В точке В тело покидает плоскость со скоростью  $v_B$  и попадает со скоростью  $v_C$  в точку С плоскости ВД, наклоненной под углом  $\beta=45^\circ$  к горизонту, находясь в воздухе  $T$  с.  $h = 4$  м.

При решении задачи тело принять за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.

Найти  $\ell$  и  $y=f(x)$ .

Вариант 3. Лыжник подходит к точке А участка трамплина АВ, наклоненного под углом  $\alpha=20^\circ$  к горизонту и имеющего длину  $\ell$ , со скоростью  $v_A$ . Коэффициент трения скольжения лыж на участке АВ равен  $f=0,1$ . Лыжник от А до В движется  $t=0,2$  с.; в точке В со скоростью  $v_B$  он покидает трамплин. Через Т с лыжник приземляется со скоростью  $v_C$  в точке С горы, составляющей угол  $\beta=30^\circ$  с горизонтом.  $h = 40$  м.

При решении задачи принять лыжника за материальную точку и не учитывать сопротивление воздуха.

Найти  $\ell$  и  $v_C$ .

Вариант 4. Лыжник подходит к точке А участка трамплина АВ, наклоненного под углом  $\alpha=15^\circ$  к горизонту и имеющего длину  $\ell$ , со скоростью  $v_A$ . Коэффициент трения скольжения лыж на участке АВ равен  $f=0,1$ . Лыжник от А до В движется  $t$  с; в точке В со скоростью  $v_B$  он покидает трамплин. Через  $T=0,3$  с. лыжник приземляется со скоростью  $v_C$  в точке С горы, составляющей угол  $\beta=45^\circ$  с горизонтом.  $h = 30$  м.

При решении задачи принять лыжника за материальную точку и не учитывать сопротивление воздуха.

Найти  $v_B$  и  $v_A$ .

Вариант 5. Имея в точке А скорость  $v_A=0$  м/с, мотоцикл поднимается  $t$  с по участку АВ длиной  $\ell=40$  м., составляющему с горизонтом угол  $\alpha=30^\circ$ . При постоянной на всем участке АВ движущей силе  $P \neq 0$  мотоцикл в точке В приобретает скорость  $v_B=4,5$  м/с и перелетает через ров шириной  $d=3$  м., находясь в воздухе Т с и приземляясь в точке С со скоростью  $v_C$ . Масса мотоцикла с мотоциклистом равна  $m$ .

При решении задачи считать мотоцикл с мотоциклистом материальной точкой и не учитывать силы сопротивления движению.

Найти Т и  $h$ .

Вариант 6. Имея в точке А скорость  $v_A=0$  м/с, мотоцикл поднимается  $t=20$  с. с по участку АВ длиной  $\ell$ , составляющему с горизонтом угол  $\alpha=30^\circ$ . При постоянной на всем участке АВ движущей силе  $P$  мотоцикл в точке В приобретает скорость  $v_B$  и перелетает через ров шириной  $d=3$  м., находясь в воздухе Т с и приземляясь в точке С со скоростью  $v_C$ . Масса мотоцикла с мотоциклистом равна  $m=400$  кг.  $h = 1,5$  м.

При решении задачи считать мотоцикл с мотоциклистом материальной точкой и не учитывать силы сопротивления движению.

Найти  $P$  и  $\ell$ .

Вариант 7. Камень скользит в течение  $t$  с по участку АВ откоса, составляющему угол  $\alpha=30^\circ$  с горизонтом и имеющему длину  $\ell=3$  м. Его начальная скорость  $v_A=1$  м/с. Коэффициент трения скольжения камня по откосу равен  $f=0,2$ . Имея в точке В скорость  $v_B$ , камень через Т с ударяется в точке С о вертикальную защитную стену.

При решении задачи принять камень за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.  $d=2,5$  м.

Найти  $h$  и Т.

Вариант 8. Камень скользит в течение  $t=1,5$  с. по участку АВ откоса, составляющему угол  $\alpha=15^\circ$  с горизонтом и имеющему длину  $\ell=3$  м. Его начальная скорость  $v_A$ . Коэффициент трения скольжения камня по откосу равен  $f \neq 0$ . Имея в точке В скорость  $v_B=3$  м/с, камень через Т с ударяется в точке С о вертикальную защитную стену. При решении задачи принять камень за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.  $d=2$  м.

