

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора  
образовательной деятельности  
НЧИ КФУ

Н.Д. Ахметов

«31» августа 2020 г.

**Программа дисциплины**

Теоретическая и прикладная механика

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: отсутствует

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

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)
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 разработали профессор, д.техн.н. (профессор) Байрамов Ф.Д. (Кафедра механики и конструирования, Автомобильное отделение), [FDVajramov@kpfu.ru](mailto:FDVajramov@kpfu.ru); доцент, к.н. Байрамов Б.Ф. (Кафедра механики и конструирования, Автомобильное отделение), [BFVajramov@kpfu.ru](mailto:BFVajramov@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:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1	Способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Способы самоорганизации и самообразования.

Базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

Должен уметь:

Применять способы самоорганизации и самообразования.

Использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

Должен владеть:

Способностью к самоорганизации и самообразованию.

Способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 "Прикладная математика и информатика ()" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### **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 2 зачетные единицы на 72 часа.

Контактная работа - 36 часов, в том числе лекции - 18 часов, практические занятия - 0 часов, лабораторные работы - 18 часов, контроль самостоятельной работы - 0 часов.

Самостоятельная работа - 36 часов.

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часов.

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 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	
1.	Тема 1. Теоретическая механика. Введение. Кинематика точки.	3	1	0	1	2
2.	Тема 2. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.	3	1	0	1	2
3.	Тема 3. Плоское движение твёрдого тела.	3	1	0	1	2
4.	Тема 4. Сложное движение точки.	3	1	0	1	2
5.	Тема 5. Статика. Основные понятия и аксиомы статики. Система сходящихся сил.	3	1	0	1	2
6.	Тема 6. Теория моментов и пар сил. Равновесие абсолютно твёрдого тела.	3	1	0	1	2
7.	Тема 7. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.	3	1	0	1	2
8.	Тема 8. Введение в динамику. Законы Ньютона. Задачи динамики.	3	1	0	1	2
9.	Тема 9. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.	3	1	0	1	2
10.	Тема 10. Прямолинейные колебания точки.	3	1	0	1	2
11.	Тема 11. Система материальных точек.	3	1	0	1	2
12.	Тема 12. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.	3	1	0	1	2
13.	Тема 13. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.	3	1	0	1	2
14.	Тема 14. Теория машин и механизмов. Структура и классификация механизмов.	3	1	0	1	2
15.	Тема 15. Кинематический анализ механизмов.	3	1	0	1	2
16.	Тема 16. Соппротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.	3	1	0	1	2
17.	Тема 17. Растяжение и сжатие прямого бруса.	3	1	0	1	2
18.	Тема 18. Детали машин. Механические передачи.	3	1	0	1	2
	Итого		18	0	18	36

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Теоретическая механика. Введение. Кинематика точки.**

Предмет и разделы дисциплины, их задачи. Кинематика точки. Координатный способ задания движения точки. Векторный способ задания движения точки. Естественный способ задания движения точки. Траектория и уравнение движения точки. Скорость и ускорения точки и их определение при различных способах задания движения.

**Тема 2. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.**

Кинематика твёрдого тела. Понятие об абсолютно твёрдом теле. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорости и ускорения точек твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

**Тема 3. Плоское движение твёрдого тела.**

Плоское движение твёрдого тела и движение плоской фигуры в её плоскости. Скорости и ускорения точек плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на поступательное движение вместе с полюсом и вращение вокруг полюса. Уравнения движения плоской фигуры. Теорема о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей.

**Тема 4. Сложное движение точки.**

Сложное движение точки. Абсолютное, относительное, переносное движения. Абсолютные, относительные, переносные скорости и ускорения. Теорема сложения скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Модуль и направление Кориолисова ускорения. Примеры на применение теорем о сложении скоростей и о сложении ускорений при поступательном и вращательном переносном движениях.

**Тема 5. Статика. Основные понятия и аксиомы статики. Система сходящихся сил.**

Предмет статики и её основные задачи. Основные определения и понятия статики. Аксиомы статики. Несвободное твёрдое тело. Связи. Реакции связей. Теорема о равновесии трёх непараллельных сил. Многоугольник сил. Система сходящихся сил: приведение к равнодействующей. Геометрические и аналитические условия равновесия.

**Тема 6. Теория моментов и пар сил. Равновесие абсолютно твёрдого тела.**

Теория моментов и пар сил. Момент силы относительно точки (центра). Момент силы относительно оси. Пара сил и её момент. Эквивалентность пар. Главный вектор и главный момент системы сил. Условия равновесия абсолютно твёрдого тела при действии различных систем сил. Статически определимые и статически неопределимые задачи.

**Тема 7. 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. Центр тяжести линии. Методы определения центров тяжести тел. Положение центра тяжести некоторых тел.

**Тема 8. Введение в динамику. Законы Ньютона. Задачи динамики.**

Основные понятия. Законы Ньютона. Дифференциальные уравнения движения точки. Прямая и обратная задачи динамики. Свободное падение тела без учёта сопротивления воздуха. Движение тела, брошенного под углом к горизонту, без учёта сопротивления воздуха. Движение падающего тела с учётом сопротивления воздуха.

**Тема 9. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.**

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

**Тема 10. Прямолинейные колебания точки.**

Виды колебательных движений материальной точки. Свободные колебания материальной точки. Свободные колебания груза, подвешенного к пружине. Примеры на свободные колебания.

Затухающие колебания материальной точки. Аперiodическое движение точки. Вынужденные колебания материальной точки. Явление биений. Явление резонанса.

### **Тема 11. 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.

### **Тема 12. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.**

Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы. Теоремы об изменении момента количества движения материальной точки и кинетического момента механической системы. Элементарная работа силы; работа на конечном пути. Работа силы тяжести и силы упругости. Потенциальные силы. Силовое поле, условия потенциальности силового поля. Теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы. Закон сохранения механической энергии материальной точки.

### **Тема 13. 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.

### **Тема 14. Теория машин и механизмов. Структура и классификация механизмов.**

Основные понятия механизма и машины, классификация машин. Элементы механизмов: звенья, кинематические пары, их классификация. Кинематические цепи. Степень подвижности плоских кинематических цепей. Механизм как частный случай кинематической цепи. Степень подвижности механизма. Понятие о пассивных связях и лишние степени свободы. Обзор основных видов механизмов. Кинематическая схема механизмов. Замена высших кинематических пар в плоском механизме цепями с низшими кинематическими парами. Начальный механизм. Группы Ассура и их классификация. Последовательность образования плоского механизма по Ассуру. Структурный анализ плоского механизма. Классификация плоских механизмов.

