

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Середа

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

УДК 621.86 (076)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории механизмов и машин и деталей машин ФГБОУ ВО «КГТУ»

С. В. Федоров

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергетики ФГБОУ ВО «КГТУ»

А. Г. Филонов

Середа, Н. А.

Инженерная механика: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Н. А. Середа. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 49 с.

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Инженерная механика» содержит тематический план лекционных и практических занятий по направлениям подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Сформулированы вопросы и задания для самоконтроля при выполнении практических работ, даны ссылки на рекомендуемую литературу с указанием страниц. Сформированы задания на расчетно-графическую работу, предусмотренную в учебном плане очной и заочной форм обучения.

Табл. 4, рис. 3, список лит. – 10 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано в качестве локального электронного методического материала к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 10.06.2025 г., протокол № 4

УДК 621.86 (076)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Середа Н. А., 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛЕКЦИОННЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	6
1.1 Тематический план лекционных занятий	6
1.2 Изучение тем и подготовка к лекционным занятиям	7
1.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов при подготовке к лекционным занятиям	21
2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	22
2.1 Тематический план практических занятий.....	22
2.2 Подготовка к практическим занятиям	23
3 ЗАДАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	44
3.1 Задания для выполнения расчетно-графической работы	44
3.2 Рекомендации по выполнению расчетно-графической работы	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46
ПРИЛОЖЕНИЕ. Критерии и нормы оценки промежуточной аттестации в виде экзамена.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для изучения дисциплины «Инженерная механика». Эта дисциплина включена в основную профессиональную образовательную программу бакалавриата по направлениям подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Инженерная механика – дисциплина, формирующая у обучающихся готовность к применению методик расчета элементов теплоэнергетических установок и электрических машин. *Целью освоения дисциплины «Инженерная механика»* является изучение методов механического и математического моделирования в технике, общих принципов построения технических систем, современных методов расчета элементов машин и конструкций.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- физико-математический аппарат в области инженерной механики;
- основы анализа конструкций механизмов и машин;
- основы расчета узлов и деталей машин на прочность и жесткость;

уметь:

– проектировать и конструировать узлы и детали механизмов и машин, соответствующих профилю подготовки, опираясь на требования технического задания и стандартов;

– обосновывать выбор критериев работоспособности применительно к конкретной конструкции;

владеть:

– навыками поиска и анализа информации о современных методах расчета узлов и деталей машин, основах проектирования;

– навыком использования физико-математического аппарата инженерной механики в профессиональной деятельности.

Дисциплина «Инженерная механика» опирается на компетенции, знания, умения и навыки студентов, сформированные при изучении таких дисциплин как «Высшая математика», «Физика», «Инженерная и компьютерная графика».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении инженерной механики, позволят успешно осваивать дисциплины профессиональной направленности для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника: «Инженерные технологии в теплоэнергетике и теплотехнике», «Турбины тепловых и атомных электростанций».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении инженерной механики, позволят успешно осваивать дисциплины профессиональной

направленности для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника: «Электрические машины», «Электропривод».

Изучение дисциплины предполагает контактную (лекционные и практические занятия) и самостоятельную учебную работы студента.

Форма аттестации по дисциплине «Инженерная механика»:

– очная форма, второй семестр – **зачет**; третий семестр – **расчетно-графическая работа, экзамен**;

– заочная форма обучения, четвертый семестр – **зачет**;

– заочная форма обучения, пятый семестр – **расчетно-графическая работа, экзамен**.

Промежуточная аттестация студентов в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов текущего контроля по темам дисциплины. К видам текущего контроля в семестрах относят: контрольные вопросы по лекционным и практическим занятиям, тестовые задания по темам дисциплины, расчетно-графическая работа для студентов очной и заочной форм обучения. В отдельных случаях зачет может быть проведен в виде тестирования.

Критерии и нормы оценки текущего контроля по дисциплине применительно к каждому практическому занятию представлены в соответствующем учебно-методическом пособии.

Оценочными средствами для промежуточной аттестации в виде экзамена по дисциплине являются тестовые задания открытого и закрытого типов. Критерии и нормы оценки промежуточной аттестации в виде экзамена даны в приложении.

Успешное изучение дисциплины «Инженерная механика» сопряжено со следующими аспектами:

– следует посетить не менее 95 % лекционных и практических занятий;

– необходимо выполнять подготовку к лекционным, и практическим занятиям;

– следовать методическим указаниям по выполнению самостоятельной работы для каждого вида занятий.

Студент заочной формы обучения должен выполнить расчетно-графическую работу в соответствии с вариантом, выданным преподавателем на первом занятии, лист задания может быть размещен в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС).

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Инженерная механика» содержит три раздела и приложения. В первом разделе сформулированы рекомендации по подготовке к лекционным занятиям, во втором – к практическим занятиям, в третьем разделе сформированы задания для выполнения расчетно-графической работы.

1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛЕКЦИОННЫМ ЗАНЯТИЯМ

1.1 Тематический план лекционных занятий

Сформирован тематический план лекционных занятий во втором семестре (таблица 1).

Таблица 1 – План лекционных занятий во втором семестре

Номер темы	Тема лекционного занятия
Тема 1	Основы статики. Схемы приложения сил в механизмах
Тема 2	Основы статики. Связи и их реакции. Балки с сосредоточенной силой и с равномерно-распределенной нагрузкой. Шарнирно-опертые балки, балки с защемлением
Тема 3	Основы сопротивления материалов. Деформированное состояние участков тела: растяжение и сжатие, кручение, изгиб, срез и смятие
Тема 4	Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении и сжатии; кручении
Тема 5	Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе
Тема 6	Основы расчетов на прочность и жесткость
Тема 7	Определение центра тяжести сечений, в том числе составных
Тема 8	Геометрические характеристики сечений, в том числе составных: полярные моменты инерции и сопротивления сечений; осевые моменты инерции и сопротивления сечений

Сформирован тематический план лекционных занятий в третьем семестре. В таблице 2 даны названия тем занятий по дисциплине «Инженерная механика».

Таблица 2 – План лекционных занятий в третьем семестре

Номер темы	Тема лекционного занятия
1	2
Тема 1	Знакомство с кинематическими схемами механизмов. Структура механизмов и машин
Тема 2	Параметрический анализ механизмов и машин
Тема 3	Кинематический анализ механизмов и машин
Тема 4	Основы динамики механизмов и машин
Тема 5	Цилиндрические зубчатые передачи
Тема 6	Конические зубчатые передачи

1	2
Тема 7	Червячные передачи
Тема 8	Валы и оси
Тема 9	Подшипники скольжения и качения
Тема 10	Муфты. Классификация
Тема 11	Муфты. Основы расчета
Тема 12	Ременные передачи
Тема 13	Цепные передачи
Тема 14	Структура механизмов. Планетарные механизмы
Тема 15	Соединения деталей машин: шпоночные и шлицевые
Тема 16	Соединения деталей машин: резьбовые, заклепочные и сварные

1.2 Изучение тем и подготовка к лекционным занятиям

Во втором семестре запланированы лекционные занятия. Темы и планы занятий, рекомендуемая литература, информация по изучению тем, вопросы для закрепления пройденного материала представлены ниже.

Тема 1. Основы статики. Схемы приложения сил в механизмах

План занятия

Аксиомы статики на примере схем приложения сил в механизмах. Сила и система сил. Активные силы. Пассивные силы, возникающие в опорах. Эквивалентность сил. Действия над силами. Проекция силы на ось (звено). Условие равновесия плоской системы сходящихся сил. Пара сил и момент пары сил. Момент силы относительно точки.

Ключевые термины: механизм, звено, опора, сила, проекция силы, связь, реакции связей, сила полезного сопротивления, условия равновесия.

Рекомендуемая литература: [1, с. 46–61], [2, с. 12–16], [6, с. 7–18; с. 27–36].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует познакомиться с составом кинематических схем механизмов, запомнить схему приложения сил в механизмах, изучить аксиомы статики, запомнить действия, осуществляемые над силами при кинетостатическом анализе механизмов.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите состав звеньев кривошипно-коромыслового механизма.
2. Зарисуйте схему приложения сил в кривошипно-коромысловом механизме.

3. К какому звену кривошипно-коромыслового механизма приложена сила полезного сопротивления, если ведущим звеном является кривошип?

4. Какие аксиомы статики используются при кинетостатическом анализе кривошипно-коромыслового механизма?

5. Перечислите исходные данные, встречающиеся в задачах на равновесие сил?

Тема 2. Основы статики. Балки с сосредоточенной силой и с равномерно-распределенной нагрузкой. Шарнирно-опертые балки, балки с защемлением

План занятия

Балки с сосредоточенной силой и с равномерно-распределенной нагрузкой. Схемы приложения сил в шарнирно-опертых балках, балках с защемлением.

Ключевые термины: сосредоточенная сила, равномерно-распределенная нагрузка, шарнирно-опертая балка, балка с защемлением, реакции связей в опорах.

Рекомендуемая литература: [6, с. 35–40].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить, как определяют реакции связей в шарнирно-опертой балке с сосредоточенной силой и с равномерно-распределенной нагрузкой; а также определение пассивных сил в опорах для балки с защемлением при тех же видах нагружения.

Вопросы для закрепления изученного материала.

1. Назовите пассивные силы, возникающие в шарнирно-неподвижной опоре.

2. Как называют балки в зависимости от вида нагружения, от вида применяемых опор?

3. Перечислите пассивные силы, возникающие в шарнирно-подвижной опоре.

4. Сформулируйте последовательность действий при определении реакций связей в опорах.

5. Назовите пассивные силы, возникающие в жесткой заделке.

Тема 3. Основы сопротивления материалов. Деформированное состояние участков тела: растяжение и сжатие, кручение, изгиб, срез и смятие

План занятия

Понятия о деформируемом и упругом теле. Гипотезы (допущения) сопротивления материалов. Объекты сопромата. Метод сечений. Напряжения. Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии; кручении; изгибе. Понятие о срезе и смятии.

Ключевые термины: упругая деформация, пластическая деформация, свойства материала, характер деформаций, брус, стержень, балка, вал, рама, внешние и внутренние силы, растяжение, сжатие, кручение, изгиб, срез и смятие.