Найти  $v_A$  и  $h$ .

Вариант 9. Тело движется из точки А по участку АВ (длиной  $\ell$ ) наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha=30^\circ$  с горизонтом. Его начальная скорость  $v_A=1$  м/с. Коэффициент трения скольжения равен  $f=0,1$ . Через  $t=1,5$  с. тело в точке В со скоростью  $v_B$  покидает наклонную плоскость и падает на горизонтальную плоскость в точку С со скоростью  $v_C$ ; при этом оно находится в воздухе Т с.

При решении задачи принять тело за материальную точку и не учитывать сопротивление воздуха.

Найти  $v_B$  и  $d$ .

Вариант 10. Тело движется из точки А по участку АВ (длиной  $\ell=6$  м.) наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha=30^\circ$  с горизонтом. Его начальная скорость  $v_A=0$ . Коэффициент трения скольжения равен  $f=0,2$ . Через  $t$  с тело в точке В со скоростью  $v_B$  покидает наклонную плоскость и падает на горизонтальную плоскость в точку С со скоростью  $v_C$ ; при этом оно находится в воздухе Т с.  $h = 4,5$  м.

При решении задачи принять тело за материальную точку и не учитывать сопротивление воздуха.

Найти  $t$  и  $v_C$ .

Вариант 11. Имея в точке А скорость  $v_A=7$  м/с, тело движется по горизонтальному участку АВ длиной  $\ell=8$  м. в течение  $t$  с. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен  $f=0,2$ . Со скоростью  $v_B$  тело в точке В покидает плоскость и попадает в точку С со скоростью  $v_C$ , находясь в воздухе Т с. При решении задачи принять тело за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.  $h = 20$  м.

Найти  $d$  и  $v_C$ .

Вариант 12. Имея в точке А скорость  $v_A$ , тело движется по горизонтальному участку АВ длиной  $\ell=3$  м. в течение  $t$  с. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен  $f=0,3$ . Со скоростью  $v_B=3$  м/с тело в точке В покидает плоскость и попадает в точку С со скоростью  $v_C$ , находясь в воздухе  $T$  с. При решении задачи принять тело за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.  $h = 5$  м.

Найти  $v_A$  и  $T$ .

### 3. Устный опрос

Темы 9, 10, 11, 12, 13

- 1) Какая система отсчёта называется инерциальной?
- 2) Сформулируйте второй закон Ньютона.
- 3) Сформулируйте две основные задачи динамики материальной точки.
- 4) Каков порядок решения обратной задачи динамики материальной точки?
- 5) Сформулируйте принцип относительности классической механики.
- 6) Какие существуют виды прямолинейных колебаний материальной точки?
- 7) Когда затухающее движение материальной точки является колебательным, а когда - аperiodическим?
- 8) Как определяется центр масс системы материальных точек?
- 9) Как определяется потенциальное силовое поле?
- 10) По каким формулам можно найти элементарную работу силы?

### Зачет

Вопросы к зачету:

Динамика

1. Предмет и основные задачи динамики. Основные понятия и законы классической механики. Инерциальная система отсчёта. Принцип относительности классической механики. Основные представления о пространстве и времени.
2. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в инерциальной системе отсчёта при различных способах задания движения. Силы в динамике.
3. Теорема об изменении количества движения материальной точки.
4. Вторая основная задача динамики для точки и её решение в частных случаях задания силы. Прямолинейное движение материальной точки под действием силы, зависящей от времени; прямолинейное движение материальной точки под действием силы, зависящей от положения точки; прямолинейное движение материальной точки под действием силы, зависящей от скорости точки.
5. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. Случай сохранения момента количества движения материальной точки.
6. Элементарная работа силы; работа на конечном пути.
7. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.
8. Потенциальные силы. Силовое поле, условия потенциальности силового поля. Закон сохранения механической энергии материальной точки.
9. Интеграл энергии. Понятие о рассеивании полной механической энергии.
10. Потенциальная энергия силы тяжести. Потенциальная энергия поля центральных сил. Потенциальная энергия восстанавливающей силы пружины.
11. Колебательное движение материальной точки. Свободные незатухающие колебания материальной точки. Уравнение и график свободных колебаний. Амплитуда, частота и фаза колебаний.
12. Затухающие колебания материальной точки. Зависимость координаты материальной точки от времени при затухающих колебаниях (случай малого сопротивления, случай большого сопротивления). Аperiodическое движение точки.
13. Вынужденные колебания материальной точки. Вынужденные колебания при отсутствии со-противления. Коэффициент динамичности. Явление биений.
14. Вынужденные колебания материальной точки. Вынужденные колебания при отсутствии со-противления и при  $p = \omega$ . Явление резонанса.
15. Колебательное движение материальной точки. Вынужденные колебания при наличии вязкого сопротивления. Определение общего решения неоднородного дифференциального уравнения вы-нужденных колебаний.
16. Амплитуда, частота и фаза вынужденных колебаний.
17. Динамика несвободной материальной точки. Связи. Принцип освобожденности от связи.
18. Теорема об изменении кинетической энергии для несвободного движения.
19. Дифференциальные уравнения движения материальной точки по заданной неподвижной кривой.
20. Математический маятник. Вывод формулы периода колебаний математического маятника.
21. Основное уравнение динамики относительного движения; переносная и Кориолисова силы инерции. Относительное равновесие.
22. Теорема об изменении кинетической энергии в относительном движении.
23. Механическая система; классификация сил, действующих на систему. Свойства внутренних сил. Масса системы, центр масс. Момент инерции тела.
24. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
25. Теорема о движении центра масс системы.



26. Теорема об изменении количества движения механической системы. Интеграл количества движения механической системы.

27. Момент количества движения механической системы (кинетический момент) относительно неподвижного центра и относительно неподвижной оси. Теорема об изменении кинетического момента. Интеграл кинетического момента.

28. Кинетическая энергия механической системы и способы её вычисления. Кинетическая энергия твёрдого тела в различных случаях движения. Момент инерции твёрдого тела.

29. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.

30. Работа (элементарная работа силы, полная работа силы, сумма элементарных работ сил, сумма полных работ сил). Условия, при которых соблюдается закон сохранения полной механической энергии системы со связями.

#### **Семестр 4**

##### **Текущий контроль**

##### **1. Лабораторные работы**

Темы 19, 21, 22, 23, 24

Лабораторная работа ♦1. "Испытание материалов на растяжение".

Изучение поведения металла под действием нагрузки проводится путем испытания стандартных образцов на специальных испытательных машинах. В результате испытаний определяются механические характеристики материала, которые позволяют оценить его прочность и пластичность.

Лабораторная работа ♦2. "Испытание материалов на сжатие".

Экспериментальное определение механических характеристик и исследование особенностей деформирования и разрушения на сжатие. Испытания стандартных образцов проводятся на специальных машинах.

Лабораторная работа ♦3. "Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона материалов".

Поясняется механический смысл модуля упругости и коэффициента Пуассона, а также метод их экспериментального определения.

Лабораторная работа ♦4. "Испытание материалов на срез".

Дается описание основных гипотез, на которых основан теоретический расчет болтовых соединений. Приводятся расчетные схемы и формулы. Дается схема испытательной машины.

Лабораторная работа ♦5. "Испытание материалов на кручение".

Испытание проводится на стандартных образцах различных материалов на специальных машинах. Определяются пределы прочности при кручении.

Лабораторная работа ♦6. "Определение напряжений и прогибов при плоском изгибе балки".

Описана экспериментальная установка для определения нормальных напряжений и вертикальных перемещений (прогибов) балки. При измерении нормальных напряжений использованы датчики омического сопротивления, а прогибов – индикаторы часового типа. В заключение работы проводится сравнение теоретических и экспериментальных результатов.

Лабораторная работа ♦7. "Изучение плоского и косоугольного изгиба балки".

Приобретение навыков, позволяющих на практике различать два типа изгиба – плоский и косоугольный. Приводятся основные теоретические положения. Определение перемещений экспериментальным путем и сравнение их с аналогичными теоретическими величинами.

