

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

О. С. Витренко

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки
15.03.01 Машиностроение и 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
Издательство КГТУ
2022

УДК 531.1-4

Рецензент

доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»

С. В. Федоров

Витренко, О.С.

Теоретическая механика: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение и 15.03.02 Технологические машины и оборудование / О. С. Витренко – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 28 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Теоретическая механика» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, отражены рекомендации и требования для выполнения расчетно-графических работ и практических занятий для направлений подготовки 15.03.01 Машиностроение и 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Табл. 3, список лит. – 8 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики 30 июня 2022 г., протокол № 6

УДК 531.1-4

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Витренко О. С., 2022 г.

Оглавление

Введение	4
1 Методические рекомендации по изучению дисциплины.....	8
Тема 1. Введение. Аксиомы статики. Связи.....	8
Тема 2. Статика плоской системы сил	9
Тема 3. Статика пространственной системы сил	10
Тема 4. Кинематика точки	11
Тема 5. Кинематика поступательного и вращательного движения тела	12
Тема 6. Кинематика плоскопараллельного движения.....	13
Тема 7. Сложное движение точки.....	14
Тема 8. Основные теоремы динамики	15
Тема 9. Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики.....	17
2 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	18
Тема 1. Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил	18
Тема 2. Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил, произвольно расположенных в плоскости	19
Тема 3. Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы	19
Тема 4. Способы задания движения точки. Скорость точки. Тангенциальное и нормальное ускорение точки	20
Тема 5. Поступательное движение. Кинематика вращательного движения	20
Тема 6. Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение	20
Тема 7. Скорость и ускорение точки при сложном движении	20
Тема 8. Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки.....	21
Тема 9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.....	21
3 Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы	22
Библиографический список	24
Приложение А. Экзаменационные вопросы по дисциплине.....	25
Приложение Б. Пример экзаменационного практического задания.....	27

Введение

Дисциплина «Теоретическая механика» является частью образовательной программы бакалавриата по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение и 15.03.02 Технологические машины и оборудование, и изучается студентами очной и заочной форм обучения в третьем семестре.

Целью освоения дисциплины «Теоретическая механика» является формирование у обучающихся знаний, умений и навыков в области механики. Студенты должны иметь представление о механическом движении вещественных форм материальных объектов в пространстве с течением времени, знать и уметь использовать методы и законы теоретической механики для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных технологических машин и оборудования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные фундаментальные понятия, законы и теоремы теоретической механики, а также основные приемы и методы решения задач;

уметь:

– применять теоретические знания для решения профессиональных задач по профилю подготовки;

владеть:

– практическими навыками решения задач в области механики.

Дисциплина опирается на компетенции, полученные при изучении дисциплин «Алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Физика», «Инженерная и компьютерная графика».

Дисциплина «Теоретическая механика» является базой для получения знаний, умений и навыков при изучении таких дисциплин как «Соппротивление материалов», «Теория машин и механизмов», «Детали машин и основы конструирования», «Основы проектирования», «Технология машиностроения», и др.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- расчетно-графические работы;
- задания по практическим занятиям.

Расчетно-графическая работа (РГР). Студенты как очной, так и заочной форм обучения при изучении дисциплины должны выполнить комплексную расчетно-графическую работу, содержащую задачи по трем разделам. Соответственно, РГР Ч.1 посвящена решению четырех задач по разделу

«Статика», РГР Ч.2 предусматривает решение четырех задач раздела «Кинематика» и РГР Ч.3 состоит из решения 2 задач по разделу «Динамика».

Студенты выполняют расчетно-графическую работу во внеаудиторное время. После окончательного выполнения какой-либо части расчетно-графической работы они представляют ее на контрольную проверку преподавателю. В случае правильного выполнения работы учащиеся допускаются к защите соответствующей части РГР.

Защита работ осуществляется путем собеседования или решения задачи, аналогичной выполненной в РГР, но в сокращенном и облегченном объеме. Задачу на защиту преподаватель в каждом случае составляет и выдает индивидуально. Защита работы осуществляется в часы индивидуальных консультаций. Для окончательной сдачи расчетно-графической работы студентам необходимо представить правильно решенную РГР и выполнить ее защиту.

Оценка РГР осуществляется по следующим основным параметрам:

- полнота и правильность выполнения заданий;
- аккуратность оформления;
- способность квалифицированно отвечать на вопросы;
- своевременность сдачи.

Более подробно требования к выполнению РГР рассмотрены в соответствующих методических пособиях [6, 7, 8].