Рекомендуемая литература: [1, с. 116–131], [3, с. 7, 11, 18, 19, 20–27].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить гипотезы сопротивления материалов, объекты сопромата, уяснить разницу между внешними и внутренними силами, научиться различать внутренние силовые факторы, возникающие при разных видах деформированного состояния тела.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите основные гипотезы сопротивления материалов.
2. Перечислите объекты сопротивления материалов.
3. Как определить внутренние силы в поперечных сечениях элементов конструкций?
4. Сформулируйте последовательность действий при определении внутренних силовых факторов, возникающих в сечениях (для заданной конструкции).
5. Какой вид деформации называют растяжением, сжатием?
6. Какой вид деформации называют кручением?
7. Что такое изгиб, его виды?
8. Какой вид деформации называют срезом (смятием)?

Тема 4. Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении и сжатии; кручении

План занятия

Эпюры продольных сил при однофакторном и многофакторном нагружении стержня. Правило знаков при растяжении, сжатии. Эпюры крутящих моментов.

Ключевые термины: растяжение, сжатие, правило знаков, продольная сила, вид эпюр при растяжении и сжатии, кручение, крутящий момент, вид эпюр при кручении.

Рекомендуемая литература: [3, с. 58–89]; [6, с. 63–72, 80 – 88].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует научиться строить эпюры продольных сил при растяжении и сжатии; эпюры крутящих моментов, запомнить внутренние силовые факторы, возникающие при растяжении, сжатии и кручении; правило знаков при растяжении и сжатии; запомнить вид эпюр при растяжении, сжатии и кручении.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите последовательность действий при построении эпюры продольной силы.

2. Вспомните правило знаков при растяжении и сжатии.
3. Назовите последовательность действий при построении эпюры крутящих моментов.
4. Назовите внутренние силовые факторы, возникающие при растяжении и сжатии.
5. Перечислите внутренние силовые факторы, возникающие при кручении.

Тема 5. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе

План занятия

Изгиб и его виды. Поперечные силы и изгибающие моменты. Правило знаков при изгибе. Типовые случаи нагружения балок при изгибе.

Ключевые термины: изгиб, поперечная сила, изгибающий момент, правило знаков для поперечной силы, правило знаков для изгибающего момента.

Рекомендуемая литература: [3, с. 91–110].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить внутренние силовые факторы, возникающие при изгибе; правило знаков при изгибе для поперечной силы и изгибающего момента; этапы построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов, научиться определять вид эпюр в зависимости от характера нагружения конструкции.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Что такое изгиб? Назовите виды изгиба.
2. Вспомните правило знаков при изгибе для поперечной силы.
3. Сформулируйте правило знаков для изгибающего момента.
4. Назовите этапы построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.
5. Перечислите внутренние силовые факторы, возникающие при изгибе.

Тема 6. Основы расчетов на прочность и жесткость

Расчеты на прочность при растяжении, сжатии. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Расчеты на прочность при срезе и смятии. Звенья механизмов (детали машин), работающие на растяжение и сжатие; кручение; изгиб; срез и смятие.

Ключевые термины: прочность, расчеты на прочность; жесткость, расчеты на жесткость.

Рекомендуемая литература: [3, с. 46, 64–71, 101].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует понять ход расчета на прочность при растяжении, сжатии, срезе и смятии; ход расчета на прочность и жесткость при кручении и изгибе. Необходимо запомнить названия звеньев (деталей машин), работающих на растяжение, сжатие; изгиб, кручение, срез и смятие.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите этапы расчета на прочность при растяжении, сжатии; срезе и смятии.
2. Сформулируйте ход расчетов на прочность и жесткость при изгибе, кручении.
3. Перечислите названия элементов конструкций, работающих на растяжение, сжатие.
4. Какие детали машин испытывают срез и смятие?
5. Назовите элементы конструкций, работающих на кручение и изгиб.

Тема 7. Определение центра тяжести фигур, сечений, в том числе составных

План занятия

Центр тяжести плоских и объемных фигур. Формулы для определения центра тяжести фигур. Центр тяжести простых и составных сечений.

Ключевые термины: плоская фигура, объемная фигура, центр тяжести, простое сечение, составное сечение.

Рекомендуемая литература: [6, с. 42–48].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует понять ход расчета при определении центра тяжести плоских и объемных фигур; простых и составных сечений.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите этапы расчета при определении центра тяжести плоской фигуры.
2. Сформулируйте ход расчета при определении центра тяжести объемной фигуры.
3. Запишите формулы для определения центра тяжести прямоугольника, круга, кольца, параллелограмма, полукруга, треугольника.
4. Назовите этапы расчета при определении центра тяжести составной фигуры, сечения.

Тема 8. Геометрические характеристики сечений, в том числе составных: полярные моменты инерции и сопротивления сечений; осевые моменты инерции и сопротивления сечений

План занятия

Формулы для определения полярных моментов инерции и сопротивления сечений. Формулы для определения осевых моментов инерции и сопротивления сечений. Геометрические характеристики простых и составных сечений.

Ключевые термины: полярный момент инерции сечения, полярный момент сопротивления сечения, осевые моменты инерции сечения, осевые моменты сопротивления сечения.

Рекомендуемая литература: [6, с. 48–53].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует понять этапы определения полярных и осевых моментов инерции и моментов сопротивления сечений, в том числе составных.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Запишите формулы для определения полярного и осевых моментов инерции для круга, кольца, прямоугольника, параллелограмма, треугольника, полукруга, эллипса, квадрата.
2. Запишите формулы для определения полярного и осевых моментов сопротивления сечения, выполненного в виде круга, кольца, прямоугольника, параллелограмма, треугольника, полукруга, эллипса, квадрата.
3. Сформулируйте ход расчета при определении геометрических характеристик составного сечения.
4. Назовите этапы расчета при определении осевых моментов инерции составного сечения (на примере сечения из прокатных профилей).

В третьем семестре запланированы лекционные занятия. Тематический план занятий дан в таблице 2. Подробное описание каждого занятия, рекомендуемая литература, информация по изучению тем, вопросы для закрепления пройденного материала представлены ниже.

Тема 1. Знакомство с кинематическими схемами механизмов. Структура механизмов и машин

План занятия

Знакомство с механизмами: подвижные звенья и стойка. Схемы приводов машин. Типовые детали механизмов. Структура механизмов и машин. Структурная формула П. Л. Чебышева. Структурные группы механизмов. Структурный граф механизма.

Ключевые термины: механизм, звено, виды движения звеньев, кинематическая пара, подвижность, машина, привод, структурная формула П. Л. Чебышева, структурная группа Л. В. Ассура, структурная группа М. З. Коловского, структурный граф механизма.

Рекомендуемая литература: [1, с. 5–17], [4, с. 5–19], [7, с. 6], [10].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует познакомиться с составом кинематических схем механизмов, запомнить названия подвижных звеньев и вид их движения, а также этапы структурного анализа механизмов. Важным аспектом является визуализация работы механизма, поэтому изучать первую тему следует с применением действующих макетов механизмов либо видеоматериалов.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите подвижные звенья кривошипно-коромыслового механизма.
2. Перечислите подвижные звенья кривошипно-ползунного и кулисного механизмов.

3. Запишите структурную формулу П. Л. Чебышева. Какие параметры в нее входят?

4. Назовите этапы структурного анализа механизмов (машин).

5. Что такое структурный граф механизма (машины)?

6. Зарисуйте схему привода машины.

Тема 2. Параметрический анализ механизмов и машин

План занятия

Определение длин звеньев механизма аналитическим методом с учетом критериев работоспособности. Построение крайних и текущих положений механизма. Сечения звеньев (деталей) механизма. Геометрические характеристики плоских сечений.

Ключевые термины: геометрия механизмов, крайние положения механизма, текущее положение механизма.

Рекомендуемая литература: [1, с. 19–21], [3, с. 50–57], [4, с. 33–37], [9, 10].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует понять, что геометрия механизма является важным критерием при оценке качества передачи движения, а также в процессе определения его кинематических параметров. Необходимо запомнить конфигурации четырехзвенных механизмов, при которых достигаются крайние положения, а также изучить этапы их построения. Обратит внимание на виды сечений деталей механизмов, повторить их геометрические характеристики.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Зарисуйте крайние положения кривошипно-коромыслового механизма.

2. Изобразите крайние положения кривошипно-ползунного и кулисных механизмов.

3. В каких единицах измеряются длины звеньев?

4. Перечислите порядок действий, выполняемых при построении крайних положений механизма.

5. Назовите этапы, выполняемые при построении текущих положений механизма.

6. Перечислите геометрические характеристики плоских сечений (на примере звеньев базовых механизмов).

Тема 3. Кинематический анализ механизмов и машин

План занятия

Траектории движения точек механизмов. Уравнение траектории движения точки. Поступательное и вращательное движение точки, твердого тела. Плоское (плоскопараллельное) и сложное движение точки, твердого тела. Аналитические методы геометрического и кинематического анализа базовых механизмов: метод проекций на оси координат, функция положения, первая и вторая геометрические передаточные функции.

Ключевые термины: траектория, окружность, дуга, эллипс, поступательное движение, вращательное движение, качательное (возвратно-поворотное) движение, сложное движение, механизм, геометрический анализ, кинематический анализ.

Рекомендуемая литература: [1, с. 17–45], [4, с. 31–48], [6, с. 123–192].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить очевидные траектории движения точек, принадлежащие звеньям механизма; а также последовательность действий при выводе уравнения траектории движения точки. Изучить, какие звенья механизмов совершают вращательное, поступательное, качательное и сложное движения. Научиться выводить функцию положения, первую и вторую геометрические передаточные функции для схемы заданного механизма. Ознакомиться с методом проекций на оси координат.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите траектории движения точки, расположенной на кривошипе, шатуне, коромысле, ползуне.
2. Перечислите названия механизмов, выходные звенья которых совершают вращательное, поступательное, качательное (возвратно-поворотное) и сложное движения.
3. Какие аналитические методы кинематического анализа механизмов Вы знаете?
4. В чем состоит геометрический анализ механизмов?
5. Что называют функцией положения, первой и второй геометрической передаточной функцией?