### **Тема 15. Кинематический анализ механизмов.**

Построение планов положений механизмов с двухповодковыми группами. Построение траекторий отдельных точек звеньев механизма. Метод планов скоростей и ускорений. Построение планов скоростей и ускорений для механизмов с двухповодковыми группами. Понятие об избыточных связях и местных подвижностях. Методы определения и устранения избыточных связей и местных подвижностей.

### **Тема 16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.**

Задачи и содержание курса "Сопротивление материалов". Основные гипотезы. Классификация внешних нагрузок: сосредоточенные и распределённые, поверхностные и объёмные, статические и динамические. Расчётные 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.

### **Тема 17. Растяжение и сжатие прямого бруса.**

Растяжение и сжатие прямого бруса. Напряжения в сечениях бруса. Продольные и поперечные деформации при растяжении (сжатии). Закон Гука при растяжении. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений. Расчёт на прочность при растяжении. Механические свойства материалов. Испытание материалов на растяжение. Основные механические характеристики материала. Определение допускаемых напряжений.

### **Тема 18. Детали машин. Механические передачи.**

Фрикционные передачи, принцип их работы, основные типы. Достоинства, недостатки и область применения. Передаточное соотношение. Редукторы и мультипликаторы, реверсивные

устройства, коробки передач и вариаторы скорости. Назначение редукторов, их классификация. Основные схемы редукторов и их особенности. Выбор типа редуктора. Мультипликаторы. Реверсивные устройства, основные виды. Коробки передач и вариаторы скорости, основные виды. Основные характеристики. Достоинства, недостатки, области применения. Зубчатые передачи. Общие сведения и классификация зубчатых передач. Достоинства и недостатки, области применения. Ременные передачи. Общее устройство. Достоинства, недостатки, области применения. Цепные передачи. Общие сведения. Достоинства и недостатки, области применения. Червячные передачи. Достоинства, недостатки, области применения.

## **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)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации. В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций; – механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## 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 библиотеке Набережночелнинского института 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 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 НЧИ 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" 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> .



Вид работ	Методические рекомендации
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> .
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 расчётам 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> .
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> .
зачет	При подготовке к зачёту необходимо опираться на лекции, а также на знания и умения, полученные на практических и лабораторных 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 зачёт. Зачёт может проводиться с использованием дистанционных технологий, например, в командах "Microsoft Teams" 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 и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории – помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектованные специальной мебелью и оборудованием.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Лабораторный комплекс ДМ-РП-010-4ЛР.

Лабораторный комплекс АЛК ДМ-ред.

Комплект типовых плакатов «ОК и ДМ».

Планшеты по редукторам, подшипникам, муфтам.

Планшет "Вариатор фрикционный дисковый".

Планшет "Ремни плоские, круглые, клиновые".

Планшет "Резьбовые соединения".

Планшет "Цепи".

Планшет "Валы и оси".

## **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 направлению 01.03.02 "Прикладная математика и информатика".

Приложение №1  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Теоретическая и прикладная механика

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем

**Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**  
Теоретическая и прикладная механика

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 – Прикладная математика и информатика  
Направленность (профиль) подготовки: нет  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очная  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю)
2. Критерии оценивания сформированности компетенций
3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию
4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания
  - 4.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
    - 4.1.1. Письменное домашнее задание. Темы 14-16
      - 4.1.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания
      - 4.1.1.2. Критерии оценивания
      - 4.1.1.3. Содержание оценочного средства
    - 4.1.2. Контрольная работа. Темы 1-4, 6-9, 11-13
      - 4.1.2.1. Порядок проведения и процедура оценивания
      - 4.1.2.2. Критерии оценивания
      - 4.1.2.3. Содержание оценочного средства
    - 4.1.3. Лабораторные работы. Темы 16-17
      - 4.1.3.1. Порядок проведения и процедура оценивания
      - 4.1.3.2. Критерии оценивания
      - 4.1.3.3. Содержание оценочного средства
  - 4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
    - 4.2.1. Зачет. Устный/письменный ответ на вопросы
      - 4.2.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания
      - 4.2.1.2. Критерии оценивания
      - 4.2.1.3. Оценочные средства

## 1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю)

Код и наименование компетенции	Проверяемые результаты обучения для данной дисциплины	Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации
<p>ОК-7 – способность к самоорганизации и самообразованию</p>	<p>Знать: способы самоорганизации и самообразования.                      Уметь: применять способы самоорганизации и самообразования.                      Владеть: способностью к самоорганизации и самообразованию.</p>	<p><b>Текущий контроль:</b>  <b>1. Письменное домашнее задание по темам:</b>                      14. Теория машин и механизмов. Структура и классификация механизмов.                      15. Кинематический анализ механизмов.                      16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.</p> <p><b>2. Контрольная работа по темам:</b>                      1. Теоретическая механика. Введение. Кинематика точки.                      2. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.                      3. Плоское движение твёрдого тела.                      4. Сложное движение точки.                      6. Теория моментов и пар сил. Равновесие абсолютно твёрдого тела.                      7. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.                      8. Введение в динамику. Законы Ньютона. Задачи динамики.                      9. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.                      11. Система материальных точек.                      12. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.                      13. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.</p>

		<p><b>3. Лабораторные работы по темам:</b>  16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.  17. Растяжение и сжатие прямого бруса.</p> <p><b>Промежуточная аттестация:</b>  Зачет, контрольные вопросы</p>
<p>ОПК-1 – способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой</p>	<p>Знать: базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.  Уметь: использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.  Владеть: способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.</p>	<p><b>Текущий контроль:</b>  <b>1. Письменное домашнее задание по темам:</b>  14. Теория машин и механизмов. Структура и классификация механизмов.  15. Кинематический анализ механизмов.  16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.</p> <p><b>2. Контрольная работа по темам:</b>  1. Теоретическая механика. Введение. Кинематика точки.  2. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.  3. Плоское движение твёрдого тела.  4. Сложное движение точки.  6. Теория моментов и пар сил. Равновесие абсолютно твёрдого тела.  7. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.  8. Введение в динамику. Законы Ньютона. Задачи динамики.  9. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.  11. Система материальных точек.  12. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.  13. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.</p> <p><b>3. Лабораторные работы по темам:</b></p>

		<p>16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.</p> <p>17. Растяжение и сжатие прямого бруса.</p> <p><b>Промежуточная аттестация:</b> Зачет, контрольные вопросы</p>
--	--	--