Лабораторная работа ♦8. "Определение перемещений и напряжений кривого бруса".

Экспериментальное определение перемещений и напряжений кривого бруса в сравнении с теоретическими расчетами.

Лабораторная работа ♦9. "Определение нормальных напряжений при внецентренном растяжении".

Даны теоретические сведения по данной теме. Описан порядок проведения работы. Экспериментальные данные сравниваются с теоретическими.

Лабораторная работа ♦10. "Определение критической силы для центрально-сжатого стержня".

Рассматривается стержень с шарнирно-закрепленными концами под действием продольной сжимающей силы. Фиксируется та нагрузка, при которой происходит потеря устойчивости.

##### **2. Письменное домашнее задание**

Темы 18, 19, 20, 21, 22, 23

Задание ♦1. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях стержня.

Задание ♦2. Продольные и поперечные деформации при растяжении (сжатии). Закон Гука. Расчет на прочность при растяжении. Определение допускаемых напряжений.

Задание ♦3. Построение эпюр внутренних сил при растяжении.

Задание ♦4. Построение эпюр крутящих моментов при кручении. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения.

Задание ♦5. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при плоском изгибе. Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  при плоском изгибе. Вытекающие из них следствия.

Задание ♦6. Определение нормальных напряжений при чистом изгибе.

Задание ♦7. Поперечный изгиб. Формула Журавского. Определение напряжений в поперечном сечении сплошного и пустотелого круглых валов.

Задание ♦8. Построение эпюр внутренних сил для плоских рам. Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  при плоском изгибе. Способы проверки правильности построения эпюр.

Задание ♦9. Косой изгиб.

Задание ♦10. Изгиб с растяжением или сжатием.

Задание ♦11. Внецентренное растяжение или сжатие.

Задание ♦12. Изгиб с кручением.

Задание ♦13. Плоское напряженное состояние.

## РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЁСТКОСТЬ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ.

Для заданных расчётных схем требуется:

1. Определить опорные реакции.
2. Записать уравнения поперечных сил и изгибающих моментов для всех участков балки.
3. Вычислить значения поперечных сил и изгибающих моментов в характерных сечениях балки. Установить опасное сечение и расчётные значения внутренних усилий.
4. Подобрать стальную балку стандартного двутаврового профиля по максимальным нормальным напряжениям и проверить прочность балки по максимальным касательным напряжениям. Провести полную проверку прочности по главным напряжениям используя 4-ю теорию прочности.
5. Записать универсальное уравнение функции прогибов и углов поворота для всех участков балки.
6. Вычислить значения углов поворота сечения и прогибов балки и построить их эпюры. Ординаты эпюр вычислить не менее чем в четырёх сечениях на каждом участке.
7. Проверить балку на жёсткость по максимальным прогибам консоли и пролёта. При недостаточной жёсткости подобрать новое сечение.
8. Оформить расчётно-проектировочную записку. Расчётные схемы и эпюры с обозначением числовых размеров и ординат в характерных точках (в том числе и экстремальные значения ординат) выполнить на вкладышах с соблюдением всех требований технического черчения.

## ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ.

Для заданных расчетных схем требуется:

1. Определить опорные реакции, если это необходимо.
2. Записать уравнения продольных (осевых) сил, крутящих моментов, поперечных сил и изгибающих моментов для всех участков заданной схемы.
3. Вычислить значения продольных (осевых) сил, крутящих моментов, поперечных сил и изгибающих моментов в сечениях через один метр. Для участков, где имеет место нелинейный закон изменения внутренних усилий, ординаты эпюр вычислить не менее чем в четырех сечениях.
4. Произвести проверку эпюр на основе известных дифференциальных зависимостей, этот анализ кратко изложить в расчётно-пояснительной записке.
5. Установить опасное сечение и расчетные значения внутренних усилий.
6. Оформить расчётно-пояснительную записку. Расчётные схемы и эпюры внутренних усилий с обозначением числовых размеров и ординат в характерных точках (в том числе и экстремальные значения ординат) выполнить на вкладышах с соблюдением всех требований технического черчения.