Тема 4. Основы динамики механизмов и машин

План занятия

Основные теоремы динамики. Примеры использования теорем при анализе механизмов.

Потенциальная и кинетическая энергия точки (тела). Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии. Примеры построения динамических моделей базовых механизмов.

Ключевые термины: количество движения системы, импульс силы, центр масс системы, кинетическая энергия, кинетический момент, потенциальная энергия, работа силы, динамическая модель механизма.

Рекомендуемая литература: [2, с. 83–99], [4, с. 49–77], [6, с. 249–269].

Информация по изучению темы: при самостоятельном изучении материала темы следует запомнить определения ключевых терминов, а также разнообразие динамических моделей механизмов, научиться применять теоремы динамики при анализе работы механизмов.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Что такое количество движения точки (системы)?
2. Что называют импульсом силы?

3. Что такое кинетическая (и потенциальная) энергия точки (системы)?
4. Что такое центр масс системы?
5. Сформулируйте последовательность действий при применении теорем динамики для анализа работы механизмов.
6. Нарисуйте известную Вам динамическую модель механизма?
7. Составьте уравнения для нарисованной динамической модели механизма.

Тема 5. Цилиндрические зубчатые передачи

План занятия

Классификация цилиндрических зубчатых передач. Основные геометрические параметры передачи.

Виды отказа в работоспособности этих передач. Расчет на контактную и изгибную прочность. Методы изготовления цилиндрических зубчатых колес.

Ключевые термины: цилиндрическая передача – прямозубая, косозубая, шевронная; цилиндрическая шестерня, цилиндрическое колесо, вал – быстроходный, тихоходный, промежуточный; подшипники, муфта, межосевое расстояние, делительный диаметр, высота зуба, контактная прочность, изгибная прочность.

Рекомендуемая литература: [1, с. 265–277], [5, с. 81–85].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить классификацию цилиндрических передач, их методы изготовления, основы расчетов.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите признаки классификации цилиндрических зубчатых передач.
2. Перечислите геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи.
3. Сформулируйте последовательность действий при расчете цилиндрической передачи на контактную прочность.
4. Сформулируйте последовательность действий при расчете цилиндрической передачи на изгибную прочность.
5. Назовите методы изготовления цилиндрических зубчатых колес.

Тема 6. Конические зубчатые передачи

План занятия

Классификация конических зубчатых передач. Основные геометрические параметры этих передач.

Расчет на контактную и изгибную прочность. Методы изготовления конических зубчатых колес.

Ключевые термины: коническая передача, прямой, наклонный и круговой зуб, коническая шестерня, коническое колесо, делительный диаметр на внешнем конусе колеса, внешнее конусное расстояние, внешняя высота зуба, контактная прочность, изгибная прочность.

Рекомендуемая литература: [1, с. 276], [5, с. 85–89].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить классификацию конических передач, их методы изготовления, основы расчетов.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите признаки классификации конических зубчатых передач.
2. Перечислите геометрические параметры конической зубчатой передачи.
3. Сформулируйте последовательность действий при расчете конической передачи на контактную прочность.
4. Сформулируйте последовательность действий при расчете конической передачи на изгибную прочность.
5. Назовите методы изготовления конических зубчатых колес.

Тема 7. Червячные передачи

План занятия

Классификация червячных передач. Передаточное отношение и коэффициент полезного действия (КПД). Геометрические параметры червячной передачи. Примеры расчетов передачи.

Расчет на контактную и изгибную прочность. Расчет червяка на жесткость. Тепловой расчет червячного редуктора. Методы изготовления червяка и червячного колеса.

Ключевые термины: червячная передача, червяк – одно-, двух-, и четырехзаходный; червячное колесо, межосевое расстояние, делительный диаметр, коэффициент диаметра червяка, ширина нарезанной части червяка, передаточное отношение, контактная прочность, изгибная прочность, жесткость червяка.

Рекомендуемая литература: [1, с. 283–289], [5, с. 93–103].

Информация по подготовке к занятию: студенту необходимо запомнить классификацию червячных передач, методы изготовления основных деталей этой передачи, основы расчетов на прочность и жесткость.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите признаки классификации червячных передач.
2. Перечислите геометрические параметры червяка и червячного колеса.
3. Сформулируйте последовательность действий при расчете червячной передачи на контактную и изгибную прочность.
4. Сформулируйте последовательность действий при расчете червяка на жесткость.
5. Назовите методы изготовления червяка и червячного колеса.

Тема 8. Валы и оси

План занятия

Вал и ось, классификация. Приближенный расчет вала. Конструирование вала. Расчет вала на прочность и жесткость.

Ключевые термины: прямой гладкий вал, ступенчатый вал, ось, классификация валов, конструирование вала, расчет вала.

Рекомендуемая литература: [1, с. 290–301]; [5, с. 119–123]; [8, с. 158–164].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить классификацию валов, основы расчета геометрических параметров вала, этапы расчета вала на прочность и жесткость.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Перечислите признаки классификации валов.
2. Последовательность определения геометрических параметров вала.
3. В чем различие вала и оси?
4. Сформулируйте этапы конструирования вала.
5. Назовите последовательность расчета вала на прочность и жесткость.

Тема 9. Подшипники скольжения и качения

План занятия

Подшипники скольжения и качения. Выбор подшипников, маркировка. Изучение ГОСТ на подшипники.

Ключевые термины: подшипник скольжения, подшипник качения, классификация подшипников, маркировка подшипников качения, ГОСТ на подшипники.

Рекомендуемая литература: [1, с. 290–301]; [5, с. 119–123]; [8, с. 158–164].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить классификацию подшипников, основы выбора подшипников в конструкцию, расшифровку маркировки подшипников качения.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Перечислите признаки классификации подшипников.
2. Назовите этапы подбора подшипников в конструкцию.
3. Перечислите известные Вам ГОСТ на подшипники.
4. Расшифруйте маркировку предлагаемого подшипника.

Тема 10. Муфты. Классификация

План занятия

Назначение и классификация муфт.

Ключевые термины: назначение муфт, классификация муфт.

Рекомендуемая литература: [1, с. 290–301]; [5, с. 119–123]; [8, с. 158–164].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить назначение и классификацию муфт.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Перечислите признаки классификации муфт.
2. Назовите этапы подбора муфт в конструкцию.
3. Для каких целей применяют муфты?

Тема 11. Муфты. Основы расчета

План занятия

Расчет муфт упругих втулочно-пальцевых.

Расчет муфт с резиновой звездочкой.

Расчет муфт с цилиндрическими пружинами сжатия.

Ключевые термины: расчет муфт в соответствии с классификацией.

Рекомендуемая литература: [1, с. 290–301]; [5, с. 119–123]; [8, с. 158–164].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить этапы расчета муфт.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Сформулируйте этапы расчета муфт упругих втулочно-пальцевых.
2. Назовите этапы подбора муфт в конструкцию.
3. Назовите последовательность расчета муфт с резиновой звездочкой.
4. Сформулируйте этапы расчета муфт с цилиндрическими пружинами сжатия.

Тема 12. Ременные передачи

План занятия

Схема ременной передачи, состав звеньев. Геометрические параметры передачи.

Критерии работоспособности и расчета ременной передачи.

Ключевые термины: ведущий шкив, ведомый шкив, вал, подшипники, ремень – прямоугольный, клиновой, поликлиновой, круглый; межосевое расстояние, диаметр шкива, длина ремня, долговечность ремня, коэффициент тяги, сила, действующая на вал передачи.

Рекомендуемая литература: [1, с. 262 –265, 103–111]; [8, с. 285–289; 299–324].

Информация по подготовке к занятию: студенту необходимо запомнить состав ременной передачи, ее классификацию, основы расчетов такого механизма с определением его геометрических параметров.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите детали, входящие в состав ременной передачи.

2. Перечислите виды поперечного сечения ремня.
3. Запишите формулы для определения геометрических параметров ременной передачи.
4. По какой формуле устанавливают значение диаметра ведущего шкива ременной передачи?

Тема 13. Цепные передачи

План занятия

Схема цепной передачи, состав звеньев. Основные параметры передачи.

Критерии работоспособности и расчета цепной передачи.

Ключевые термины: ведущая звездочка, ведомая звездочка, вал, подшипники, цепь – однорядная, двухрядная, многорядная, втулочная, роликовая, зубчатая; шаг цепи, межосевое расстояние, диаметр звездочки, длина цепи, давление в шарнирах цепи.

Рекомендуемая литература: [1, с. 261–262]; [5, с. 112–118]; [8, с. 297].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить состав цепной передачи, ее классификацию, основы расчетов этого механизма с определением его геометрических параметров.

Вопросы для закрепления изученного материала.

1. Назовите детали, входящие в состав цепной передачи.
2. Перечислите виды цепей.
3. Запишите формулы для определения геометрических параметров цепной передачи.
4. По какой формуле устанавливают значение межосевого расстояния цепной передачи?

Тема 14. Структура механизмов. Планетарные механизмы

План занятия

Многозвенные зубчатые механизмы с неподвижными осями колес. Основы структурного анализа.

Планетарные зубчатые механизмы. Выбор схем планетарных механизмов и их кинематические особенности. Кинематический и силовой расчет. Конструирование планетарных передач.

Ключевые термины: шестерня, зубчатое колесо, высшая кинематическая пара, малое центральное колесо, большое центральное колесо, сателлит, водило.

Рекомендуемая литература: [1, с. 256–258]; [5, с. 8–22]; [8, с. 218–224].

Информация по подготовке к занятию: студенту необходимо запомнить кинематические схемы механизмов с неподвижными осями колес, а также схемы планетарных передач, основы структурного анализа механизмов с

высшими парами, этапы кинематического и силового расчета планетарной передачи.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите виды плоских механизмов с высшей кинематической парой, которые Вы знаете?
2. Назовите состав деталей, входящих в планетарную передачу.
3. Перечислите кинематические особенности планетарных передач.
4. Сформулируйте основы конструирования планетарных передач.
5. В чем отличия зубчатых механизмов с неподвижными осями колес и планетарных передач?