К оценочным средствам для промежуточной аттестации, проводимой в форме экзамена в третьем семестре, относятся экзаменационные вопросы и задания (для экзамена).

Условия допуска к экзамену студентов очной и заочной формы обучения: выполненные и защищенные три расчетно-графические работы,

Экзаменационные вопросы и задания. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Список экзаменационных вопросов представлен в Приложении А. Пример практического задания – в Приложении Б.

Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной, зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных при ответе на экзаменационные вопросы и решении экзаменационных заданий) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
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 них 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 полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 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
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 задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
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

В данном учебно-методическом пособии представлены методические материалы по изучению дисциплины, включающие тематический план занятий с перечнем ключевых вопросов для каждой лекции, рекомендуемой литературой, методическими указаниями и вопросами для самоконтроля. Изложены методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям. В Приложениях приведены экзаменационные вопросы и пример практического экзаменационного задания.

1 Методические рекомендации по изучению дисциплины

«Теоретическая механика» является важной и неотъемлемой дисциплиной большинства технических специальностей, формирующей у обучающихся готовность к расчету деталей и узлов общемашиностроительного применения. Осваивая курс, студент получает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сумеет самостоятельно овладеть всем новым, с чем ему придется сталкиваться в ходе дальнейшего научно-технического прогресса. Изучение теоретической механики способствует расширению кругозора и повышению общей культуры будущего специалиста, развитию его мышления и становлению его мировоззрения.

Приступая к изучению данного курса, рекомендуется придерживаться последовательности, соответствующей тематическому плану, приведенному ниже

Приходя на очередную лекцию, необходимо обязательно предварительно просмотреть конспект предыдущей лекции. В случае вынужденного пропуска нужно изучить ее самостоятельно, используя список рекомендованных литературных источников, приведенный в данном учебно-методическом пособии. Ответы на возникшие при этом вопросы можно решить с помощью рекомендованной литературы или на консультации у преподавателя.

Тематический план лекционных занятий

Таблица 2 – План лекционных занятий

Тема 1	Введение. Аксиомы статики. Связи
Тема 2	Статика плоской системы сил
Тема 3	Статика пространственной системы сил
Тема 4	Кинематика точки
Тема 5	Кинематика поступательного и вращательного движения тела
Тема 6	Кинематика плоскопараллельного движения
Тема 7	Сложное движение точки
Тема 8	Основные теоремы динамики
Тема 9	Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики

Тема 1. Введение. Аксиомы статики. Связи

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Планируемые результаты освоения дисциплины.
4. Предмет курса теоретической механики.
5. Основные понятия и определения теоретической механики. Ее разделы.
6. Аксиомы статики.

7. Связи и их реакции.
8. Проекция силы на ось и плоскость.
9. Условие равновесия системы сходящихся сил.

Источники: [1, с. 65–71], [2, с. 7–35].

Методические рекомендации

В начале изучения дисциплины «Теоретическая механика» необходимо понять ее цели и задачи, место в структуре образовательной программы, планируемые результаты освоения дисциплины.

Дисциплина состоит из трех разделов: «Статика», «Кинематика» и «Динамика». Изучение начинается с раздела «Статика», а именно с основных понятий и определений.

Далее следует ознакомиться с аксиомами статики, разобрать основные виды связей и их реакции. После чего следует рассмотреть, как находится проекция силы на ось, затем на плоскость. Рассмотреть несколько примеров нахождения проекции силы на ось и на плоскость, а также аналитическое и геометрическое условия равновесия системы сходящихся сил. Рассмотреть пример нахождения реакции связи для тела, находящегося под действием системы сходящихся сил.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает дисциплина «Теоретическая механика»?
2. Из каких разделов она состоит?
3. Что изучает раздел «Статика»?
4. Что в теоретической механике принято называть материальной точкой?
5. Какую величину называют силой? Чем она характеризуется?
6. Что в теоретической механике называют связью? Как определяется направление реакции связи?
7. Сформулируйте основные аксиомы статики.

Тема 2. Статика плоской системы сил

Ключевые вопросы темы

1. Момент силы относительно точки.
2. Сложение параллельных сил.
3. Пара сил. Условие равновесия пар сил.
4. Система сил, произвольно расположенных на плоскости. Геометрическая и аналитическая формы условий равновесия сил.
5. Система параллельных сил. Условие равновесия.
6. Приведение плоской системы сил к заданному центру. Теорема Пуансо.
7. Статически определенные и неопределенные задачи.

Источники: [1, с. 71–91], [2, с. 46–64], [3, с. 8, 13, 28, 32–34].