### 3. Устный опрос

Темы 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

- 1) Перечислите и сформулируйте основные гипотезы сопротивления материалов.
- 2) Как классифицируются внешние нагрузки?
- 3) Сформулируйте определения стержня, пластины, оболочки.
- 4) Как применяется метод сечений?
- 5) Что такое эпюра?
- 6) Как определяются напряжения в поперечных сечениях?
- 7) Как определяются напряжения в наклонных сечениях?
- 8) Как формулируется закон Гука при растяжении?
- 9) Перечислите виды напряженного состояния.
- 10) Как изменяется объём материала при деформации?
- 11) Когда сдвиг называется чистым?
- 12) Как определяется угол закручивания?
- 13) Как распределяются напряжения в прямоугольном сечении?
- 14) Как распределяются напряжения в двутавровом сечении?



- 15) В чём суть метода начальных параметров?
- 16) Когда изгиб является косым?
- 17) Как определяются напряжения при внецентренном растяжении или сжатии?
- 18) В каком случае состояние равновесия упругой системы является устойчивым?
- 19) В каком случае состояние равновесия упругой системы является неустойчивым?
- 20) Какие перемещения балки существуют при изгибе?

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

- 1) Растяжение-сжатие прямолинейных стержней.
- 2) Напряжения в поперечных сечениях стержней при растяжении-сжатии
- 3) Напряжения в сечениях, наклоненных к поперечному сечению при растяжении-сжатии
- 4) Продольные и поперечные деформации при растяжении-сжатии.
- 5) Закон Гука при растяжении-сжатии.
- 6) Модуль упругости. Коэффициент Пуассона.
- 7) Определение осевых перемещений при растяжении-сжатии.
- 8) Определение удлинения стержня при растяжении-сжатии.
- 9) Растяжение-сжатие с учетом собственного веса.
- 10) Подбор сечений с учетом собственного веса при растяжении-сжатии.
- 11) Испытания материалов на растяжение.
- 12) Основные механические характеристики материала.
- 13) Расчёт на прочность при растяжении-сжатии.
- 14) Определение допускаемых напряжений.
- 15) Статически неопределимые системы. Степень статической неопределимости.
- 16) Пример решения статически неопределимой системы, работающей на растяжение-сжатие.
- 17) Пример решения статически неопределимой системы, работающей на растяжение-сжатие с учетом неточности изготовления.
- 18) Пример решения статически неопределимой системы, работающей на растяжение-сжатие с учетом изменения температуры.
- 19) Напряженное состояние в точке.
- 20) Виды напряженного состояния
- 21) Плоское напряженное состояние.
- 22) Закон парности касательных напряжений.
- 23) Определение напряжений на наклонных площадках при плоском напряженном состоянии.
- 24) Определение положения главных площадок при плоском напряженном состоянии.
- 25) Определение величин главных напряжений при плоском напряженном состоянии.
- 26) Пространственное напряженное состояние.
- 27) Компоненты тензора напряжений.
- 28) Определение положения главных площадок при пространственном напряженном состоянии.
- 29) Определение величин главных напряжений при пространственном напряженном состоянии.
- 30) Определение напряжений на произвольных наклонных площадках по известным напряжениям на главных площадках при пространственном напряженном состоянии.
- 31) Деформированное состояние в точке.
- 32) Главные деформации.
- 33) Закон Гука при пространственном напряженном состоянии.
- 34) Изменение объема материала при деформации.
- 35) Удельная потенциальная энергия при пространственном напряженном состоянии.
- 36) Экстремальные касательные напряжения. Понятие о чистом сдвиге.
- 37) Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге.
- 38) Зависимость между модулями упругости  $E$  и  $G$  для изотропного материала.
- 39) Кручение. Напряжения и деформации.
- 40) Расчёт на прочность и жёсткость вала.
- 41) Первая и вторая теории прочности.
- 42) Третья теория прочности.
- 43) Четвертая теория прочности.
- 44) Изгиб. Плоский изгиб. Чистый изгиб. Примеры чистого изгиба.
- 45) Определение нормальных напряжений при плоском поперечном изгибе. Нулевая линия. Распределение нормальных напряжений по высоте сечения.
- 46) Определение касательных напряжений при плоском поперечном изгибе. Формула Журавского. Распределение касательных напряжений по высоте сечения.
- 47) Расчёт на прочность при плоском поперечном изгибе балки.
- 48) Определение перемещений при плоском изгибе балок.