Тема 15. Соединения деталей машин: шпоночные и шлицевые

План занятия

Шпоночные и шлицевые соединения.

Методика подбора шпонок и шлицев.

Ключевые термины: шпоночный паз, шпонка, вал-шлиц, втулка со шлицевыми пазами.

Рекомендуемая литература: [1, с. 234–249]; [5, с. 131–146]; [8, с. 77–85].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить состав соединений деталей машин, их основные геометрические параметры, основы выбора шпонок и шлицев.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Перечислите количество деталей в составе шпоночных соединений.
2. Перечислите количество деталей в составе шлицевых соединений.
3. Назовите геометрические параметры шпонок и шлицев.
4. Как выполнить подбор шпонок и шлицев в конструкцию?
5. Перечислите критерии работоспособности шпонок и шлицев.

Тема 16. Соединения деталей машин: резьбовые соединения, заклепочные и сварные

План занятия

Заклепочные и сварные соединения.

Резьбовые соединения. Расчет резьбовых соединений.

Ключевые термины: резьба, болтовое, винтовое, шпилечное соединения, заклепка.

Рекомендуемая литература: [1, с. 234–249]; [5, с. 131–146]; [8, с. 77–85].

Информация по подготовке к занятию: по рассматриваемой теме следует запомнить состав соединений деталей машин, их основные геометрические параметры, основы подбора соединений в конструкцию.

Вопросы для закрепления изученного материала

1. Назовите, сколько деталей может входить в состав заклепочных соединений?
2. Назовите, сколько деталей может входить в состав сварных соединений?
3. Сколько деталей в составе резьбовых соединений: болтовом, винтовом, шпилечном?
4. Назовите геометрические параметры перечисленных выше соединений.
5. Как выполнить расчет перечисленных выше соединений?

1.3 Рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов при подготовке к лекционным занятиям

Во втором и в третьем семестрах студентам следует после каждого лекционного занятия ответить на вопросы для закрепления изученного материала письменно на полях тетради для записи лекций.

Последнее позволяет более осознанно подходить к изучению лекционного материала, способствует более глубокому пониманию полученной информации и успешной сдаче экзамена в третьем семестре.

Студенты заочной формы обучения изучают лекционный материал самостоятельно по рекомендуемой литературе, а также по предложенным видеоматериалам в ЭИОС. В этом случае студентам следует вести краткий конспект по ключевым терминам темы, а также по вопросам для закрепления изученного материала. Темы занятий второго семестра, посвященные структурному анализу рычажных и зубчатых механизмов и основам расчета на прочность, изучаются студентами в форме контактной работы с преподавателем. Темы третьего семестра для студентов заочной формы обучения – передачи, валы, подшипники – также рассматриваются преподавателем на лекционных занятиях.

2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

2.1 Тематический план практических занятий

Сформирован тематический план практических занятий во втором семестре. В таблице 3 представлен тематический план практических занятий по дисциплине «Инженерная механика» во втором семестре.

Таблица 3 – План практических занятий во втором семестре

Номер темы	Названия тем практического занятия
Тема 1	Схема приложения сил в плоских механизмах. Критерии качества передачи движения
Тема 2	Защемленная балка и стержень. Определение реакций в опоре
Тема 3	Шарнирно-опертая балка. Определение реакций в опорах
Тема 4	Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении и сжатии; кручении
Тема 5	Расчет на прочность при растяжении и сжатии. Расчет на прочность и жесткость при кручении
Тема 6	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай балки с защемлением, нагруженной сосредоточенной силой и равномерно-распределенной нагрузкой
Тема 7	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай шарнирно-опертой балки, нагруженной сосредоточенной силой и равномерно-распределенной нагрузкой
Тема 8	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай многофакторного нагружения
Тема 9	Расчет на прочность при изгибе
Тема 10	Расчет на жесткость при изгибе
Тема 11	Элементы конструкций, работающие на срез и смятие. Расчет на прочность при срезе (смятии)
Тема 12	Определение центра тяжести фигур
Тема 13	Определение центра тяжести сечений, в том числе составных
Тема 14	Определение геометрических характеристик сечений: площади простых и составных фигур
Тема 15	Определение геометрических характеристик сечений: полярные моменты инерции и сопротивления сечений
Тема 16	Определение геометрических характеристик сечений: осевые моменты инерции и сопротивления сечений

Сформирован тематический план практических занятий в третьем семестре, такие занятия проводятся в форме контактной работы с преподавателем. В таблице 4 приведен тематический план практических занятий по дисциплине «Инженерная механика» в третьем семестре.

Таблица 4 – План практических занятий в третьем семестре

Номер темы	Названия тем практического занятия
Тема 1	Знакомство с кинематическими схемами плоских механизмов. Структурный анализ механизмов
Тема 2	Геометрия механизмов. Построение крайних и текущих положений плоских механизмов
Тема 3	Кинематический анализ плоских механизмов аналитическим методом
Тема 4	Основы динамики механизмов и машин
Тема 5	Подбор электродвигателя для редуктора
Тема 6	Кинематический и силовой расчет редуктора
Тема 7	Анализ геометрических параметров двухступенчатого цилиндрического редуктора
Тема 8	Изучение методики проектирования одноступенчатого цилиндрического редуктора
Тема 9	Анализ геометрических параметров двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора
Тема 10	Изучение методики проектирования одноступенчатого конического редуктора
Тема 11	Анализ геометрических параметров одноступенчатого червячного редуктора
Тема 12	Изучение методики проектирования одноступенчатого червячного редуктора
Тема 13	Изучение методики проектирования ременной передачи
Тема 14	Изучение методики проектирования цепной передачи
Тема 15	Изучение работы планетарного редуктора
Тема 16	Анализ конструкции двухколодочного тормоза

2.2 Подготовка к практическим занятиям

Во втором семестре практические занятия представляют собой контактную работу с преподавателем в аудитории. Темы практических занятий второго семестра, а также цели и рекомендации сформулированы ниже.

Практическое занятие № 1 на тему: «Схема приложения сил в плоских механизмах. Критерии качества передачи движения».

Цель занятия: формирование у студентов навыков вывода формул для определения угла давления и угла передачи, являющиеся критериями качества передачи движения.

Рекомендации: при выполнении практического задания, посвященного анализу схем приложения сил в плоских механизмах, следует начертить текущее положение заданного механизма, приложить силу (или момент сил) полезного сопротивления, действующую на выходное звено механизма. Выполнить вывод формулы для определения угла давления или угла передачи движения. Построить график изменения угла давления (угла передачи) в функции угла поворота кривошипа.

Рекомендуемая литература: [1, с. 46–64]; [4, с. 56–65].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Запишите формулу для определения угла передачи движения в кривошипно-коромысловом механизме.

2. Напишите соотношение для определения силы, действующей вдоль шатуна (кривошипно-коромысловый механизм).

3. Запишите формулу для определения угла передачи движения в кривошипно-ползунном механизме.

4. Напишите соотношение для определения силы, действующей вдоль шатуна (кривошипно-ползунный механизм).

5. Дан кривошипно-коромысловый механизм с геометрическими размерами: $l_1 = 70$ мм; $l_2 = 100$ мм; $l_3 = 70$ мм; $l_0 = 100$ мм. Определить угол передачи движения в интервале изменения угла поворота кривошипа от 0° , 10° , 20° , ... 90° . Построить график угла передачи движения.

6. Дан кривошипно-ползунный механизм с геометрическими размерами: $l_1 = 30$ мм; $l_2 = 90$ мм; $l_0 = 120$ мм. Определить угол передачи движения в интервале изменения угла поворота кривошипа от 0° , 10° , 20° , ... 100° . Построить график угла передачи движения.

Практическое занятие № 2 на тему: «Зашемленная балка и стержень. Определение реакций в опоре».

Цель занятия: формирование у студентов навыков в определении реакций связей в балках и стержнях с опорами в виде жесткой заделки.

Рекомендации: при выполнении практического задания, связанного с определением реакций связей в балках (стержнях), следует вспомнить, сколько реакций связей дает жесткая заделка. Необходимо начертить балку (стержень), приложить к ней (к нему) заданные активные силы, отбросить связи и заменить

их действие реакциями, составить уравнения равновесия и определить числовые значения реакций связей. Составить уравнение равновесия, используемое для проверки решения и доказать, что значения реакций связей установлены правильно. К упомянутым уравнениям относят сумму моментов всех сил, действующих на балку относительно какой-либо точки, и сумму проекций сил на оси координат.

Рекомендуемая литература: [2, с. 14–16]; [3, с. 71–73]; [6, с. 29–36].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Сколько реакций связей возникает в жесткой заделке? При ответе на вопрос зарисуйте эту опору и обозначьте реакции связей.

2. Дана балка с опорой в виде жесткой заделки, размещенной слева. К балке приложена равномерно-распределенная нагрузка $q = 8$, кН/м, направленная вверх. Длина балки $l_{12} = 4$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в жесткой заделке.

3. Дан горизонтальный стержень с опорой в виде жесткой заделки, размещенной слева. К стержню приложена сосредоточенная сила $F = 80$, кН, направленная вправо. Определить числовые значения реакций, возникающих в жесткой заделке.

4. Изобразите балку с защемлением, размещенным слева. К балке консольно приложена сосредоточенная сила F , кН.

5. Зарисуйте стержень, размещенный вертикально. Жесткая заделка установлена сверху. К стержню приложена сосредоточенная сила F , кН, направленная вертикально вниз.

Практическое занятие № 3 на тему: «Шарнирно-опертая балка. Определение реакций в опорах».

Цель занятия: формирование у студентов навыков в определении реакций связей в шарнирно-опертых балках.

Рекомендации: при выполнении практического задания, связанного с определением реакций связей в балках, следует вспомнить, сколько реакций связей дают шарнирно-неподвижная и шарнирно-подвижная опоры. Необходимо начертить балку с заданными опорами, приложить к ней активные силы, отбросить связи и заменить их действие реакциями, составить уравнения равновесия и определить числовые значения реакций связей. Составить уравнение равновесия, используемое для проверки решения и доказать, что значения реакций связей установлены правильно. К упомянутым уравнениям относят сумму моментов всех сил, действующих на балку относительно какой-либо точки, и сумму проекций сил на оси координат.