## 2. Критерии оценивания сформированности компетенций

Компетенция	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично) (86-100 баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85 баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70 баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительно) (0-55 баллов)
ОК-7	Знает оптимальные способы и методы самоорганизации и самообразования, а также сущность и назначения каждого способа для решения конкретной задачи.	Знает способы и методы самоорганизации и самообразования.	Знает некоторые способы и методы самоорганизации и самообразования.	Не знает способы и методы самоорганизации и самообразования.
	Умеет выбирать и применять оптимальные способы и методы самоорганизации и самообразования.	Умеет применять способы и методы самоорганизации и самообразования.	Умеет применять некоторые способы и методы самоорганизации и самообразования.	Не умеет применять способы и методы самоорганизации и самообразования.
	Владеет оптимальной способностью к самоорганизации и самообразованию, демонстрирует это владение для решения конкретной задачи.	Владеет способностью к самоорганизации и самообразованию.	Владеет частичной способностью к самоорганизации и самообразованию.	Не владеет способностью к самоорганизации и самообразованию.
ОПК-1	Знает на оптимальном уровне базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Знает базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Частично знает базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Не знает базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.
	Умеет на оптимальном уровне выбирать и использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные	Умеет использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные	Частично умеет использовать базовые знания естественных наук, математики и	Не умеет использовать базовые знания естественных наук, математики и

ственных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	тики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.
Превосходно владеет способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Владеет способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Частично владеет способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Не владеет способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

### 3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию

#### 3 семестр:

Текущий контроль:

Письменное домашнее задание (ОК-7, ОПК-2, ПК-11) – 20 баллов.

Письменное домашнее задание выполняется по следующим темам:

14. Теория машин и механизмов. Структура и классификация механизмов.
15. Кинематический анализ механизмов.
16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.

Контрольная работа (ОК-7, ОПК-2, ПК-11) – 20 баллов.

Контрольная работа проводится по следующим темам:

1. Теоретическая механика. Введение. Кинематика точки.
2. Поступательное движение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
3. Плоское движение твёрдого тела.
4. Сложное движение точки.
6. Теория моментов и пар сил. Равновесие абсолютно твёрдого тела.
7. Равновесие тела при наличии трения. Центр тяжести твёрдого тела.
8. Введение в динамику. Законы Ньютона. Задачи динамики.
9. Динамика несвободной точки, динамика относительного движения точки.
11. Система материальных точек.
12. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.
13. Приложения общих теорем динамики к твёрдому телу.

Лабораторные работы (ОК-7, ОПК-2, ПК-11) – 10 баллов.

Лабораторные работы проводятся по следующим темам:

16. Сопротивление материалов. Основные понятия. Эпюры внутренних усилий.
17. Растяжение и сжатие прямого бруса.

Итого 20+20+10=50 баллов.

Промежуточная аттестация – зачет.



Зачет состоит из двух частей: ответов на вопросы и решения задачи. Зачет проводится в устной и письменной форме по билетам, всего 89 вопросов. В билете по 2 вопроса и одной задаче, время, отведенное на ответы и решение – 1 час.

Контрольные вопросы – 30 баллов, по 15 баллов за ответ на каждый вопрос, задача – 20 баллов. Итого  $30 + 20 = 50$  баллов.

Общее количество баллов по дисциплине за текущий контроль и промежуточную аттестацию:  $50 + 50 = 100$  баллов.

Соответствие баллов и оценок:

**Для зачета:**

56-100 – зачтено

0-55 – не зачтено

#### **4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания**

##### **4.1. Оценочные средства текущего контроля**

##### **4.1.1. Письменное домашнее задание. Темы 14-16**

##### **4.1.1.1. Порядок проведения.**

Обучающиеся получают задания 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.

#### **СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА.**

Провести структурный анализ плоского рычажного механизма (схему на задание получить у преподавателя).

1. Определить, какие из звеньев являются кривошипом, шатуном, ползуном, кулисой, коромыслом. Наименование звеньев записать в таблицу основных результатов.

2. Вычертить одно из положений механизма в виде структурной схемы, при котором достаточно наглядно видны все звенья (не будет наложения одного звена на другое). Указать стрелкой направление вращения входного звена - кривошипа.

3. Пронумеровать звенья арабскими цифрами в порядке их присоединения к кривошипу (1,2,3 и т.д.).

4. Обозначить кинематические пары заглавными латинскими буквами в последовательности присоединения звеньев.

5. Определить:

- число подвижных звеньев ( $n$ );

- тип кинематических пар (В - вращательная, П- поступательная);

- количество одноподвижных ( $p_1$ ) и двухподвижных ( $p_2$ ) кинематических пар;

- степень подвижности  $W$  механизма;

- наличие пассивных связей и лишних степеней свободы;

Результаты занести в таблицу.

6. Разбить механизм на структурные группы Ассура и начальный механизм.

7. Вычертить структурные группы Ассура и начальный механизм с правильным обозначением кинематических пар и звеньев механизма, начиная с наиболее удаленной группы.

8. Определить для каждой группы Ассура класс, вид, степень подвижности и составить структурную формулу механизма.

9. Определить степень подвижности начального механизма и составить структурную формулу.

10. Составить структурную формулу для механизма в целом.

11. Определить класс всего механизма.

#### **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.

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 <https://kpfu.ru>.

#### **4.1.1.2. Критерии оценивания**

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Правильно выполнены все задания.
- Продемонстрирован высокий уровень владения материалом.
- Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки.
- Продемонстрирован хороший уровень владения материалом.
- Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки.
- Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом.
- Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

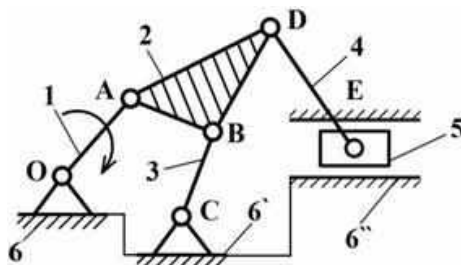
- Задания выполнены менее чем наполовину.
- Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом.
- Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

#### **4.1.1.3. Содержание оценочного средства**

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА.**

Анализ рычажного шестизвенника.

- 1) Структурная схема.



Назначение механизма: преобразовать вращательное движение кривошипа в поступательное движение ползуна с усложненным законом движения.

2) Звенья механизма.

Номер звена	Наименование	Подвижность звеньев	Число подвижных звеньев
1	кривошип	подвижное	n=5
2	шатун	– « » –	
3	коромысло	– « » –	
4	шатун	– « » –	
5	ползун	подвижное	
6	стойка	неподвижное	

3) Кинематические пары

Обозначение	Соединяемые элементы	Тип пары			Индекс пары	Число пар	
		вид движения	характер соединения	подвижность		однопо-движн.	двухпо-движн.
О	1,6	вращат.	низшая	однопо-движн.	<b><i>V</i>(1,6)</b>	p1=7	p2=0
А	2,1	– « » –	– « » –	– « » –	<b><i>V</i>(2,1)</b>		
В	3,2	– « » –	– « » –	– « » –	<b><i>V</i>(3,2)</b>		
С	3,6	– « » –	– « » –	– « » –	<b><i>V</i>(3,6)</b>		
Д	4,2	– « » –	– « » –	– « » –	<b><i>V</i>(4,2)</b>		
Е	5,4	вращат.	– « » –	– « » –	<b><i>V</i>(5,4)</b>		
Е	5,6	поступ.	Низшая	Одноподвижн	<b><i>II</i>(5,6)</b>		

4) Определение степени подвижности механизма:

$$W = 3 * n - 2 * p_1 - p_2 = 3 * 5 - 2 * 7 - 0 = 1$$

Лишних степеней свободы и пассивных связей нет.