Методические рекомендации

В рамках данной темы студентам необходимо изучить, что такое момент силы относительно точки, чем он характеризуется, как определяются его направление и величина.

Следует разобраться, как следует складывать параллельные силы, если они направлены в одну сторону и в разные.

Далее следует ознакомиться с понятием «пара сил» и условием равновесия пар сил.

Особое внимание при изучении темы обратить на геометрическую и аналитическую форму условий равновесия сил, произвольно расположенных на плоскости. Необходимо разобраться, как составляются уравнения равновесия.

Затем перейти к ознакомлению с условием равновесия системы параллельных сил, рассмотреть теорему Пуансо. Завершить изучение данной темы рекомендуется рассмотрением примера задачи по определению неизвестных реакций опор балки, находящейся под действие системы сил, произвольно расположенных в плоскости.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризует момент силы относительно точки? В чем измеряется?
2. По какой формуле определяется величина момента силы относительно точки?
3. Свойства момента силы относительно оси.
4. Что называется парой сил?
5. Как формулируется теорема Пуансо?
6. В чем заключается аналитическая форма условия равновесия сил, произвольно расположенных на плоскости?
7. В чем заключается геометрическая форма условия равновесия сил, произвольно расположенных в плоскости?

Тема 3. Статика пространственной системы сил

Ключевые вопросы темы

1. Теорема Вариньона. Главный вектор. Главный момент.
2. Условие равновесия пространственной системы сходящихся сил.
3. Условие равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
4. Условие равновесия пространственной системы параллельных сил.
5. Условие равновесия тела, имеющего неподвижную ось.

Источники: [3, с. 94], [2, с. 91–115], [3, с. 45, 49].

Методические рекомендации

Перед началом изучения статики пространственной системы сил необходимо ознакомиться с теоремой Вариньона. Затем можно рассмотреть, как составляются уравнения равновесия для пространственной системы сходящихся сил. И после этого можно переходить к рассмотрению условий равновесия системы произвольно расположенных сил в пространстве.

Далее нужно перейти к рассмотрению пространственной системы параллельных сил. Понять, какие уравнения будут входить в условие равновесия, а какие необходимы для определения неизвестных реакций, затем рассмотреть равновесие тела, имеющего неподвижную ось.

Завершить изучение данной темы рекомендуется рассмотрением примера решения задачи по определению неизвестных реакций под воздействием пространственной системы произвольно расположенных сил.

Вопросы для самоконтроля

1. Как изображается по модулю и направлению равнодействующая пространственной системы трех сходящихся сил?
2. Сформулируйте теорему Вариньона.
3. Что является условием равновесия пространственной системы сходящихся сил?
4. Какие уравнения являются условием равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
5. Что понимается под главным вектором и главным моментом системы сил?

Тема 4. Кинематика точки

Ключевые вопросы темы

1. Способы задания движения точки.
2. Определение скорости точки при различных способах задания движения.
3. Определение ускорения точки при различных способах задания движения.

Источники: [1, с. 5–21], [2, с. 142–183], [3, с. 64–67].

Методические рекомендации

Начинать изучение данной темы следует с рассмотрения трех способов задания движения точки – естественного, координатного и векторного. Разобраться, как будет записываться закон движения точки при каждом способе.

Затем рассмотреть методику определения скорости движения точки при естественном, координатном и векторном способе.

Далее изучение продолжить нахождением ускорения при трех способах задания движения (векторном, координатном и естественном). Разобрать, какое ускорение называется касательным, а какое нормальным. Как они определяются, куда направлены их векторы.

Завершить изучение данной темы нужно рассмотрением примера нахождения скорости и ускорения точки каждым из способов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой раздел теоретической механики называется кинематикой?
2. Какие способы задания движения точки вы знаете?
3. Как определяется скорость точки при естественном способе задания движения?
4. Как определяется скорость точки при координатном способе задания движения?
5. Как определяется скорость точки при векторном способе задания движения?
6. Как определяется ускорение точки при естественном способе задания движения?
7. Как определяется ускорение точки при координатном способе задания движения?
8. Как определяется ускорение точки при векторном способе задания движения?
9. Формула для определения нормального ускорения точки.
10. Формула для определения тангенциального ускорения точки.

Тема 5. Кинематика поступательного и вращательного движения тела

Ключевые вопросы темы

1. Поступательное движение. Закон поступательного движения.
2. Скорость и ускорение при поступательном движении твердого тела.
3. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Закон вращательного движения.
4. Линейная скорость и линейное ускорение при вращательном движении твердого тела.
5. Угловая скорость и угловое ускорение при вращательном движении твердого тела.