- 49) Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Формулы угла поворота и прогиба. Граничные условия. Расчёт на жёсткость.
- 50) Сочетания основных деформаций. Изгиб с растяжением или сжатием.
- 51) Сочетания основных деформаций. Изгиб и кручение.
- 52) Сопротивление усталости.
- 53) Прочность при динамических нагрузках.
- 54) Устойчивость сжатых стержней.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 2</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	30
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	3	10
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	30

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	3	10
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 4</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	20
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	20
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	3	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями и предоставленных доступов НЧИ КФУ;

- в печатном виде - в фонде библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационно-образовательный портал "Ореанда" - <https://bcoreanda.com/>

Открытое образование - <https://openedu.ru/>

Проект по онлайн-обучению "Coursera" - <https://www.coursera.org/>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Систематизированные знания по изучаемой дисциплине закладываются на лекционных занятиях, посещение которых учащимися обязательно. В ходе лекции они внимательно следят за ходом изложения материала лектора, аккуратно ведут конспект. Конспектирование лекции - одна из форм активной самостоятельной работы, требующая навыков и умений кратко, последовательно и логично формировать положения тем. Неясные моменты выясняются в конце занятия в отведенное на вопросы время. Рекомендуется в кратчайшие сроки после ее прослушивания проработать материал, а конспект дополнить и откорректировать. Последующая работа над текстом лекции воспроизводит в памяти ее содержание, позволяет дополнить запись, выделить главное, творчески закрепить материал в памяти. Контроль конспектирования лекционного материала студентов может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
практические занятия	Посещение и работа студента на практическом занятии позволяет в процессе решения практических задач и коллективного обсуждения результатов их решения глубже усвоить теоретические положения, сформировать отдельные практические умения и навыки, научиться правильно обосновывать методику выполнения расчетов, четко и последовательно проводить расчеты, формулировать выводы и предложения. Работа на практическом занятии дает возможность студенту всесторонне изучить дисциплину и подготовиться для самостоятельной работы. В процессе выполнения аудиторных практических работ студент подтверждает полученные знания, умения и навыки, которые формируют соответствующие компетенции. Контроль результатов практических занятий студентов может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
лабораторные работы	Лабораторные занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. Контроль результатов выполненных лабораторных работ студентов может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приёма преподавателя, заочные консультации (посредством электронной почты). Контроль результатов выполненных самостоятельных работ студентов может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
контрольная работа	При выполнении контрольной работы необходимо вспомнить ход решения аналогичных задач на практических занятиях. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Контрольная работа может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
письменное домашнее задание	При выполнении письменных домашних заданий необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи, а затем приступить к расчетам и сделать качественный вывод. Контроль выполнения письменного домашнего задания студентами может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .

Вид работ	Методические рекомендации
устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. Устный опрос студентов может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
зачет	При подготовке к зачёту необходимо опираться на лекции, а также на знания и умения, полученные на практических занятиях в течение семестра. Каждый зачётный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Студент, показавший высокий уровень владения знаниями, умениями и навыками по предложенному вопросу, считается успешно освоившим учебный курс. В случае большого количества затруднений при раскрытии вопроса студенту предлагается повторная подготовка и перезачёт. Зачет может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .
экзамен	Завершающим этапом изучения дисциплины является промежуточная аттестация в виде письменного (устного) экзамена по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. При этом студент должен показать все те знания, умения и навыки, которые он приобрел в процессе текущей работы по изучению дисциплины. Дисциплина считается освоенной студентом, если он в полном объеме сформировал установленные компетенции и способен выполнять указанные в данной программе основные виды профессиональной деятельности. Освоение дисциплины должно позволить студенту осуществлять как аналитическую, так и научно-исследовательскую деятельность, что предполагает глубокое знание теории и практики данного курса. Экзамен может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" или "Виртуальная аудитория" в личном кабинете сайта <a href="https://kpfu.ru">https://kpfu.ru</a> .