5) Строение групп Ассур.

	<p>Последняя группа Ассур II класса, II порядка, 2-го вида</p> $W = 3 * 2 - 2 * 3 = 0$ <p>Структурная формула:</p> $\rightarrow II \left[ \frac{4;5}{V_D(4,2); V_E(5,4); II_E(5,6)} \right]$
	<p>Предпоследняя группа Ассур II класса, II порядка, 1-го вида</p> $W = 3 * 2 - 2 * 3 = 0$ <p>Структурная формула:</p>

	$\rightarrow \text{II} \left[ \frac{2,3}{B_A(1,2); B_B(2,3); B_C(3,6)} \right]$
	<p>Начальный механизм I класса  <math>W = 3 \cdot I - 2 \cdot I = 1</math>  Структурная формула:  <math>\rightarrow \text{I} \left[ \frac{1,6}{B_O(1,6)} \right]</math></p>

Структурная формула всего механизма:

$$\rightarrow \text{I} \left[ \frac{1,6}{B_O(1,6)} \right] \rightarrow \text{II} \left[ \frac{2,3}{B_A(1,2); B_B(2,3); B_C(3,6)} \right] \rightarrow \text{II} \left[ \frac{4,5}{B_D(4,2); B_E(5,4); H_F(5,6)} \right]$$

Данный механизм II класса, так как самый высокий класс группы Ассур – второй.

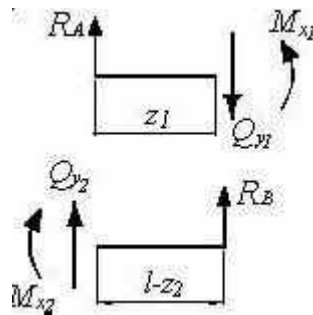
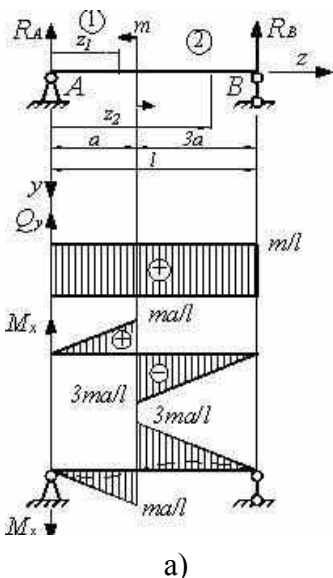
Контрольные вопросы

1. Что такое механизм, звено, кинематическая пара, кинематическая цепь, кинематическая схема, структурная схема?
2. Как подразделяются кинематические пары?
3. Что такое низшая и высшая кинематические пары?
4. Что такое степень подвижности механизма и как ее определить?
5. Как влияют пассивные связи на степень подвижности механизма?
6. Какие звенья образуют механизм I-го класса?
7. Как может быть образован механизм?
8. Что такое группа Ассур?
9. Как определить класс группы Ассур, ее порядок и вид?
10. Какие группы Ассур находят наибольшее распространение?
11. Как определить класс всего механизма?
12. В какой последовательности механизм разбивается на группы Ассур?

### ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ.

#### Пример 1.

Построить эпюры внутренних усилий  $Q_y$ ,  $M_x$  для балки (см. рис.).



**Решение.**

1. *Определение опорных реакций*

Из уравнений равновесия

$$\Sigma M_A = R_B l + m = 0, \quad \Sigma M_B = -R_A l + m = 0$$

Находим

$$R_A = -R_B = \frac{m}{l}$$

2. *Определение  $Q_y$ ,  $M_x$  методом сечений (рис. б) и построение эпюр*

Из уравнений равновесия отсеченных частей балки находим:

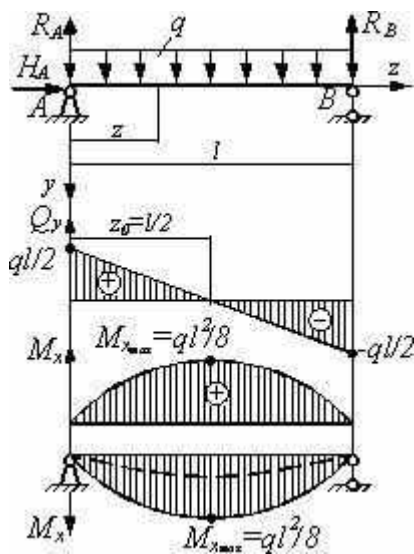
$$Q_{y1} = Q_{y2} = \frac{m}{l} = const, \quad M_{x1} = R_A z_1 = \frac{m}{l} z_1, \quad (0 < z_1 \leq a),$$

$$M_{x2} = R_B (l - z_2) = -\frac{m}{l} (4a - z_2), \quad (a \leq z_2 \leq 4a).$$

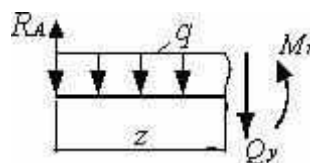
По полученным значениям строим эпюры (рис. а). Отметим, что сосредоточенный момент не повлиял на характер эпюры  $Q_y$ . На эпюре моментов сосредоточенный момент вызвал скачок на величину этого момента.

**Пример 2.**

Построить эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$  для балки (см. рис. а).



а)



б)

**Решение.**

1. *Определение опорных реакций*

Из уравнений равновесия

$$\Sigma M_A = R_B l - \frac{ql^2}{2} = 0,$$

$$\Sigma M_B = -R_A l + \frac{ql^2}{2} = 0,$$

$$\Sigma z = H_A = 0,$$

Находим

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2}, H_A = 0$$

## 2. Определение $Q_y$ , $M_x$ методом сечения и построение эпюр

Из уравнения равновесия отсеченной части балки (рис. б) находим

$$Q_y = R_A - qz = \frac{ql}{2} - qz, \quad M_x = R_A z - \frac{qz^2}{2} = \frac{ql}{2}z - \frac{qz^2}{2}$$

Как видно, график-эпюра  $Q_y$  – прямая линия, а  $M_x$  – квадратичная парабола. Полагая  $z = 0$  и  $z = l$ , находим значения усилий в этих точках.