Рекомендуемая литература: [2, с. 14–16]; [3, с. 71–73]; [6, с. 29–36].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Сколько реакций связей возникает в шарнирно-неподвижной опоре? При ответе на вопрос зарисуйте эту опору и обозначьте реакции связей.

2. Сколько реакций связей возникает в шарнирно-подвижной опоре? При ответе на вопрос зарисуйте эту опору и обозначьте реакции связей.

3. Дана балка с шарнирно-подвижной (справа) и шарнирно-неподвижной (слева) опорами. К балке приложена равномерно-распределенная нагрузка $q = 7$, кН/м, направленная вниз. Длина балки $l_{12} = 4$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в названных опорах.

4. Дана балка с шарнирно-подвижной (справа) и шарнирно-неподвижной (слева) опорами. К балке в ее середине приложена сосредоточенная сила $F = 7$, кН, направленная вниз. Длина балки $l_{12} = 2$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в названных опорах.

Практическое занятие № 4 на тему: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении и сжатии; кручении».

Цель занятия: формирование у студентов навыков в построении эпюр продольных сил применительно к стержням с опорами в виде жесткой заделки и к валам с шарнирно-неподвижной (шарнирно-подвижной) опорами.

Рекомендации: при выполнении этого практического задания необходимо начертить стержень или вал, приложить к ним заданные активные силы, установленные реакции связей, составить уравнения для продольной силы и крутящего момента. Построить эпюры продольной силы крутящего момента.

Рекомендуемая литература: [3, с. 20, 71–73].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Дан стержень, продольная ось которого расположена горизонтально. Стержень защемлен слева. К упомянутому стержню консольно приложена сила $F = 70$ кН, направленная вправо. Определить реакции связей и значения продольной силы N , кН; построить эпюру продольных сил.

2. Дан стержень, продольная ось которого расположена горизонтально. Стержень защемлен слева. К упомянутому стержню консольно приложена сила $F = 70$ кН, направленная влево. Определить реакции связей и значения продольной силы N , кН; построить эпюру продольных сил.

3. Вал вращается равномерно. Вращающий момент на ведущем шкиве $M_1 = 500$ кН·м. Определить значение и направление вращающего момента M_2 . Построить эпюру крутящего момента.

4. Дан шкив 1, момент $M_1 = 2000$ кН·м, вращает против хода часовой стрелки. Вращающие моменты шкивов 2, 3 и 4 соответственно равны $M_2 = 600$,

$M_3 = 500$; $M_4 = 900$ кН·м. Эти моменты направлены по ходу часовой стрелки. Построить эпюру крутящих моментов для такого вала.

Практическое занятие № 5 на тему: «Расчет на прочность при растяжении и сжатии. Расчет на прочность и жесткость при кручении».

Цель занятия: формирование навыков расчета на прочность при растяжении и сжатии; а также расчета на прочность и жесткость при кручении.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для расчета на прочность при растяжении и сжатии; формулы для расчета на прочность и жесткость при кручении.

Рекомендуемая литература: [3, с. 20, 71–73].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Проверить прочность стержня. Известно, что сечение стержня прямоугольное с размерами $b \times h = 3 \times 7$ см. Материал конструкции дерево, его допускаемое напряжение $[\sigma] = 10 \dots 15$ МПа. Продольная сила равна 50 кН.

2. Подобрать размеры сечения стержня. Принято, что сечение стержня прямоугольное, $b/h = 0,4$. Материал конструкции – дерево, его допускаемое напряжение $[\sigma] = 10 \dots 15$ МПа. Продольная сила равна 60 кН.

3. По данным задачи 3 практического занятия № 4 определить диаметр сплошного вала, удовлетворяющий условиям прочности и жесткости в наиболее опасном его сечении. Материал вала – сталь 40. Значение $[\tau_k] = 30$ МПа, значение $[\theta^\circ] = 10^{-5}$ град/мм. Модуль сдвига $G^* = 8,4 \cdot 10^4$ Н/мм².

4. По данным задачи 4 практического занятия № 4 проверить прочность и жесткость стального вала сплошного поперечного сечения. Диаметр вала 65 мм, модуль сдвига $G^* = 8,4 \cdot 10^4$ Н/мм². Принять следующее: значение $[\tau_k] = 40$ МПа, значение $[\theta^\circ] = 0,85$ град/м.

Практическое занятие № 6 на тему: «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай балки с защемлением, нагруженной сосредоточенной силой и равномерно-распределенной нагрузкой».

Цель занятия: формирование навыков в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балки с защемлением при разных видах нагружения: сосредоточенной силой, равномерно-распределенной нагрузкой.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо начертить балку с защемлением, приложить к ней заданные активные силы, установленные реакции связей, составить уравнения для определения поперечной силы и изгибающего момента, используя правило знаков при изгибе. Построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

Рекомендуемая литература: [3, с. 20, 71–73].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дана балка с опорой в виде жесткой заделки, размещенной слева. К балке приложена равномерно-распределенная нагрузка $q = 8$, кН/м, направленная вверх. Длина балки $l_{12} = 4$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в жесткой заделке. Построить эпюры внутренних силовых факторов – поперечной силы и изгибающего момента.

2. Дана балка с опорой в виде жесткой заделки, размещенной слева. К балке консольно приложена сосредоточенная сила $F = 80$, кН, направленная вниз. Длина балки $l_{12} = 2$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в жесткой заделке. Построить эпюры внутренних силовых факторов – поперечной силы и изгибающего момента.

3. Какой вид будут иметь эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если известно, что балка с защемлением нагружена сосредоточенной силой?

4. Какой вид будут иметь эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если известно, что балка с защемлением нагружена равномерно-распределенной нагрузкой?

Практическое занятие № 7 на тему: «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай шарнирно-опертой балки, нагруженной сосредоточенной силой и равномерно-распределенной нагрузкой».

Цель занятия: формирование навыков в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для шарнирно-опертой балки при разных видах нагружения: сосредоточенной силой, равномерно-распределенной нагрузкой.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо начертить шарнирно-опертую балку, приложить к ней заданные активные силы, установленные реакции связей, составить уравнения для определения поперечной силы и изгибающего момента, используя правило знаков при изгибе. Построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

Рекомендуемая литература: [3, с. 20, 71–73].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дана балка с шарнирно-подвижной (справа) и шарнирно-неподвижной (слева) опорами. К балке приложена равномерно-распределенная нагрузка $q = 7$, кН/м, направленная вниз. Длина балки $l_{12} = 4$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в опорах. Построить эпюры внутренних силовых факторов – поперечной силы и изгибающего момента.

2. Дана балка с шарнирно-подвижной (справа) и шарнирно-неподвижной (слева) опорами. К балке в ее середине приложена сосредоточенная сила $F = 7$, кН, направленная вниз. Длина балки $l_{12} = 2$ м. Определить числовые

значения реакций, возникающих в опорах. Построить эпюры внутренних силовых факторов – поперечной силы и изгибающего момента.

3. Какой вид будут иметь эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если известно, что шарнирно-опертая балка нагружена сосредоточенной силой?

4. Какой вид будут иметь эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если известно, что шарнирно-опертая балка нагружена равномерно-распределенной нагрузкой?

Практическое занятие № 8 на тему: «**Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов: случай многофакторного нагружения**».

Цель занятия: формирование навыков в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для многопролетной балки при разных видах нагружения: сосредоточенной силой, равномерно-распределенной нагрузкой.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо начертить балку с заданными опорами, приложить к ней активные силы, установленные реакции связей, составить уравнения для определения поперечной силы и изгибающего момента, используя правило знаков при изгибе. Построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента для случая многофакторного нагружения.

Рекомендуемая литература: [3, с. 20, 71–73].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дана конструкция с шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижной опорами (рисунок 1). К ней приложены две сосредоточенные силы: $F_1 = 7$, кН, направленная перпендикулярно к продольной оси балки, а также $F_2 = 5$, кН, направленная вдоль оси балки и приложена в середине участка 1-2. Длины участков конструкции: $l_{12} = 1$ м, $l_{23} = 3$ м. Определить числовые значения реакций, возникающих в шарнирных опорах. Построить эпюры внутренних силовых факторов – поперечной силы и изгибающего момента, а также продольной (осевой) силы.



Рисунок 1 – Схема конструкции к заданию 1

2. Определите реакции связей и постройте эпюры поперечных сил и изгибающих моментов (рисунок 2). Заданы значения активных сил и моментов: $F = 5$ кН, $M = 15$ кН·м. Длины участков балки равны: $l_{12} = 3$ м, $l_{23} = 4$, м.

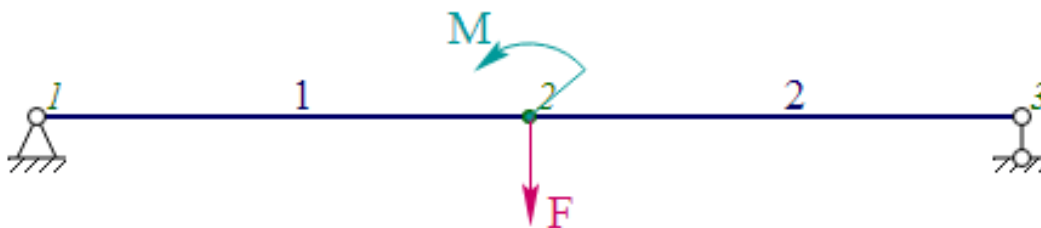


Рисунок 2 – Схема балки к заданию 2

3. Определите реакций связей и постройте эпюры поперечных сил и изгибающих моментов (рисунок 3). Заданы значения активных сил и моментов: $F = 3 \text{ кН}$, $M = 30 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Длины участков балки равны: $l_{12} = 2 \text{ м}$, $l_{23} = 7 \text{ м}$.