Источники: [1, с. 21–26], [2, с. 184–203], [3, с. 67, 68, 72].

Методические рекомендации

В рамках данной темы необходимо ознакомиться с поступательным и вращательным движением твердого тела. Начать рекомендуется с изучения поступательного движения.

Рассмотреть, какое движение называется поступательным. Его свойства. Рассмотреть примеры данного вида движения. Узнать, как записывается закон поступательного движения.

Затем перейти к рассмотрению вращательного движения, т. е. вращения тела вокруг неподвижной оси. Рассмотреть примеры данного вида движения. Ознакомиться с законом вращательного движения. При этом рекомендуется уделить внимание вопросу угловой скорости и углового ускорения. Рассмотреть связь скорости и ускорения точки вращающегося тела с характеристиками вращательного движения – угловой скоростью и угловым ускорением. Также необходимо рассмотреть закон равномерного и равнопеременного движения.

Завершить изучение данной темы следует рассмотрением примера решения задачи по определению ускорения точки вращающегося тела.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется поступательным?
2. Как записывается закон поступательного движения?
3. Приведите пример поступательного движения.
4. Какое движение называется вращательным?
5. Как записывается закон вращательного движения?
6. Как вычисляется угловая скорость?
7. Как определяется угловое ускорение?
8. Как определяется линейная скорость точки вращающегося тела?
9. Куда направлено нормальное ускорение точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?

Тема 6. Кинематика плоскопараллельного движения

Ключевые вопросы темы

1. Определение и закон плоскопараллельного движения.
2. Нахождение скоростей точек при плоскопараллельном движении.
3. Теорема о проекциях скоростей двух точек тела.
4. Мгновенный центр скоростей.
5. Частные случаи определения мгновенного центра скоростей.
6. Нахождение ускорений точек при плоскопараллельном движении.
7. Мгновенный центр ускорений.
8. Частные случаи определения мгновенного центра ускорений.

Источники: [1, с. 26–37], [2, с. 204–119, 234–256], [3, с. 72, 73, 79, 80].

Методические рекомендации

Рассмотрение данной темы необходимо начинать с рассмотрения определения и закона плоскопараллельного движения.

Следует разобраться, как определяются величина и направление скоростей точек при плоскопараллельном движении. Важно научиться находить положение мгновенного центра скоростей (МЦС) в любой момент времени движения тела.

Рекомендуется рассмотреть частные случаи нахождения мгновенного центра скоростей, несколько примеров нахождения МЦС.

Необходимо также ознакомиться с теоремой о проекциях скоростей двух точек тела, затем рассмотреть, что называется мгновенным центром ускорений. Далее можно переходить к определению ускорений и завершить изучение темы рассмотрением примера решения задачи по определению ускорения точки тела, совершающего плоскопараллельное движение.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется плоскопараллельным?
2. Закон плоскопараллельного движения.
3. Что называют мгновенным центром скоростей?
4. Как определить скорость точки при плоскопараллельном движении?
5. Что называют мгновенным центром ускорений?
6. Как определить ускорение точки при плоскопараллельном движении?

Тема 7. Сложное движение точки

Ключевые вопросы темы

1. Относительное, переносное и абсолютное движение точки.
2. Теорема о сложении скоростей.
3. Теорема о сложении ускорений.
4. Теорема Кориолиса.
5. Правило Жуковского.
6. Частные случаи нахождения ускорения Кориолиса.

Источники: [1, с. 52–57], [2, с. 275–303], [3, с. 104,109–111].

Методические рекомендации

Изучение данной темы необходимо начинать с изучения понятий относительного, переносного и абсолютного движения. Затем рассмотреть сложное движение точки на примере вращающегося конуса и точки, движущейся по его образующей.

Важно ознакомиться с теоремами о сложении скоростей и ускорений. Понять суть правила Жуковского и научиться применять его при нахождении ускорения Кориолиса.

Необходимо понять физический смысл ускорения Кориолиса и рассмотреть частные случаи его нахождения.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое движение называется относительным?
2. Какое движение называется переносным?
3. Какое движение называется абсолютным?
4. Сформулируйте правило Жуковского.
5. Запишите теорему о сложении скоростей при сложном движении точки.
6. Запишите теорему о сложении ускорений при сложном движении точки.
7. В чем заключается физический смысл ускорения Кориолиса?