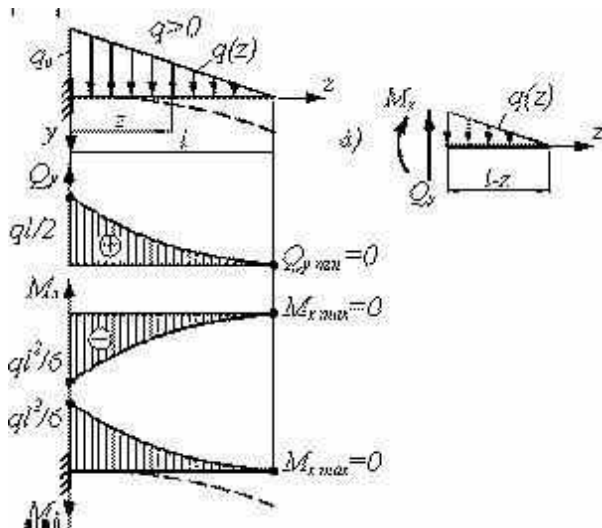
При  $z = 0$  значения внутренних усилий  $Q_y = \frac{ql}{2}$ ,  $M_x = 0$ , а при  $z = l$ :  $Q_y = -\frac{ql}{2}$ ,  $M_x = 0$ . Отметим, что в шарнирах моменты всегда равны нулю. На эпюре  $Q_y$  при  $z = z_0 = l/2$  перерезывающая сила  $Q_y = 0$ . Это признак экстремума на эпюре моментов. Вычислим при  $z = z_0$  максимум изгибающего момента

$$M_{x_{\max}} = \frac{ql^2}{8}$$

Откладываем полученное значение на графике-эпюре и проводим через три точки параболу. По правилу зонтика и дождика выпуклость параболы обращена кверху, а на перевернутой эпюре моментов – к низу. Эпюра моментов напоминает изогнутую ось балки, изображенную на рис. а пунктиром.

### Пример 3.

Построить эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$  для балки (см. рис. а).



а)

б)

## Решение.

Методом сечений (рис. б) находим

$$Q_y = \frac{1}{2}q(z)(l-z) = \frac{q_0 l}{2} \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2 = \frac{dM_x}{dz}, M_x = -\frac{1}{2}q(z)(l-z) \cdot \frac{1}{3}(l-z) = -\frac{q_0 l^2}{6} \left(1 - \frac{z}{l}\right)^3.$$

Поскольку

$$\frac{dQ_y}{dz} = \frac{d^2 M_x}{dz^2} = -q_0 \left(1 - \frac{z}{l}\right), \quad \frac{d^2 Q_y}{dz^2} = \frac{d^3 M_x}{dz^3} = \frac{q_0}{l} > 0,$$

то эпюра  $Q_y$  – квадратичная парабола, а  $M_x$  – кубическая.

$$\text{При } z=0, \quad Q_y = \frac{q_0 l^2}{2}, \quad M_x = -\frac{q l}{6}.$$

$$\text{При } z=l \text{ имеем } Q_y = 0, \quad M_x = 0.$$

Эпюра  $Q_y$  испытывает экстремум при  $z_0 = l$ , когда  $N_2 = 0$ ,  $Q_{y2} = P = qa$ ,  $M_{x2} = Pz_2 = qa z_2$ .

Выпуклость эпюры  $Q_y$  определяется знаком ее второй производной:

$$\frac{d^2 Q_y}{dz^2} = -\frac{dq}{dz} = \frac{q_0}{l} > 0.$$

Так как вторая производная возрастает, то выпуклость направлена вниз.

Экстремум эпюры моментов  $M_x$  имеет место в сечении, где  $Q_y = Q_{\max} = 0$ , т.е. на конце консоли при  $z_0 = l$ . В этом сечении  $M_x = M_{\min} = 0$ . Выпуклость кривой  $M_x$  определяется по знаку второй производной, то есть по правилу зонтика:

$$\frac{d^2 M_x}{dz^2} = \frac{dQ_y}{dz} = -q = -q_0 \left(1 - \frac{z}{l}\right) \leq 0.$$

В нашем случае выпуклость направлена вверх.

### 4.1.2. Контрольная работа. Темы 1-4, 6-9, 11-13

#### 4.1.2.1. Порядок проведения и процедура оценивания

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.

Контрольная работа состоит из трёх-четырёх задач. Задания 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;

б) 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.

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

Задачи по кинематике решаются аналитическим способом путём 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 расчётной 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. Проекция 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 даёт 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 твёрдого 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 М одного из колёс 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 М. Для этого записывают уравнения, связывающие вращательные движения касающихся окружностей, выраженные в равенстве линейных скоростей точек этих окружностей (окружности не проскальзывают друг по дружке!) при известной скорости точек одной из них.

3. По известным формулам определяют скорость, вращательную и центростремительную составляющие ускорения точки М, а также полное её ускорение.

4. Показав на рисунке механизма направления угловых скорости и ускорения колеса, на котором расположена точка М, проводят направления векторов скорости, центростремительного, вращательного и полного ускорений этой точки.

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

Приведём рекомендуемый порядок решения этих задач.

1. Находят мгновенный центр скоростей (МЦС) тела, совершающего плоское движение.

2. Определяют угловую скорость звена, которому принадлежат точки В и С (это звено совершает плоское движение).

3. Вычисляют скорости точек В и С, на рисунке показывают направления угловой скорости звена, совершающего плоское движение, векторов скоростей точек В и С.

4. Проверяют правильность вычислений модулей скоростей точек В и С.

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 получится 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 эти 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.

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 освобождённости 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 освобождённости 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 кинестатики 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;

б) 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.

При выполнении контрольной работы необходимо вспомнить ход решения аналогичных задач на практических занятиях. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, 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 <https://kpfu.ru>.

#### **4.1.2.2. Критерии оценивания**

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Правильно выполнены все задания.
- Продемонстрирован высокий уровень владения материалом.
- Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки.
- Продемонстрирован хороший уровень владения материалом.
- Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки.
- Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом.
- Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Задания выполнены менее чем наполовину.
- Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом.
- Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.

#### **4.1.2.3. Содержание оценочного средства**

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

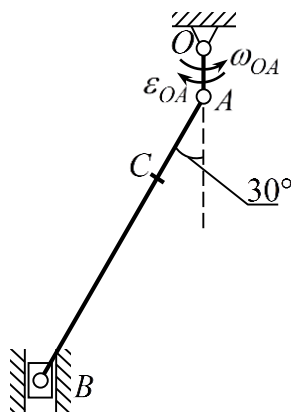
тел)", С.5 - "Равновесие с учётом сцепления (трения покоя)", С.7 - "Определение реакций опор твёрдого тела", С.8 - "Определение положения центра тяжести".

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".

