

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

**Кафедра теоретической и геотехнической механики**

**Р. Ф. Гордиенко**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**Методические указания к самостоятельной работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления 270800.62 «Строительство»  
в качестве электронного издания  
для самостоятельной работы

Кемерово 2014

## Рецензенты:

Сирота Д. Ю. – доцент кафедры теоретической и геотехнической механики.

Угляница А. В. – д.т.н., профессор, председатель учебно-методической комиссии направления 270800.62 «Строительство»

**Гордиенко Раиса Фроловна. Теоретическая механика:** методические указания к самостоятельной работе для студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль 270815.62 «Автомобильные дороги», очной формы обучения / Р. Ф. Гордиенко. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 95 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана

В настоящих методических указаниях представлены все разделы самостоятельной работы, включающие названия тем курса, перечень задач для решения и названия расчетно-графических работ.

© КузГТУ, 2014

© Гордиенко Р. Ф., 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Курс теоретической механики является одним из основополагающих при получении инженерного образования по всем строительным направлениям. Многие технические расчеты, выполняемые при проектировании инженерных сооружений различного назначения, имеют в своем основании основные законы механики. Знание и умение применять основные положения разделов о равновесии и движении тел под действием приложенных к ним сил во многом определяют успешное изучение других общетехнических и строительных дисциплин.

*Цель настоящих методических указаний* – закрепление теоретических знаний по основным темам курса теоретической механики и приобретение навыков решения задач.

Самостоятельная работа включает:

1. Самостоятельное изучение теоретического материала.
2. Решение задач по всем темам изучаемого курса.
3. Выполнение расчетно-графических работ.

Задания по расчетно-графическим работам выдаются индивидуально каждому студенту и состоят из работ, предусмотренных программой по курсу «Теоретическая механика» для бакалавров направления 270800.62 «Строительство» профиля 270815.62 «Автомобильные дороги».

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### 2 СЕМЕСТР

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 1-4 учебная неделя

- Основные понятия и аксиомы статики. Связи и их реакции. Классификация систем сил. Геометрические способы сложения сил. Метод проекций. Равновесие системы сходящихся сил. Теорема о трех силах (1, 2 нед.) [1, 3, 5];

- Моменты силы относительно точки и оси. Связь между ними. Сложение параллельных сил. Пара сил. Теорема об эквивалентных парах. Свойства пар сил. Сложение пар сил и их равновесие (3, 4 нед.) [1, 3, 5].

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Под действием каких 2-х сил тело будет находиться в равновесии?
2. Можно ли силу переносить вдоль линии действия, не изменяя ее действия на тело?
3. При каком условии три непараллельные силы, лежащие в одной плоскости, уравниваются?
4. Какая система сил называется системой сходящихся сил?
5. Что называется связью? Как формулируется принцип освобождения от связей?
6. Что называется алгебраическим моментом силы относительно точки?
7. Когда момент силы относительно точки равен нулю?
8. Как определяется момент силы относительно оси и когда он равен нулю?
9. Что называется парой сил?
10. Чему равен момент пары сил и как он направлен?
11. Перечислите основные свойства пары сил.
12. Как формулируется условие равновесия систем пар сил?

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Плоская система сходящихся сил: 2.6;2.16;2.21;2.26;2.33 2.35. [2, 6].
2. Плоская система параллельных сил: 3.4;3.8;3.9;3.13 (2,6)
3. Произвольная плоская система сил: 4.11;4.16;4.20;4.26;4.23 [2, 4, 6].

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 5-8 учебная неделя

- Теорема о параллельном переносе силы. Приведение системы сил к заданному центру. Частные случаи приведения. Условия равновесия разных систем сил (5, 6 нед.) [1, 3, 5];
- Трение скольжения и трение качения. Центр тяжести (7, 8 нед.) [1, 3, 5].

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как формулируется теорема о параллельном переносе силы?

2. Каков результат приведения произвольной системы сил к заданному центру?
3. Сформулируйте условия равновесия произвольной системы сил.
4. Зависит ли главный вектор и главный момент от выбора центра приведения?
5. Запишите уравнения произвольной системы сил.
6. В чем заключается разница между силой трения и силой сцепления?
7. Как направлена реакция шероховатой поверхности?
8. Что такое конус трения?
9. Какая точка тела называется центром тяжести этого тела?
10. По каким формулам определяется центр тяжести твердого тела?
11. Какие существуют способы определения центра тяжести твердого тела?

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Пространственная система сил: 6.3;8.15;8.19;8.24 [2, 6]
2. Трение: 5.4;5.28;5.31 [2, 6]
3. Центр тяжести: 9.2;9.10;9.18;9.20 [2, 6]

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 9-12 учебная неделя

- Кинематика точки: Способы задания движения. Определения скорости ускорения при векторном, координатном и естественном способах задания движения. Частные случаи движения точки (9, 10 нед.) [1, 3, 5] .
- Поступательное и вращательное движение. Уравнение вращательного движения, угловая скорость, угловое ускорение тела. Определение величины и направления скоростей и ускорений точек тела при вращательном движении вокруг оси (11, 12), [1, 3, 5].