Тема 8. Основные теоремы динамики

Ключевые вопросы темы

1. Законы динамики (Ньютона).
2. Динамика материальной точки.
3. Моменты инерции тела.
4. Работа силы.
5. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
6. Кинетическая энергия системы.
7. Теорема об изменении кинетической энергии системы.
8. Количество движения точки и системы.
9. Импульс силы.
10. Теорема об изменении количества движения
11. Момент количества движения материальной точки и системы (кинетический момент).
12. Теорема об изменении кинетического момента для точки и системы.
13. Принцип Даламбера для механической системы.

Источники: [1, с. 101–132], [2, с. 334–344, 454–460, 473–484, 486–515, 603–620], [3, с. 133–136, 205, 208, 209–213, 266, 270, 271].

Методические рекомендации

Начать погружение в данную тему необходимо с изучения законов динамики (Ньютона).

Далее следует разобрать динамику материальной точки. Особое внимание обратить на две основные задачи точки, а также на дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной материальной точки.

Затем можно рассмотреть моменты инерции механической системы относительно точки и оси, а также примеры нахождения моментов инерций некоторых однородных тел (стержня, кольца, диска). Ознакомиться с теоремой Гюйгенса–Штейлера.

После этого можно переходить к изучению работы силы. Необходимо рассмотреть примеры вычисления работы силы тяжести, упругости, трения.

Затем перейти к понятию кинетической энергии. Рассмотреть теорему об изменении кинетической энергии точки и системы. Особое внимание обратить на то, как определяется кинетическая энергия тела, движущегося поступательно, вращающегося вокруг неподвижной оси и совершающего плоскопараллельное движение.

Далее следует ознакомиться с понятием количества движения точки и системы, импульса силы. Рассмотреть теоремы об изменении количества движения, соответственно, точки и системы. Также ознакомиться с теоремой об изменении кинетического момента для точки и системы и завершить изучение темы рассмотрением принципа Даламбера.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте законы динамики.
2. В чем заключается первая задача динамики точки?
3. В чем заключается вторая задача динамики точки?
4. Как определяется момент инерции однородного кольца?
5. Как определяется кинетическая энергия тела при поступательном движении?
6. Как определяется кинетическая энергия тела при вращательном движении?
7. Как определяется кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении?
8. Запишите в аналитическом виде теорему об изменении кинетической энергии системы.
9. Как определяется работа силы?
10. Что называют импульсом силы?
11. В чем заключается принцип Даламбера?

Тема 9. Принцип возможных перемещений и общее уравнение динамики

Ключевые вопросы темы

1. Обобщенные координаты и число степеней свободы.
2. Возможные перемещения механической системы. Идеальные связи.
3. Принцип возможных перемещений.
4. Общее уравнение динамики механической системы.
5. Частные случаи применения общего уравнения динамики.
6. Последовательность решения задач с помощью общего уравнения динамики.
7. Уравнения Лагранжа.

Источники: [1, с. 132–138], [2, с. 621–666], [3, с. 290, 295–297, 312–316].

Методические рекомендации

Начать изучение темы рекомендуется с понятия обобщенных координат. При этом необходимо вспомнить, что такое число степеней свободы. Далее нужно изучить, что такое возможные перемещения механической системы и в чем заключается принцип возможных перемещений.

Затем важно разобраться, как составляется общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Ознакомиться с понятием обобщенной силы и уравнения Лагранжа.

И завершить изучение данной темы следует рассмотрением примера решения задачи с помощью дифференциального уравнения движения в обобщенных координатах, или уравнения Лагранжа.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют обобщенными координатами?
2. Что такое число степеней свободы?
3. Что называется возможными перемещениями механической системы?
4. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
5. Какому числу равно количество дифференциальных уравнений движений системы в обобщенных координатах (уравнений Лагранжа)?

Для студентов очной формы обучения темы лекционных занятий 2, 6, 7, и 9 рассчитаны на два занятия (каждая тема). Тема 3 рассматривается на трех лекционных занятиях.

Для студентов заочной формы обучения подробно на лекции рассматриваются темы 1 и 2, остальные изучаются самостоятельно.

2 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов знаний, умений и навыков, а также компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО. На занятиях они должны приобрести опыт решения типовых задач статики, кинематики и динамики; получить знания о внешних нагрузках и об отклике механической системы на их воздействие.

Еще одной важной задачей практических занятий является подготовка к выполнению требуемой расчетно-графической работы. В ходе практических занятий студент поэтапно решает задачи, похожие на предлагаемые в расчетно-графической работе.

Ниже представлен краткий план практических занятий с основными вопросами. Подготовку к практическим занятиям можно осуществлять с помощью рекомендованных литературных источников. Более подробно практические занятия рассмотрены в соответствующем методическом пособии.