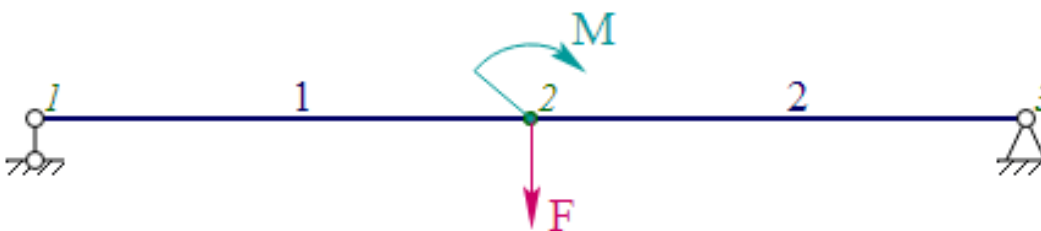


Рисунок 3 – Схема балки к заданию 3

Практическое занятие № 9 на тему: «Расчет на прочность при изгибе».

Цель занятия: формирование навыков расчета на прочность при изгибе.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для расчета на прочность при изгибе.

Рекомендуемая литература: [6, с. 106–110].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Наибольший изгибающий момент в поперечном сечении балки равен $37,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Подобрать сечение стальной балки в трех вариантах: а) прокатный двутавр; б) прямоугольник с соотношением высоты к ширине $h : b = 4 : 3$; в) круг. Допускаемое напряжение принять равным 160 МПа .

2. Наибольший изгибающий момент в поперечном сечении балки равен $50 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Подобрать сечение стальной балки в трех вариантах: а) прокатный швеллер; б) квадрат со стороной a ; в) кольцо. Допускаемое напряжение принять равным 130 МПа .

3. Наибольший изгибающий момент в поперечном сечении балки равен $40 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Подобрать сечение стальной балки в трех вариантах: а) прокатный двутавр; б) квадратная труба толщиной 2 мм ; в) круг. Допускаемое напряжение принять равным 210 МПа .

4. Наибольший изгибающий момент в поперечном сечении балки равен $80 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Подобрать сечение стальной балки в трех вариантах: а) прокатный швеллер; б) квадрат со стороной a ; в) круг. Допускаемое напряжение принять равным 170 МПа .

Практическое занятие № 10 на тему: «Расчет на жесткость при изгибе».

Цель занятия: формирование навыков расчета на жесткость при изгибе.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для расчета на жесткость при изгибе.

Рекомендуемая литература: [6, с. 110–111].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Как изменится прогиб балки, если изгибающий момент уменьшится в три раза?

2. Балки, изготовленные из стали и чугуна, имеющие одинаковые размеры и устройство опор, подвергаются действию одинаковых сил. Сравните величину максимальных прогибов этих балок.

3. Деревянная балка прямоугольного поперечного сечения нагружена сосредоточенной силой $F = 4$ кН посередине пролета. Определить максимальный прогиб балки, а также углы поворота опорных сечений. При расчете принять модуль упругости для древесины $E = 10^4$ МПа.

4. Деревянная балка прямоугольного поперечного сечения нагружена сосредоточенной силой $F = 5$ кН, приложенной на конце пролета балки. Определить максимальный прогиб балки, а также углы поворота опорных сечений. При расчете принять модуль упругости для древесины $E = 10^4$ МПа.

Практическое занятие № 11 на тему: «Элементы конструкций, работающие на срез и смятие. Расчет на прочность при срезе (смятии)».

Цель занятия: формирование навыков расчета на срез и смятие.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для расчета на прочность при срезе и смятии.

Рекомендуемая литература: [6, с. 76–79].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие элементы конструкций работают на срез и смятие? Приведите примеры.

2. Диаметр заклепки увеличился в два раза. Как изменится расчетное напряжение среза?

3. Определите площади среза и смятия для заклепки при диаметре $d = 20$ мм, $\delta = 16$ мм. Вычислите расчетные напряжения среза и смятия, если сила $F = 60$ кН.

4. Определить, исходя из условий прочности на срез и смятие, необходимый диаметр болта в двухсрезном болтовом соединении, если толщина деталей $\delta = 20$ мм; $\delta_1 = 12$ мм. Принять допускаемые напряжения равными: $[\tau_{ср}] = 100$ МПа; $[\sigma_{см}] = 240$ МПа. Растягивающая сила составляет $F = 120$ кН. Болт установлен в отверстие без зазора.

Практическое занятие № 12 на тему: «**Определение координат центра тяжести фигур**».

Цель занятия: формирование навыков расчета при определении координат центра тяжести фигур.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для определения координат центра тяжести.

Рекомендуемая литература: [6, с. 46–48].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Где располагается центр тяжести тела, имеющего ось симметрии?
2. Определить координаты центра тяжести таврового сечения. Размеры принять произвольные.
3. Определить координаты центра тяжести круга, прямоугольника. Размеры принять произвольные.
4. Определить координаты центра тяжести плоской фигуры, составленной из двух прямоугольников, один из которых с круглым отверстием. Размеры принять произвольные.

Практическое занятие № 13 на тему: «**Определение координат центра тяжести сечений, в том числе и составных**».

Цель занятия: формирование навыков расчета при определении координат центра тяжести сечений, в том числе и составных.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для определения координат центра тяжести составных сечений.

Рекомендуемая литература: [6, с. 46–48].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Записать формулу для определения координат центра тяжести составного сечения.
2. Сечение содержит полосу, размещенную в основании и двутавр № 12, установленный над полосой. Высота полосы 10 мм, ширина равна ширине полки двутавра. Определить координаты центра тяжести составного сечения.
3. Сечение содержит двутавр № 12 и полосу, установленную на верхней полке двутавра. Высота полосы 10 мм, ширина равна ширине полки двутавра. Определить координаты центра тяжести составного сечения.
4. Сечение содержит полосу, размещенную в основании, два швеллера № 10, установленные над полосой. Высота полосы 20 мм, ширина равна 80 мм. Определить координаты центра тяжести составного сечения.

Практическое занятие № 14 на тему: «**Определение геометрических характеристик сечений: площади простых и составных фигур**».

Цель занятия: формирование навыков в определении площади простых и составных фигур.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для определения площади простых и составных фигур.

Рекомендуемая литература: [6, с. 46–48].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Фигура содержит полосу, размещенную в основании, прямоугольный треугольник и круг. При этом треугольник установлен над полосой, слева от края полосы, а круг – над полосой, справа от ее края. Размеры фигур произвольные. Выполнить подсчет площади составной фигуры.

2. Сечение содержит полосу, размещенную в основании и двутавр № 12, установленный над полосой. Высота полосы 10 мм, ширина равна ширине полки двутавра. Определить площадь составного сечения.

3. Сечение содержит полосу, размещенную в основании, два швеллера № 10, установленные над полосой. Высота полосы 20 мм, ширина равна 80 мм. Определить площадь составного сечения.

4. Фигура содержит полый квадрат и круг, размещенный над квадратом. Размеры фигур произвольные. Выполнить подсчет площади составной фигуры.

Практическое занятие № 15 на тему: «**Определение геометрических характеристик сечений: полярные моменты инерции и сопротивления сечений**».

Цель занятия: формирование навыков вычисления полярных моментов инерции и моментов сопротивления сечений.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для определения полярных моментов инерции и моментов сопротивления сечений.

Рекомендуемая литература: [6, с. 46–48].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Запишите формулу для определения полярного момента инерции кругового сечения.

2. Запишите формулу для определения полярного момента инерции кольцевого сечения.

3. Как определить полярный момент сопротивления кругового сечения?

4. Как установить полярный момент сопротивления кольцевого сечения?

Практическое занятие № 16 на тему: «**Определение геометрических характеристик сечений: осевые моменты инерции и сопротивления сечений**».

Цель занятия: формирование навыков вычисления осевых моментов инерции и моментов сопротивления сечений.

Рекомендации: при выполнении практического задания необходимо научиться применять формулы для определения осевых моментов инерции и моментов сопротивления сечений.

Рекомендуемая литература: [6, с. 46–48].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Запишите формулу для определения осевых моментов инерции кругового сечения.
2. Запишите формулу для определения осевых моментов инерции кольцевого сечения.
3. Запишите формулу для определения осевых моментов инерции прямоугольного сечения.
4. Как определить осевые моменты сопротивления кругового сечения?
5. Как установить осевые моменты сопротивления кольцевого сечения?
6. Как установить осевые моменты сопротивления прямоугольного сечения?

В третьем семестре практические занятия представляют собой контактную работу с преподавателем в аудитории. Темы практических занятий третьего семестра, а также цели и рекомендации даны ниже.

Практическое занятие № 1 на тему: «**Знакомство с кинематическими схемами плоских механизмов. Структурный анализ механизмов**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков чтения кинематических схем плоских механизмов, обучение навыкам структурного анализа, а именно: определению степени подвижности плоских механизмов, выделение их структурных групп, построение структурного графа механизма.

Рекомендации: при выполнении задания по теме, связанной со структурным анализом механизмов, необходимо научиться анализировать состав звеньев и кинематических пар механизма, определять степень его подвижности. Используя структурную формулу П. Л. Чебышева, выделить структурные группы механизма, сформировать его структурный граф. Полученный структурный граф механизма описать вербально.

Рекомендуемая литература: [1, с. 5–15].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите звенья, входящие в состав кривошипно-коромыслового механизма.
2. Назовите элементы, входящие в состав кривошипно-ползунного механизма.
3. Назовите звенья, входящие в состав кулисных механизмов.
4. Перечислите, какие кулисные механизмы Вы знаете?
5. Перечислите элементы, входящие в состав пятизвенного рычажного механизма.
6. Запишите структурную формулу П. Л. Чебышева. Какие параметры входят в эту формулу?
7. Какие структурные группы механизма Вы знаете? Чем они отличаются друг от друга?
8. Что такое структурный граф механизма? Как выполнить его построение?

Практическое занятие № 2 на тему: «Геометрия механизмов. Построение крайних и текущих положений плоских механизмов».

Цель занятия: формирование у студентов навыков построения крайних и текущих положений плоских механизмов.

Рекомендации: при выполнении практического задания, связанного с построением крайних и текущего положений механизмов, задана его кинематическая схема. По этой схеме устанавливают, когда механизм достигает крайних положений, выполняют необходимые расчеты с определением геометрических параметров механизма в крайних положениях, строят крайние и текущие положения на листе миллиметровой бумаги. При выполнении расчетов используют: формулы для определения радиусов R и r , применяемых при построении крайних положений кривошипно-коромыслового и кривошипно-ползунного механизмов; соотношения для рабочей длины кулисы $l_{2\text{раб}}$ в крайнем положении кулисного механизма с качающейся и вращающейся кулисами.