### Пример решения задачи.

#### Задача К.3.

Дано: схема механизма в заданном положении:



Исходные данные:  $OA = 40$  см.,  $AB = 60$  см.,  $AC = 20$  см.,  $\omega_{OA} = 1,5$  рад/с,  $\epsilon_{OA} = 2$  рад/с<sup>2</sup>.

Решение:

1. Определение скоростей точек и угловой скорости звена.

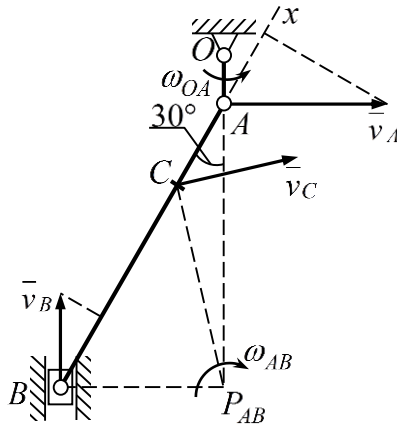
Вычислим модуль скорости пальца  $A$  кривошипа  $OA$  при заданном положении механизма:

$$v_A = \omega_{OA} \cdot OA.$$

Скорость точки  $A$  перпендикулярна кривошипу  $OA$ . Скорость ползуна  $B$  направлена по вертикали. Мгновенный центр скоростей  $P_{AB}$  шатуна  $AB$  находится в точке пересечения перпендикуляров, проведённых из точек  $A$  и  $B$  к их скоростям.

Угловая скорость звена  $AB$

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{AP_{AB}}.$$



Модули скоростей точек  $B$  и  $C$

$$v_B = \omega_{AB} \cdot BP_{AB}; \quad v_C = \omega_{AB} \cdot CP_{AB}.$$

Расстояния  $AP_{AB}$ ,  $BP_{AB}$  и  $CP_{AB}$  определяются из рассмотрения треугольников  $ABP_{AB}$  и  $ACP_{AB}$  :

$$AP_{AB} = 52 \text{ см.}; \quad BP_{AB} = 30 \text{ см.}; \quad CP_{AB} = 36,1 \text{ см.}$$

В соответствии с этим  $v_A = 15 \text{ см/с}$ ;  $\omega_{AB} = 0,29 \text{ рад/с}$ ;  $v_B = 8,7 \text{ см/с}$ ;  $v_C = 10,5 \text{ см/с}$ .

Вектор  $\vec{v}_C$  направлен перпендикулярно отрезку  $CP_{AB}$  в сторону, соответствующую направлению вращения звена  $AB$ .

Для проверки определим скорость точки  $B$  другим способом. Воспользуемся теоремой о равенстве проекций скоростей точек на ось, проведённую через эти точки.

Направим ось  $x$  вдоль шатуна  $AB$  в направлении от  $B$  к  $A$ .

Имеем

$$v_A \cdot \cos(\vec{v}_A, x) = v_B \cdot \cos(\vec{v}_B, x),$$

или, как видно из рисунка,

$$v_A \cdot \cos 60^\circ = v_B \cdot \cos 30^\circ.$$

Отсюда

$$v_B = 8,7 \text{ см/с.}$$

Полезно убедиться, что и найденная ранее скорость точки  $C$  удовлетворяет этой теореме.

2. Определение ускорений точек и углового ускорения звена.

Ускорение точки  $A$  складывается из вращательного и центростремительного ускорений:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^e + \vec{a}_A^y; \quad a_A^e = \varepsilon_{OA} \cdot OA; \quad a_A^y = \omega_{OA}^2 \cdot OA.$$

Согласно теореме об ускорениях точек плоской фигуры,

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{AB}^e + \vec{a}_{AB}^y,$$

или

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A^e + \bar{a}_A^y + \bar{a}_{AB}^e + \bar{a}_{AB}^y. \quad (1)$$

Центростремительное ускорение точки  $B$  во вращательном движении шатуна  $AB$  вокруг полюса  $A$

$$a_{AB}^y = \omega_{AB}^2 \cdot AB.$$

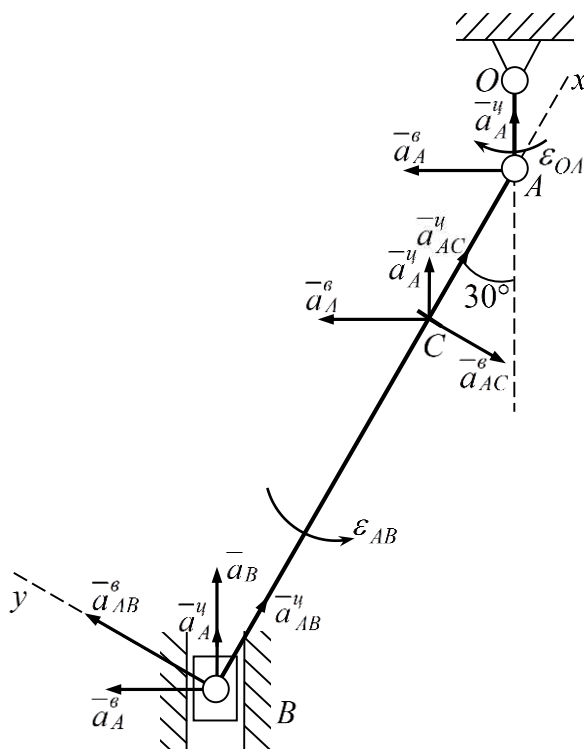
По приведённым формулам вычисляем

$$a_A^e = 20 \text{ см/с}^2; \quad a_A^y = 22,5 \text{ см/с}^2; \quad a_{AB}^y = 5 \text{ см/с}^2.$$

Вектор  $\bar{a}_A^y$  направлен от  $A$  к  $O$ . Вектор  $\bar{a}_A^e$  перпендикулярен вектору  $\bar{a}_A^y$  и направлен противоположно  $\bar{v}_A$  (вращение кривошипа  $OA$  – замедленное).

Вектор  $\bar{a}_{AB}^y$  направлен от  $B$  к  $A$ . Что касается ускорения  $\bar{a}_B$  точки  $B$  и вращательного ускорения  $\bar{a}_{AB}^e$ , то известны только линии действия этих векторов:  $\bar{a}_B$  – по вертикали вдоль направляющих ползуна,  $\bar{a}_{AB}^e$  – перпендикулярно  $AB$ .

Зададимся произвольно их направлениями по указанным линиям на рисунке.



Эти ускорения определим из уравнений проекций векторного равенства (1) на оси координат. Знак в ответе показывает, соответствует ли истинное направление вектора принятому при расчёте.