Тематический план практических занятий

Таблица 3 – План практических занятий

Тема 1	Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил
Тема 2	Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил произвольно расположенных в плоскости
Тема 3	Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы сил
Тема 4	Способы задания движения точки. Скорость точки. Тангенциальное и нормальное ускорение точки
Тема 5	Поступательное движение. Кинематика вращательного движения
Тема 6	Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение
Тема 7	Скорость и ускорение точки при сложном движении
Тема 8	Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки
Тема 9	Теорема об изменении кинетической энергии механической системы

Тема 1. Статика твердого тела. Условия равновесия системы сходящихся сил

Ключевые вопросы

1. Определение проекции силы на ось и плоскость.
2. Составление уравнений равновесия тела под действием плоской системы сходящихся сил.
3. Нахождение неизвестных реакций в опорных стержнях (система сходящихся сил, расположенных в одной плоскости) аналитическим и геометрическим способом.

Источники: [6, с. 27, 28].

Тема 2. Статика твердого тела. Условие равновесия системы сил, произвольно расположенных в плоскости

Ключевые вопросы

1. Составление уравнений равновесия конструкции под действием плоской системы произвольно расположенных сил.
2. Нахождение реакций опор.

Источники: [3, с. 8, 13], [6, с. 28–30].

Тема 3. Статика твердого тела. Условия равновесия составной конструкции. Условия равновесия тела под действием пространственной системы

Ключевые вопросы

1. Составление уравнений равновесия для составной конструкции под действием плоской системы произвольно расположенных сил.
2. Нахождение реакций связей составной конструкции.
3. Составление уравнений равновесия тела под действием пространственной системы сил.
4. Нахождение реакций связей тела под действием пространственной системы сил.

Источники: [3, с. 28, 32–34, 41–49], [6, с. 30–36].

При решении задач статики рекомендуется выдерживать такую последовательность:

1. Изобразить расчетную схему и воспроизвести исходные данные. На схеме следует указать все внешние силы, включая реакции связей, а также направления координатных осей.
2. Записать уравнения, описывающие равновесие выбранного объекта.
3. Получить выражение для искомых величин в общем виде, максимально упростить их.
4. Подставить числовые выражения и выполнить подсчеты.
5. Записать ответ, с обязательным указанием единиц измерения всех найденных величин.

**Тема 4. Способы задания движения точки. Скорость точки.
Тангенциальное и нормальное ускорение точки**

Ключевые вопросы

1. Определение траектории движения точки.
2. Определение скорости точки.
3. Определение ускорения точки.

Источники: [3, с. 65–66], [7, с. 24–26].

Тема 5. Поступательное движение. Кинематика вращательного движения

Ключевые вопросы

1. Связь скорости и ускорения точки вращающегося тела с характеристиками вращательного движения – угловой скоростью и угловым ускорением.

2. Определение кинематических характеристик заданного механизма последовательно для всех звеньев, по ходу передачи движения.

Источники: [3, с. 67, 68, 72], [7, с. 26–28].

Тема 6. Плоскопараллельное движение. Определение скоростей и ускорений точки тела, совершающего плоскопараллельное движение

Ключевые вопросы

1. Мгновенный центр скоростей (МЦС).
2. Теорема о проекциях скоростей.
3. Определение скоростей при плоскопараллельном движении.
4. Мгновенный центр ускорений (МЦУ).
5. Ускорение точки при плоскопараллельном движении.

Источники: [3, с. 72–73, 79, 80, 85–91], [7, с. 28–31].

Тема 7. Скорость и ускорение точки при сложном движении

Ключевые вопросы

1. Теорема о сложении скоростей.

2. Определение относительной, переносной и абсолютной скорости точки.

3. Теорема о сложении ускорений.
4. Определение относительного и переносного ускорения точки.
5. Определение ускорения Кориолиса, правило Жуковского.
6. Определение абсолютного ускорения точки.

Источники: [3, с. 104, 109–111], [7, с. 31–34].

Тема 8. Динамика материальной точки. Основной закон динамики точки

Ключевые вопросы

1. Первая и вторая задачи динамики точки.
2. Составление дифференциального уравнения движения материальной точки с последующим интегрированием и нахождением искомых величин.

Источники: [3, с. 133–136], [8, с. 19–24].

Тема 9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы

Ключевые вопросы

1. Определение кинетической энергии при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении материального тела.
2. Определение искомой кинематической характеристики с помощью теоремы об изменении кинетической энергии механической системы.

Источники: [3, с. 205, 208–213], [8, с. 24–30].