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие существуют способы задания движения?
2. Что называется траекторией точки?
3. Как определяется траектория точки при координатном способе задания движения?
4. Как направлен вектор скорости и вектор ускорения точки?

5. Запишите формулы для определения скорости точки при разных способах задания движения.
  6. Как по проекциям скорости найти ее модуль и направление?
  7. Как определяется касательное и нормальное ускорение?
  8. В чем заключается механический смысл касательного и нормального ускорений?
  9. В каких случаях касательное и нормальное ускорение равно нулю?
  10. Какое движение называется равномерным и равнопеременным?
  11. Какое движение твердого тела называется поступательным?
- Примеры.
12. Какие траектории описывают точки поступательно движущегося тела?
  13. Какое движение твердого тела называется вращательным? Примеры.
  14. Запишите уравнение вращательного движения твердого тела.
  15. Чему равен и как направлен вектор угловой скорости при вращательном движении?
  16. Как определяется скорость точки тела при вращательном движении тела?
  17. Как определяется ускорение точки вращающегося тела?

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Кинематика точки: 10.2;10.6;11.3;12.11;12.18 [2, 6]
2. Вращательное движение: 13.2;13.4;13.18;13.8;14.15 [2, 4, 6]

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 13-16 учебная неделя

- Плоское движение. Определение скоростей и ускорений точек при плоском движении. Определение ускорений при плоском движении твердого тела (13, 14 нед.) [1, 3, 5].
- Сложное движение точки. Формулы сложения скоростей и ускорений (15,16 нед.) [1, 3, 5].

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какое движение твердого тела называется плоскопараллельным?
2. Запишите уравнения плоского движения твердого тела.

3. Какие существуют способы определения скоростей точек при плоском движении?
4. Сформулируйте теорему о проекциях.
5. Какая точка тела называется мгновенным центром скоростей?
6. Как определяется мгновенный центр скоростей в различных случаях?
7. Какая точка катящегося без скольжения колеса по плоскости имеет наибольшую скорость?
8. Как определяется ускорение точки при плоском движении?
9. Дайте определения относительного, переносного и абсолютного движения точки.
10. Сформулируйте теорему о сложении скоростей в сложном движении точки.
11. Запишите теорему Кориолиса.
12. Численное значение направление ускорения Кориолиса.
13. Когда ускорение Кориолиса равно нулю?

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Определение скоростей точек при плоском движении тела: 16.16; 16.19; 16.23; 16.24 [2, 6]
2. Определение ускорений точек при плоском движении: 18.13; 18.15; 18.23 [2, 6,]
3. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения: 22.17; 23.5; 23.47 [2, 6,]

### 3 СЕМЕСТР

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 1-4 учебная неделя

- Динамика точки. Аксиомы динамики. Дифференциальные уравнения движения точки. Прямая и обратная задачи динамики точки и их решение. Колебание материальной точки (1, 2 нед.) [1, 3, 5]
- Введение в динамику механической системы. Основные понятия и определения. Свойства внутренних сил. Центр масс механической системы. Моменты инерции твердого тела. Радиус инерции. Теорема Штейнера (1, 4 нед.) [1, 3, 5]

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сформулируйте основные законы механики.
2. Запишите основное уравнение динамики.
3. Какое движение называется движением по инерции?
4. Какие задачи решаются в динамике?
5. Запишите уравнения движения точки в проекциях на оси декартовой системы координат.
6. Запишите уравнения движения в проекциях на естественные оси координат.
7. Как определяются постоянные интегрирования?
8. Какой вид имеют уравнения свободных колебаний?
9. Каковы период и частота свободных колебаний?
10. От каких факторов зависит частота свободных колебаний?
11. От каких факторов зависит частота затухающих колебаний?
12. Что называется механической системой?
13. В чем заключаются свойства внутренних сил?
14. Что называется центром масс механической системы?
15. Как определяется положение центра масс системы?
16. Что называют моментом инерции твердого тела относительно центра, оси или плоскости?
17. Что понимается под радиусом инерции твердого тела?
18. Какова зависимость между моментами инерции?
19. Запишите теорему Штейнера.