Рекомендуемая литература: [4, с. 33–37]; [9].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Нарисуйте крайнее правое и крайнее левое положения кривошипно-коромыслового механизма.
2. Изобразите крайние положения кривошипно-ползунного механизма.
3. Нарисуйте крайнее правое и крайнее левое положения кулисного механизма с качающейся кулисой.
4. Изобразите крайние положения кулисного механизма с вращающейся кулисой.

5. Нарисуйте крайнее правое и крайнее левое положения кулисного механизма с поступательно движущейся кулисой.

6. Изобразите текущее положение кривошипно-коромыслового механизма, при котором кривошип перпендикулярен линии центров.

7. Нарисуйте текущее положение кривошипно-коромыслового механизма, при котором кривошип лежит на линии центров.

8. Запишите формулы для определения радиусов R и r , используемых при построении крайних положений кривошипно-коромыслового и кривошипно-ползунного механизмов.

9. Кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой: запишите формулу для определения рабочей длины кулисы в крайнем положении.

10. Кривошипно-кулисный механизм с вращающейся кулисой: запишите формулу для определения рабочей длины кулисы в крайнем положении. Чем записанная формула отличается от формулы по вопросу 9?

Практическое занятие № 3 на тему: «**Кинематический анализ плоских механизмов аналитическим методом**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков вывода функции положения, первой и второй геометрических передаточных функций для плоских механизмов.

Рекомендации: при выполнении практического задания, посвященного кинематическому анализу механизмов, следует начертить текущее положение заданного механизма, выполнить вывод функции положения. Затем вывести формулы для определения первой и второй геометрических передаточных функций.

Рекомендуемая литература: [1, с. 39–46]; [4].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Запишите функцию положения для кривошипно-ползунного механизма.

2. Напишите соотношение для определения функции положения кривошипно-кулисных механизмов с качающейся и вращающейся кулисами.

3. Запишите функцию положения для кулисного механизма с поступательно движущейся кулисой.

4. Составьте алгоритм определения скорости точки В, принадлежащей коромыслу, для кривошипно-коромыслового механизма, используя понятие о мгновенном центре скоростей (МЦС).

5. Составьте алгоритм определения ускорения точки В, принадлежащей коромыслу, для кривошипно-коромыслового механизма, используя понятие о мгновенном центре ускорений (МЦУ).

6. Запишите первую и вторую геометрические передаточные функции для кривошипно-ползунного механизма.

7. Напишите соотношения для определения первой и второй геометрических передаточных функций кривошипно-кулисных механизмов с качающейся и вращающейся кулисами.

8. Запишите первую и вторую геометрические передаточные функции для кулисного механизма с поступательно движущейся кулисой.

9. Как установить скорость точки А, принадлежащей кривошипу, зная длину кривошипа и его угловую скорость?

10. Как установить ускорение точки А, принадлежащей кривошипу, зная длину кривошипа и его угловое ускорение?

Практическое занятие № 4 на тему: «**Основы динамики механизмов и машин**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков динамического анализа механизмов и машин.

Рекомендации: при выполнении практического задания, посвященного динамическому анализу механизмов, следует составить динамическую модель механизма. Записать соответствующее математическое описание для выбранной динамической модели механизма.

Рекомендуемая литература: [1, с. 39–46]; [4].

Вопросы и задания для самоконтроля.

1. Зарисуйте типовые динамические модели цикловых механизмов?

2. Перечислите признаки классификации динамических моделей цикловых механизмов.

3. Привод с цикловым механизмом. Методика составления системы дифференциальных уравнений.

4. Динамическая модель с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Практическое занятие № 5 на тему: «**Подбор электродвигателя для редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков в подборе электродвигателя для редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания анализируют схему редуктора, например, одноступенчатого цилиндрического; по справочнику выписывают значения коэффициентов полезного действия элементов, входящих в его состав; определяют коэффициент полезного действия механизма; устанавливают мощность на быстроходном валу; по таблицам каталога подбирают электродвигатель. При этом применяют следующие аналитические зависимости: формулу для определения коэффициента полезного действия механизма; соотношение для мощности на быстроходном валу; неравенство, используемое при подборе электродвигателя.

Рекомендуемая литература: [5, с. 30–32]; [7, с. 10–12].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Из каких элементов состоит одноступенчатый цилиндрический редуктор?
2. Назовите числовое значение КПД пары подшипников качения.
3. Запишите значение КПД цилиндрической зубчатой передачи (закрытой, открытой).
4. Назовите числовое значение КПД муфты.
5. Сколько подшипников качения входят в состав одноступенчатого редуктора?
6. Как называется вал, на котором размещена шестерня цилиндрической зубчатой передачи?
7. Как называется вал, на котором размещено зубчатое колесо цилиндрической передачи?

Практическое занятие № 6 на тему: «**Кинематический и силовой расчет редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков в выполнении кинематического и силового расчета редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания оценивают заданную частоту вращения тихоходного вала редуктора, определяют силовые и кинематические параметры быстроходного вала, а затем тихоходного вала; формулы для определения силовых и кинематических параметров быстроходного и тихоходного валов редуктора выводят, исходя из заданной схемы передачи.

Рекомендуемая литература: [5, с. 30–32, 35–40]; [7, с. 10–12].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Как изменяется мощность от вала электродвигателя к тихоходному валу редуктора?
2. Сформулируйте заключение об изменении частоты вращения и угловой скорости от вала электродвигателя к тихоходному валу редуктора.
3. Как изменяется вращающий момент от вала электродвигателя к тихоходному валу редуктора?
4. Параметры P_1 и P_2 – это ...
5. Буквенные обозначения n_1 и n_2 – это ...
6. Параметры ω_1 и ω_2 – это ...
7. Буквенные обозначения T_1 и T_2 – это ...
8. Какие передачи с параллельными осями валов Вы знаете?

Практическое занятие № 7 на тему: «**Анализ геометрических параметров двухступенчатого цилиндрического редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков анализа геометрических параметров на примере двухступенчатого цилиндрического редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания определяют количество зубьев шестерни и колеса каждой ступени редуктора, шаг, высоту зуба каждой детали. Используя соответствующие формулы, устанавливают геометрические параметры двухступенчатого цилиндрического редуктора, анализируют аспекты варьирования названных параметров.

Рекомендуемая литература: [8, с. 11].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Сформулируйте фразу: «Редуктор – это устройство ...».
2. Как изменяется в редукторе частота вращения, мощность, вращающий момент от быстроходного вала к тихоходному валу?
3. Назовите преимущества и недостатки косозубой цилиндрической зубчатой передачи.
4. Перечислите виды отказов, возникающих при работе цилиндрической зубчатой передачи.
5. Назовите геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи.
6. Что такое модуль зубчатого зацепления?
7. Какова связь между торцовым и нормальным шагом в косозубой передаче?

Практическое занятие № 8 на тему: «**Изучение методики проектирования одноступенчатого цилиндрического редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков проектирования цилиндрической зубчатой передачи.

Рекомендации: при выполнении практического задания определяют межосевое расстояние по формуле, используемой при проектном расчете. Полученное значение межосевого расстояния принимают из ближайших больших стандартных значений по предложенному ряду. Далее выполняют расчет ширины зубчатого венца и модуля (их значения округляют до стандартных по ряду); определяют числа зубьев шестерни и колеса; выполняют расчет диаметров шестерни и колеса.

Рекомендуемая литература: [5, с. 81–85]; [8].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. От каких факторов зависит числовое значение межосевого расстояния?
2. От каких параметров зависит значение ширины зубчатого венца?
3. Функцией каких параметров является модуль зубчатого зацепления?

4. От каких параметров зависит числовое значение суммарного числа зубьев шестерни и колеса?

5. Делительный диаметр шестерни и колеса для цилиндрической передачи представляет собой произведение ...

6. По какой формуле устанавливают диаметр по впадинам зубьев шестерни и колеса для цилиндрической передачи?

7. Запишите формулы для диаметра по выступам зубьев шестерни и колеса у цилиндрической передачи.

8. Изобразите эскизно цилиндрическую зубчатую передачу на листе миллиметровой бумаги по полученным геометрическим размерам.

Практическое занятие № 9 на тему: «Анализ геометрических параметров двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора».

Цель занятия: формирование у студентов навыков анализа геометрических параметров на примере коническо-цилиндрического редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания определяют количество зубьев шестерни и колеса каждой ступени редуктора, шаг на внешнем торце, высоту зуба на внешнем торце каждой конической детали. Используя соответствующие формулы, устанавливают геометрические параметры двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, анализируют диапазоны изменения названных параметров.

Рекомендуемая литература: [1, с. 254–256]; [3, с. 35]; [5, с. 81–84]; [6, с. 14].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Сформулируйте фразу: «Редуктор – это устройство ...».

2. Как изменяется в редукторе частота вращения, мощность, вращающий момент?

3. Назовите преимущества и недостатки конической передачи.

4. Почему модуль в конической передаче имеет разное значение по длине зуба?

5. Перечислите геометрические параметры конического колеса.

6. Какие детали и узлы входят в состав коническо-цилиндрического редуктора.

7. От каких параметров зависит внешнее конусное расстояние?

8. Какова связь между внешним окружным модулем и окружным модулем в среднем сечении?

Практическое занятие № 10 на тему: «Изучение методики проектирования одноступенчатого конического редуктора».

Цель занятия: формирование у студентов навыков проектирования конической зубчатой передачи.

Рекомендации: при выполнении практического задания устанавливают делительный диаметр на внешнем конусе колеса, внешнее конусное расстояние, ширину зубчатого венца, углы делительного конуса шестерни и колеса, делительный диаметр на внешнем конусе шестерни, определяют числа зубьев конических шестерни и колеса; выполняют расчет диаметров конических шестерни и колеса.