При решении задач кинематики и динамики рекомендуется выдерживать такую последовательность:

1. Изобразить расчетную схему и воспроизвести исходные данные.
2. Записать соотношения, описывающие движения изучаемого объекта. Нанести на схему заданные и искомые величины в виде символов.
3. Получить выражение для искомых величин в общем виде, максимально упростить их.
4. Подставить числовые выражения и выполнить подсчеты.
5. Записать ответ с обязательным указанием единиц измерения всех найденных величин.

Для студентов очной формы обучения темы практических занятий 2, 3, 6, 7 и 9 рассчитаны на два занятия (каждая тема).

Для студентов заочной формы обучения подробно на практических занятиях рассматриваются темы 1, 2, 5 и 9, остальные изучаются самостоятельно.

3 Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Содержание самостоятельной работы студентов очной и заочной формы обучения определяется рабочей учебной программой.

Наряду с проработкой лекционного материала и подготовкой к практическим занятиям, студент обязан выполнить расчетно-графическую работу (см. Введение).

Расчетно-графическая работа по курсу «Теоретическая механика» выполняется с целью закрепления полученных в ходе обучения знаний и приобретения практических навыков решения типовых задач. Выполнение работы требует предварительного изучения соответствующего теоретического материала [1, 2].

Работа включает 10 заданий, среди которых 4 задания по разделу «Статика», 4 задания по разделу «Кинематика» и 2 задания по разделу «Динамика».

При выполнении расчетно-графической работы следует придерживаться следующих правил:

1. Условия задачи должны полностью соответствовать варианту, выданному преподавателем;
2. Условия задач должны быть переписаны полностью;
3. Решения задач необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями;
4. При вычислении каждой величины надо указывать ее название, формулу, по которой она определяется. После записи формулы с буквенными обозначениями в таком же порядке подставляются их численные значения;
5. Необходимо указывать единицы измерения всех величин, как заданных в условии задачи, как и полученных в результате расчетов. Применять нужно только Международную систему единиц СИ.

Расчетно-графическая работа выполняется в соответствии с отдельно разработанными учебно-методическими пособиями [6, 7, 8].

РГР Ч.1 – «Анализ механических систем. Статика» [6].

РГР Ч.2 – «Анализ механических систем. Кинематика» [7].

РГР Ч.3 – «Анализ механических систем. Динамика» [8].

Учебно-методические пособия по расчетно-графической работе устанавливают общие требования к содержанию и оформлению. Пособия включают в себя необходимые исходные данные для выполнения работы, а также примеры решения задач.

Расчетно-графическую работу можно начинать выполнять сразу же после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях.

В целях сокращения возможных исправлений настоятельно рекомендуется показывать преподавателю поэтапное решение задач, вместо того чтобы сдавать сразу полностью выполненную работу.

Защитить РГР необходимо до начала экзаменационной сессии. Она осуществляется путем собеседования или решения задачи, аналогичной выполненной в РГР, но в сокращенном и облегченном объеме. Для подготовки к защите можно использовать литературу, приведенную в данном учебно-методическом пособии [1, 2, 6, 7, 8].

Библиографический список

1. Бертяев, В. Д. Краткий курс теоретической механики: учеб. / В. Д. Бертяев [и др.]. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 196 с.
2. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики: в 2-х ч.: учеб. / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. – 9-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2002. – 768 с.
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб. пособие для технических вузов / под общ. ред. А. А. Яблонского. – 9-е изд., стер. – Москва: Интеграл-Пресс, 2002. – 384 с.
4. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учеб. пособие для техн. вузов: в 2 т. / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – 9-е изд., перераб. – Москва: Наука, 1990. Т. 1: Статика и кинематика. – 670 с.
5. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учеб. пособие для техн. вузов: в 2 т. / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – 8-е изд., перераб. – Москва: Наука, 1991. Т. 2: Динамика. – 640 с.
6. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Статика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – 36 с.
7. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Кинематика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 35 с.
8. Витренко, О. С. Анализ механических систем. Динамика: учеб.-метод. пособие по РГР по дисциплине «Теоретическая механика» для студ. очной и заочной формы обучения в бакалавриате по направлениям подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор. инфраструктуры, 08.03.01 Строительство / О. С. Витренко, В. Г. Сукиасов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 30 с.