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;



- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности: 08.05.01 "Строительство уникальных зданий и сооружений" и специализации "Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений".



### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Специальность: 08.05.01 - Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений

Квалификация выпускника: инженер-строитель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

#### Основная литература:

1. Яблонский А. А. Курс теоретической механики : учебник / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. - 16-е изд, стер. - Москва : КноРус, 2011. - 608 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 597. - Рек. УМО. - Прил.: с .596-597. - Предм. указ.: 598-603. - В пер. - ISBN 978-5-406-01977-1. - Текст: непосредственный. (217 экз)
2. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике : учебное пособие / И.В. Мещерский ; под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. - 52-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-4190-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/115729> (дата обращения: 29.07.2020).- - Текст : электронный
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике : учебное пособие для втузов / А. А. Яблонский [и др.] ; под ред. А. А. Яблонский. - 17-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2010. - 392 с. : ил., схемы. - Библиогр.: с. 382-383. - Гриф МО СССР. - В пер. - ISBN 978-5-390-00611-5. - Текст: непосредственный. (384экз.)

#### Дополнительная литература:

1. Диевский В. А. Теоретическая механика. Интернет-тестирование базовых знаний : учебное пособие/ В.А. Диевский, А.В Диевский.- Санкт- Петербург: Издательство 'Лань', 2010. - 144 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). -ISBN 978-5-8114-1058-3.- URL: <https://e.lanbook.com/book/128> (дата обращения: 30.07.2020)..- Текст : электронный
2. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 1. Статика и кинематика : учебное пособие / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон.- 12-е изд., стер. - Санкт- Петербург: Издательство 'Лань', 2013. - 672 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1022-4 (Общий).- ISBN 978-5-8114-1035-4 (Том 1)- URL: <https://e.lanbook.com/book/4551> (дата обращения: 27.07.2020).- Текст : электронный
3. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 2. Динамика : учебное пособие / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон.- 12-е изд., стер. - Санкт- Петербург: Издательство 'Лань', 2013. - 640 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).- ISBN 978-5-8114-1022-4 (Общий).- ISBN 978-5-8114-1021-7 (Том 2). - URL: <https://e.lanbook.com/book/4552> (дата обращения: 30.07.2020).- Текст : электронный
4. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики : учебник для втузов / С. М. Тарг. - 12-е изд., стер. - Москва : Высшая школа, 2002. - 416 с. : ил., табл. - Предм. указ.: с. 409-411. - Рек. МО. - В пер. - ISBN 5-06-004329-0. - Текст: непосредственный. (91 экз.)
5. Байрамов Ф.Д. Краткий курс по кинематике точки: учебное пособие/ Ф. Д. Байрамов, Б. Ф. Байрамов, А. Р. Фардеев. - Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2014. - 30 с. - Текст: непосредственный. ( Кафедра МиК 50 экз.)
6. Байрамов Ф.Д. Сложное движение точки: методические указания/ Ф. Д. Байрамов, А. М. Абдуллина, А. Р. Фардеев. - Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2004. - 25 с. - Текст: непосредственный. ( Кафедра МиК 50 экз.)
7. Байрамов Ф.Д. Теория моментов и пар сил: методические указания к практическим занятиям/ Ф. Д. Байрамов, А. М. Абдуллина, А. Р. Фардеев.. - Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2004. - 21 с. - Текст: непосредственный. ( Кафедра МиК 50 экз.)
8. Байрамов Ф.Д. Теоретическая механика: рабочая программа, методические указания и примеры выполнения задач контрольных работ для студентов заочной формы обучения/ Ф. Д. Байрамов, М. Х. Мурсалимов, Р. Г. Хакимов. - Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2003. - 134 с. - Текст: непосредственный. ( Кафедра МиК 50 экз.)
9. Байрамов Б.Ф. Краткий курс теоретической механики. Часть 1. Статика: учебное пособие/ Ф. Д. Байрамов, Б. Ф. Байрамов . - Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2017. - 111 с. - Текст: непосредственный. ( Кафедра МиК 50 экз.)

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.13 Теоретическая механика и сопротивление  
материалов

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Специальность: 08.05.01 - Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений

Квалификация выпускника: инженер-строитель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.