Рекомендуемая литература: [5, с. 119–123]; [8].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. От каких факторов зависит числовое значение делительного диаметра на внешнем конусе колеса для конической передачи?
2. Дополните фразу: «Внешнее конусное расстояние является функцией ... параметров».
3. От каких параметров зависит значение ширины зубчатого венца для конической передачи?
4. По каким параметрам устанавливают примерное число зубьев конической передачи?

Практическое занятие № 11 на тему: «**Анализ геометрических параметров одноступенчатого червячного редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков анализа геометрических параметров на примере одноступенчатого червячного редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания определяют число заходов червяка и число зубьев колеса, шаг, высоту зуба (витка) каждой детали. Используя соответствующие формулы, устанавливают геометрические параметры одноступенчатого червячного редуктора, анализируют факторы варьирования таких параметров.

Рекомендуемая литература: [6, с. 136].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Сформулируйте фразу: «Редуктор – это устройство ...».
2. Как изменяется в редукторе частота вращения, мощность, вращающий момент?
3. Преимущества и недостатки червячной передачи.
4. Из каких материалов изготавливается венец червячного колеса?
5. Является ли червячный редуктор самотормозящей передачей?
6. Перечислите основные геометрические размеры червяка, червячного колеса.
7. Назовите единицу измерения модуля.

Практическое занятие № 12 на тему: «Изучение методики проектирования одноступенчатого червячного редуктора».

Цель занятия: формирование у студентов навыков проектирования одноступенчатого червячного редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания устанавливают межосевое расстояние червячной передачи, число заходов червяка, число зубьев червячного колеса, модуль, диаметры червяка и червячного колеса. По полученным данным эскизно вычерчивают червяк или червячное колесо.

Рекомендуемая литература: [7, с. 152].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. От каких факторов зависит числовое значение межосевого расстояния для червячной зубчато-винтовой передачи?
2. Каким образом устанавливают модуль для червячной передачи?
3. Дополните фразу: «Коэффициент смещения X является функцией ... параметров».
4. Как определить делительный диаметр червяка в червячной передаче?

Практическое занятие № 13 на тему: «Изучение методики проектирования ременной передачи».

Цель занятия: формирование у студентов навыков проектирования ременной передачи.

Рекомендации: при выполнении практического задания определяют диаметры ведущего и ведомого шкивов, скорость движения ремня, межосевое расстояние, расчетную длину ремня, угол обхвата ремнем ведущего шкива. По полученным данным эскизно вычерчивают ведущий или ведомый шкивы.

Рекомендуемая литература: [8, с. 285–289].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. От какого параметра зависит числовое значение диаметра ведущего шкива ременной передачи?
2. Каким образом устанавливают диаметр ведомого шкива ременной передачи?
3. Как определить расчетную длину ремня?
4. Дополните фразу: «Межосевое расстояние ременной передачи является функцией ... параметров».

Практическое занятие № 14 на тему: «Изучение методики проектирования цепной передачи».

Цель занятия: формирование у студентов навыков проектирования цепной передачи.

Рекомендации: при выполнении практического задания минимальное число зубьев ведущей звездочки, число зубьев ведомой звездочки, шаг цепи, делительный диаметр ведущей звездочки, межосевое расстояние передачи,

длину цепи в шагах. По полученным данным эскизно вычерчивают ведущую или ведомую звездочки.

Рекомендуемая литература: [8, с. 297].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. От какого параметра зависит числовое значение диаметра ведущей звездочки цепной передачи?
2. Каким образом устанавливают диаметр ведомой звездочки цепной передачи?
3. Как установить расчетную длину цепи (в шагах)?
4. Дополните фразу: «Межосевое расстояние цепной передачи является функцией ... параметра».

Практическое занятие № 15 на тему: «**Изучение работы планетарного редуктора**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков практической работы с конструкцией планетарного редуктора.

Рекомендации: при выполнении практического задания следует изучить работу планетарного редуктора с использованием соответствующего автоматизированного лабораторного комплекса.

Рекомендуемая литература: [8, с. 234].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Как изменяется мощность на выходном валу в функции момента на том же валу?
2. Какой вид имеет график КПД в функции момента на выходном валу?
3. Сформулируйте этапы подготовки к работе автоматизированного лабораторного комплекса.
4. Расскажите ход выполнения работы, связанной с функционированием планетарного редуктора.

Практическое занятие № 16 на тему: «**Анализ конструкции двухколлодного тормоза**».

Цель занятия: формирование у студентов навыков практической работы с конструкцией двухколлодного тормоза.

Рекомендации: при выполнении практического задания следует изучить работу двухколлодного тормоза с использованием соответствующего автоматизированного лабораторного комплекса.

Рекомендуемая литература: [3, с. 158].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Поясните состав тормоза с двумя колодками.
2. Зарисуйте эскизно схему двухколлодного тормоза, выполните измерения его геометрических параметров.
3. Как изменяется график зависимости тормозного момента при уменьшении длины пружины?

4. Как изменяется тормозной момент в зависимости от начальной скорости ротора?

Студенты заочной формы обучения закрепляют теоретический материал самостоятельно, используя учебно-методические пособия по практическим занятиям и по выполнению расчетно-графических работ.

3 ЗАДАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

3.1 Задания для выполнения расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа направлена на закрепление теоретических знаний и приобретение умений и навыков расчета механических передач, проектирования отдельных узлов и деталей. Выполнение расчетно-графической работы предусмотрено как для студентов очной, так и для студентов заочной форм обучения.

Цель выполнения расчетно-графической работы – получить навык в определении геометрических параметров передачи, входящих в состав электропривода; умений расчета и конструирования тихоходного вала передачи.

Расчетно-графическая работа сводится к решению двух задач, исходные данные которых приведены по вариантам.

Формулировка задачи. Определить геометрические параметры передачи, входящей в состав машины. Известен вращающий момент T_2 , Н·мм, на тихоходном валу передачи, передаточное число u , характеристики материала шестерни и колеса. Выполнить проверочный расчет передачи по изгибным напряжениям. По дополнительному указанию преподавателя построить эскиз зубчатого колеса.

Этапы решения задачи:

1. Эскизно вычертить схему передачи, входящей в состав привода.
2. Записать формулу для определения главного параметра передачи, подставить исходные данные и выполнить подсчет. Принять числовое значение этого параметра по стандартному ряду.
3. В зависимости от типа передачи выполнить расчет геометрических параметров по изложенной в справочниках (учебно-методических пособиях) методике.
4. При необходимости выполнить эскиз детали, заданной преподавателем.

Формулировка задачи. Для заданной схемы привода машины выполнить расчет тихоходного вала передачи, подобрать подшипники качения

для вала. Рассчитать шпоночное соединение вала со ступицей зубчатого колеса. Выполнить расчет тихоходного вала на статическую прочность. Исходные данные: вращающий момент T_2 , Н·м на тихоходном валу передачи, числа зубьев шестерни Z_1 и колеса Z_2 , модуль зубчатого зацепления m . Построить эскиз тихоходного вала.

Этапы решения задачи:

1. По установленным геометрическим размерам эскизно вычертить тихоходный вал, входящей в состав привода.
2. Выполнить переход от эскиза тихоходного вала привода к его расчетной схеме, приложив активные силы и реакции связей.
3. Определить реакции связей и построить эпюры внутренних силовых факторов (для двух плоскостей).
4. Определить опасное сечение вала и выполнить его расчет на усталостную и статическую прочность.

3.2 Рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

Студенты очной формы обучения получают задание для выполнения расчетно-графической работы в начале третьего семестра. Выполнение такой работы – преимущественно самостоятельная работа студента. Используя учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графических работ, студент делает заявленный расчет и демонстрирует результаты выполнения этой работы преподавателю на занятии или во время запланированных консультаций. Выполненная и проверенная расчетно-графическая работа – основание для допуска к экзамену.

Студенты заочной формы обучения закрепляют теоретический материал самостоятельно, используя учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графических работ. Студентам-заочникам необходимо выполнить одну такую работу. В упомянутом пособии сформированы задания с вариантами, дана теоретическая справка и примеры решения задач. Пособие содержит требования к оформлению расчетно-графической работы, а также критерии оценивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батиенков, В. Т. Техническая механика: учеб. пособие / В. Т. Батиенков, В. А. Волосухин, С. И. Евтушенко. – Москва: РИОР: ИНФРА-М. – 2011. – 379 с.
2. Техническая механика / под ред. Д. В. Чернилевский: в 4 т. – Кн. 1. Теоретическая механика. – Москва: Машиностроение. – 2012. – 128 с.
3. Техническая механика / под ред. Д. В. Чернилевский: в 4 т. – Кн. 2. Сопротивление материалов. – Москва: Машиностроение. – 2012. – 160 с.
4. Техническая механика / под ред. Д. В. Чернилевский: в 4 т. – Кн. 3. Основы теории механизмов и машин. – Москва: Машиностроение. – 2012. – 104 с.
5. Техническая механика / под ред. Д. В. Чернилевский: в 4 т. – Кн. 4. Детали машин и основы проектирования. – Москва: Машиностроение. – 2012. – 160 с.
6. Мовнин, М. С. Техническая механика / М. С. Мовнин, А. Б. Израелит. – Ленинград: Судостроение, 1971. – Ч. 1. Теоретическая механика. – 344 с.
7. Середа, Н. А. Техническая механика. Структура и геометрия механизмов электрических приборов: учеб. пособие для вузов / Н. А. Середа. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 185 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13879-5.
8. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие для технических специальностей вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – Москва: Высшая школа, 2001. – 447 с.
9. Середа, Н. А. Теория механизмов и машин. Построение положений механизмов: учебно-методическое пособие по выполнению раздела курсовой работы / Н. А. Середа. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 53 с.
10. Середа, Н. А. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование / Н. А. Середа. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – 93 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Критерии и нормы оценки промежуточной аттестации в виде экзамена

Применяется универсальная система оценивания результатов обучения. Эта система включает в себя следующие виды оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица П.1).

Таблица П.1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерии				
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

<div>Система оценок</div> <div>Критерии</div>				
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Локальный электронный методический материал

Наталья Александровна Середа

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 3,7. Печ. л. 3,1.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1