Экзаменационные вопросы по дисциплине

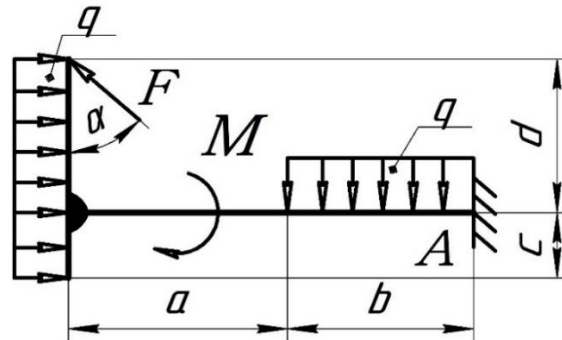
1. Определение статики.
2. Основные аксиомы статики.
3. Основные понятия статики.
4. Связи и их реакции. Аксиома связей.
5. Равнодействующие системы сходящихся сил. Условия равновесия сходящихся сил.
6. Момент силы относительно точки.
7. Пара сил и её момент.
8. Теорема о параллельном переносе силы.
9. Теорема Вариньона.
10. Условия равновесия произвольной системы сил.
11. Центр тяжести.
12. Условие равновесия пар сил, расположенных в одной плоскости.
13. Момент силы относительно оси.
14. Классификация сил, действующих на систему материальных точек.
15. Определение кинематики.
16. Способы задания движения точки.
17. Скорость движения точки при векторном способе задания закона движения.
18. Скорость движения точки при координатном способе задания движения.
19. Скорость точки при естественном способе задания движения.
20. Ускорение точки при естественном способе задания движения.
21. Ускорение движения точки при векторном способе задания движения.
22. Ускорение точки при координатном способе задания движения.
- Линейная (окружная) скорость вращающегося тела.
23. Поступательное движение твёрдого тела.
24. Вращательное движение тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость. Угловое ускорение.
25. Ускорение точки тела, вращающегося вокруг оси.
26. Дифференциальное уравнение вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
27. Плоскопараллельное движение.
28. Распределение скоростей при плоскопараллельном движении.
29. Мгновенный центр скоростей.
30. Теорема о распределении ускорений в теле при плоскопараллельном движении.
31. Скорость точки при сложном движении.

32. Абсолютное, относительное и переносное движение точки.
33. Ускорение точки в сложном движении. Теорема Кориолиса.
34. Определение динамики.
35. Законы Ньютона. Масса материальной точки.
36. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на естественные оси координат.
37. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах.
38. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах.
39. Две основные задачи динамики.
40. Уравнения динамики несвободной материальной точки.
41. Центр масс системы материальных точек, его координаты, скорость и ускорения.
42. Теорема о движении центра масс системы.
43. Кинетическая энергия системы материальных точек и твёрдого тела.
44. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.
45. Теорема об изменении кинетической энергии системы.
46. Работа силы. Мощность. Работа сил тяжести. Работа сил упругости.
47. Количество движения системы. Теорема о количестве движения системы.
48. Теорема об изменении количества движения системы. Теорема импульсов.
49. Теорема об изменении момента количества движения системы. Момент количества движения системы.
50. Принцип Даламбера–Лагранжа. Общее уравнение динамики.
51. Возможные перемещения системы. Число степеней свободы. Принцип возможных перемещений.
52. Принцип Даламбера. Силы инерции.

Пример экзаменационного практического задания

Вариант 1

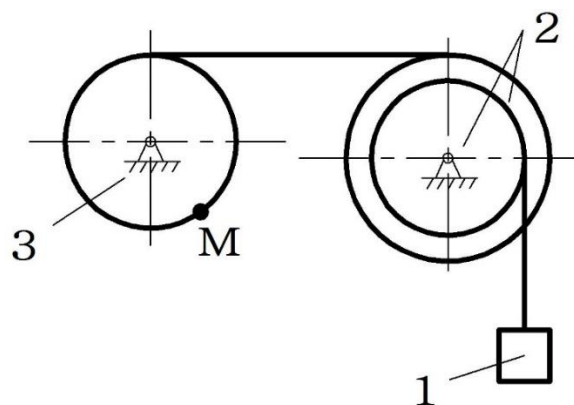
Для жесткой невесомой конструкции под действием заданных внешних нагрузок найти реакции опор.



a , м	b , м	c , м	d , м	α , град.	F , кН	M , кН·м	q , кН/м
3	2	1	1	60	15	4	1

Вариант 2

Для приведенной схемы механизма по заданному уравнению движения груза 1 – $x(t)$ определить и показать на рисунке скорость и ускорение точки M .



$x(t)$, м	R_2 , м	r_2 , м	R_3 , м	r_3 , м
$2\cos(\pi t/6)$	4	1	3	2

Локальный электронный методический материал

Витренко Ольга Сергеевна

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Редактор Э. С. Круглова

Уч.-изд. л 2,0. Печ. л. 1,75

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1