Выбрав направления осей  $x$  и  $y$ , как показано на рисунке, получаем:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = -a_A^e \cdot \cos 60^\circ + a_A^y \cdot \cos 30^\circ + a_{AB}^y; \quad (2)$$

$$a_B \cdot \cos 60^\circ = a_A^e \cdot \cos 30^\circ + a_A^y \cdot \cos 60^\circ + a_{AB}^e. \quad (3)$$

Из уравнения (2) находим



$$a_B = 16,7 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение  $\bar{a}_B$  направлено, как показано на рисунке.

Из уравнения (3) получаем

$$a_{AB}^e = -20,2 \text{ см/с}^2.$$

Направление ускорения  $\bar{a}_{AB}^e$  противоположно показанному на рисунке.

Угловое ускорение шатуна  $AB$  с учётом того, что здесь  $a_{AB}^e$  – алгебраическая величина, определяется по формуле

$$\varepsilon_{AB} = \frac{|a_{AB}^e|}{AB}.$$

Вычисляя, находим

$$\varepsilon_{AB} = 0,34 \text{ рад/с}^2.$$

Направление ускорения  $\bar{a}_{AB}^e$  относительно полюса  $A$  определяет направление углового ускорения  $\varepsilon_{AB}$ . Здесь под направлением углового ускорения понимается направление дуговой стрелки, которое при ускоренном вращении звена совпадает с направлением его вращения, а при замедленном – противоположно ему. В данном случае угловое ускорение противоположно направлению вращения шатуна.

Определяем ускорение точки  $C$  :

$$\bar{a}_C = \bar{a}_A^e + \bar{a}_A^y + \bar{a}_{AC}^e + \bar{a}_{AC}^y.$$

Вращательное и центростремительное ускорения точки  $C$  во вращательном движении  $AB$  вокруг полюса  $A$

$$a_{AC}^e = \varepsilon_{AB} \cdot AC; \quad a_{AC}^y = \omega_{AB}^2 \cdot AC,$$

или

$$a_{AC}^e = 6,8 \text{ см/с}^2; \quad a_{AC}^y = 1,7 \text{ см/с}^2.$$

Вектор  $\bar{a}_{AC}^e$  перпендикулярен вектору  $\bar{a}_{AC}^y$  и направлен соответственно угловому ускорению  $\varepsilon_{AB}$ .

Ускорение точки  $C$  находим способом проекций:

$$a_{Cx} = a_{AC}^y + a_A^y \cdot \cos 30^\circ - a_A^e \cdot \cos 60^\circ,$$

$$a_{Cy} = a_A^y \cdot \cos 60^\circ + a_A^e \cdot \cos 30^\circ - a_{AC}^e,$$

$$a_C = \sqrt{(a_{Cx})^2 + (a_{Cy})^2}.$$

В результате вычислений получаем:  $a_{Cx} = 11,2 \text{ см/с}^2$ ;  $a_{Cy} = 21,8 \text{ см/с}^2$ ;  $a_C = 24,5 \text{ см/с}^2$ .

**Пример вариантов заданий.**

### 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  $\tau$  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 ВD, 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  $\tau$  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 ВD, 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  $\tau=0,2$  с.; в точке В со скоростью  $v_B$  он покидает трамплин. Через  $T$  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  $\tau$  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  $\tau$  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  $T$  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  $T$  и  $h$ .

Вариант 6. Имея в точке А скорость  $v_A=0$  м/с, мотоцикл поднимается  $\tau=20$  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  $T$  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  $\tau$  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  $T$ .

Вариант 8. Камень скользит в течение  $\tau=1,5$  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  $\tau=1,5$  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  $\tau$  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  $\tau$  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  $\tau$  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  $\tau$  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 Т с. При решении задачи принять тело за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.  $h = 5$  м.  
Найти  $v_A$  и  $T$ .

### **4.1.3. Лабораторные работы. Темы 16-17**

#### **4.1.3.1. Порядок проведения.**

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.

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, аргумента-

ции 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 <https://kpfu.ru>.

#### **4.1.3.2. Критерии оценивания**

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Оборудование и методы использованы правильно.
- Проявлена превосходная теоретическая подготовка.
- Необходимые навыки и умения полностью освоены.
- Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- 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.

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Оборудование и методы частично использованы правильно.
- Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка.
- Необходимые навыки и умения частично освоены.
- Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

- Оборудование и методы использованы неправильно.
- Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка.
- Необходимые навыки и умения не освоены.
- Результат лабораторной работы не соответствует её целям.

#### **4.1.3.3. Содержание оценочного средства**

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 кривого изгиба балки".

Приобретение навыков, позволяющих на практике различать два типа изгиба - плоский и кривой. 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.

## **4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации**

### **4.2.1. Зачет – 3 семестр. Устный/письменный ответ на вопросы и решение задачи**

#### **4.2.1.1. Порядок проведения.**

Зачет проводится в устной и письменной форме по билетам.

При подготовке к зачёту необходимо опираться на лекции, а также на знания и умения, полученные на практических занятиях в течение семестра. Обучающийся получает билет и время на подготовку. Каждый зачетный 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 <https://kpfu.ru>.

#### **4.2.1.2. Критерии оценивания.**

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если:**

Обучающийся дал полный ответ на все вопросы, ответил на все дополнительные вопросы, ответ четкий и хорошо структурированный, освоен понятийный аппарат.

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если:**

Обучающийся дал полный ответ на все вопросы, ответил не на все дополнительные вопросы, ответ структурирован, освоен понятийный аппарат.

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если:**

Обучающийся раскрыл вопросы лишь частично, частично ответил на некоторые из дополнительных вопросов, допускает несущественные ошибки при использовании понятийного аппарата.

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если:**

Обучающийся не ответил на вопросы или же ответы не соответствовали заданным вопросам, не дал адекватного ответа на дополнительные вопросы, допускает грубые ошибки при использовании понятийного аппарата или не использует понятийный аппарат предметной области вовсе.

#### **4.2.1.3. Оценочные средства.**

## Вопросы к зачету:

### Кинематика

1. Предмет и задачи кинематики. Пространство и время в классической механике. Система отсчёта.
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 ее 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. Кинематика сложного движения точки. Теорема о сложении скоростей точки в сложном движении.
14. Теорема о сложении ускорений в сложном движении точки (теорема Кориолиса).

### Статика

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

### Динамика

33. Предмет и основные задачи динамики. Основные понятия и законы классической механики. Инерциальная система отсчёта. Принцип относительности классической механики. Основные представления о пространстве и времени.
34. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в инерциальной системе отсчёта при различных способах задания движения. Силы в динамике. Теорема об изменении количества движения материальной точки.
35. 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.
36. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. Случай сохранения момента количества движения материальной точки.
37. Элементарная работа силы; работа на конечном пути. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.
38. Потенциальные силы. Силовое поле, условия потенциальности силового поля. Закон сохранения механической энергии материальной точки. Интеграл энергии. Понятие о рассеивании полной механической энергии.
39. Потенциальная энергия силы тяжести. Потенциальная энергия поля центральных сил. Потенциальная энергия восстанавливающей силы пружины.
40. Колебательное движение материальной точки. Свободные незатухающие колебания материальной точки. Уравнение и график свободных колебаний. Амплитуда, частота и фаза колебаний.
41. Затухающие колебания материальной точки. Зависимость координаты материальной точки от времени при затухающих колебаниях (случай малого сопротивления, случай большого сопротивления). Апериодическое движение точки.
42. Вынужденные колебания материальной точки. Вынужденные колебания при отсутствии сопротивления. Коэффициент динамичности. Явление биений.
43. Вынужденные колебания материальной точки. Вынужденные колебания при отсутствии сопротивления и при  $p = \omega$ . Явление резонанса.
44. Колебательное движение материальной точки. Вынужденные колебания при наличии вязкого сопротивления. Определение общего решения неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний.
45. Амплитуда, частота и фаза вынужденных колебаний.
46. Динамика несвободной материальной точки. Связи. Принцип освобожденности от связи. Теорема об изменении кинетической энергии для несвободного движения.
47. Дифференциальные уравнения движения материальной точки по заданной неподвижной кривой.
48. Математический маятник. Вывод формулы периода колебаний математического маятника.
49. Основное уравнение динамики относительного движения; переносная и Кориолисова силы инерции. Относительное равновесие. Теорема об изменении кинетической энергии в относительном движении.
50. Механическая система; классификация сил, действующих на систему. Свойства внутренних сил. Масса системы, центр масс. Момент инерции тела.
51. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Теорема о движении центра масс системы.
52. Теорема об изменении количества движения механической системы. Интеграл количества движения механической системы.
53. Момент количества движения механической системы (кинетический момент) относительно неподвижного центра и относительно неподвижной оси. Теорема об изменении кинетического момента. Интеграл кинетического момента.
54. Кинетическая энергия механической системы и способы её вычисления. Кинетическая энергия твёрдого тела в различных случаях движения. Момент инерции твёрдого тела.

55. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. 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.

#### Прикладная механика

56. Растяжение-сжатие прямолинейных стержней.
57. Напряжения в поперечных сечениях стержнях при растяжении-сжатии
58. Напряжения в сечениях, наклоненных к поперечному сечению при растяжении-сжатии
59. Продольные и поперечные деформации при растяжении-сжатии.
60. Закон Гука при растяжении-сжатии.
61. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона.
62. Определение осевых перемещений при растяжении-сжатии.
63. Определение удлинения стержня при растяжении-сжатии.
64. Растяжение-сжатие с учетом собственного веса.
65. Подбор сечений с учетом собственного веса при растяжении-сжатии.
66. Испытания материалов на растяжение.
67. Основные механические характеристики материала.
68. Расчёт на прочность при растяжении-сжатии.
69. Определение допускаемых напряжений.
70. Статически неопределимые системы. Степень статической неопределимости.
71. Пример решения статически неопределимой системы, работающей на растяжение-сжатие.
72. Напряжённое состояние в точке.
73. Деформированное состояние в точке.
74. Главные деформации.
75. Экстремальные касательные напряжения. Понятие о чистом сдвиге.
76. Кручение. Напряжения и деформации.
77. Изгиб. Плоский изгиб. Чистый изгиб. Примеры чистого изгиба.
78. Основные этапы процесса проектирования. Понятие о технической системе и её элементах.
79. Машинный агрегат и его составные части. Классификация машин. Механизм и его элементы.
80. Классификация кинематических пар.
81. Методы исследования механизмов. Понятие о структурном анализе и синтезе.
82. Структурная классификация механизмов по Ассуру. Структурный анализ механизма.
83. Подвижности и связи в механизме. Понятие об избыточных связях и местных подвижностях.
84. Кинематическое исследование типовых механизмов: рычажных, зубчатых, кулачковых, манипуляторов.
85. Статический и кинетостатический силовой расчёт типовых механизмов.
86. Графоаналитический метод планов сил.
87. Механические характеристики машин.
88. Механизмы с высшими кинематическими парами и их классификация.
89. Зубчатые передачи и их классификация.



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

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: нет

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

#### Основная литература:

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики: Статика. Кинематика. Динамика : учебник для студ. вузов по техн. спец. - 16-е изд, стер. - Москва : КноРус, 2011. - 608 с. - Библиогр.: с. 597. - ISBN 978-5-406-01977-1. - Текст : непосредственный (220 экз.)
2. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике : учебное пособие / И.В. Мещерский ; под редакцией 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>. - Текст : электронный.
3. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов : учебник для бакалавров / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2013. - 300 с. : ил. - (Бакалавр. Базовый курс.). - Прил.: с. 296-299. - Рек. УМО. - В пер. - ISBN 978-5-9916-2566-1. - Текст : непосредственный (70 экз.)
4. Матвеев Ю.А. Теория механизмов и машин : учебное пособие / Ю. А. Матвеев, Л. В. Матвеева. - Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2009. - 320 с. - ISBN 978-5-98281-150-9. - URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=151094>. - Текст : электронный.
5. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования : учебник / Д. В. Чернилевский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Машиностроение, 2012. - 672 с. - ISBN 978-5-94275-617-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5806>. - Текст : электронный.

#### Дополнительная литература:

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике : учебное пособие для вузов / 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 (379 экз.).
2. Кривошапко С.Н. Сопротивление материалов : лекции, семинары, расчетно-графические работы : учебник для бакалавров / С. Н. Кривошапко ; Рос. ун-т Дружбы народов. - Москва : Юрайт, 2013. - 413 с. : ил. - (Бакалавр. Базовый курс). - Библиогр.: с. 412. - Гриф МО. - В пер. - ISBN 978-5-9916-2122-9. - Текст : непосредственный (20 экз.).
3. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин : учебное пособие для бакалавров / Г. А. Тимофеев ; Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2013. - 351 с. : ил. - (Бакалавр : базовый курс). - Библиогр.: с. 10. - Рек. УМО. - В пер. - ISBN 978-5-9916-2484-8. - Текст : непосредственный (40 экз.).
4. Андреев В.И. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование / В. И. Андреев, И. В. Павлова. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - ISBN 978-5-8114-1462-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/12953>. - Текст : электронный.
5. Расчет и проектирование передач с использованием систем автоматизированного проектирования : учебное пособие / сост.: И.П. Талипова, Р.Н. Тазмеева, И.Д. Галимянов. - Набережные

Челны: изд-во НЧИ КФУ, 2017. - 104 с.- URL: [https://repository.kpfu.ru/?p\\_id=159304](https://repository.kpfu.ru/?p_id=159304). - Текст : электронный.

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

Направление подготовки: 01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: нет

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

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.