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Прямая задача динамики: 26.12; 26.15; 26.19; 26.27; 27.11 [2, 7]
2. Обратная задача: 27.8; 27.9; 27.16; 27.32 [2, 4, 7]
3. Определение моментов инерции: 34.7; 34.8; 34.18; 34.14 [2, 7]

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 5-8 учебная неделя

- Общие теоремы динамики. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении количества движения. Теорема об изменении кинетического момента (5,6 нед.) [1, 5]
- Элементы теории удара. Общие понятия об ударе. Удар шара о неподвижную поверхность. Соударение двух тел. Центр удара вращающегося твердого тела. Кинетическая энергия механической системы. Ра-



бота постоянной и переменной силы. Работа момента силы (7, 8 нед.) [1, 5]

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Запишите теорему о движении центра масс.
2. При каких условиях центр масс системы находится в покое?
3. Что называется количеством движения точки и системы?
4. Запишите теорему об изменении количества движения точки и системы.
5. Как определяется кинетический момент тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
6. Что называется кинетической энергией точки и системы?
7. Как определяется кинетическая энергия твердого тела при поступательном и вращательном движении?
8. Как определяется кинетическая энергия при плоском движении?
9. Запишите теорему об изменении кинетической энергии точки и системы.
10. Как определяется работа силы?
11. По какой формуле определяется работа силы тяжести?
12. Что называется ударом?
13. Какие силы называются ударными?
14. Запишите теорему Карно.

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Теорема об изменении количества движения и движении центра масс: 35.3;35.4;35.10;36.3;36.7. [2, 7]
2. Теорема об изменении момента количества движения: 37.1; 37.5; 37.4. [2, 7]
3. Теорема об изменении кинетической энергии: 38.3; 38.7;38.20; 38.30 [2, 7]

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 8-12учебная неделя

- Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы. Приведение сил инерции твердого тела к простейшему виду (9, 10 нед.) [1, 5]

- Метод кинетостатики. Введение в аналитическую механику. Связи и их классификация. Возможные перемещения. Идеальные связи (11, 12 нед.) [1, 5]

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Чему равна и как направлена сила инерции?
2. Сформулируйте принцип Даламбера.
3. Чему равен главный вектор сил инерции механической системы?
4. Чему равен главный момент сил инерции механической системы?
5. К чему приводятся силы инерции при поступательном движении и при вращательном?
6. К чему приводятся силы инерции при плоском движении?
7. Что называют возможным перемещением точки и системы?
8. Зависят ли возможные перемещения от действующих сил?
9. Какие связи называются идеальными?
10. Сформулируйте принцип возможных перемещений.

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Принцип Даламбера: 26.9;26.10;26.11;41.10;41.16;41.17.[2, 7]
2. Принцип возможных перемещений: 46.22;46.24;46.29;46.30. [2]

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРИИ : 13-16учебная неделя

- Принцип Даламбера-Лагранжа (общее уравнение динамики) (13, 14 нед) [1, 5]
- Обобщенные координаты. Обобщенные силы Уравнения Лагранжа (15, 16 нед.) [1, 5]

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Запишите общее уравнение динамики.
2. Как определяется число степеней свободы механической системы?
3. Что называют обобщенными координатами системы?
4. Функцией каких аргументов является кинетическая энергия?
5. Что называется обобщенной силой и как она определяется?

6. Какова размерность обобщенной силы?
7. Запишите уравнение Лагранжа 2-го рода.

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Общее уравнение динамики: 47.5;47.13;47.11;47.15. [2, 7]
2. Уравнение Лагранжа 2-го рода: 47.9;47.12;48.27. [2]

#### РАСЧЕТНОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. Определение реакций опор составной конструкции [8]
2. Расчет плоской фермы [9]
3. Применение методов аналитической механики к расчету строительных конструкций [10]

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики: в 2 т. Т. 1, т. 2 : Статика и кинематика; Динамика : учеб. пособие для техн. специальностей вузов / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 736 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=29](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=29)

2. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / под редакцией В. А. Польмова, Д. Р. Меркина. – Изд. – 51-е, стер. – Санкт-Петербург. : Лань, 2012. – 448 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2786](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2786)

3. Диевский, В. А. Теоретическая механика : учеб. пособие [Электронный ресурс] / В. А. Диевский. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 320 с. : ил. . – Режим доступа:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=130](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=130). – загл. с экрана.

4. Сборник коротких задач по теоретической механике : учеб. пособие [Электронный ресурс] / под ред. О. Э. Кепе. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург. : Лань, 2009. – 368 с. : ил. – Режим доступа

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=183](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=183). – загл. с экрана.

5. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики. – Москва : Высш. шк., 2005. – 406 с.

6. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 2-х т. Т. 1. Статика и кинематика: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – 11-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 672 с.: ил. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=84](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=84). – загл. с экрана.

7. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 2 т. Т. 2. Динамика: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – 9-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 640 с.: ил. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/booksement.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=83](http://e.lanbook.com/booksement.php?pl1_cid=25&pl1_id=83). – загл. с экрана

8. Определение реакций опор составной конструкции [Электронный ресурс] : методические указания к расчетно-графической работе №1 по дисциплине «Теоретическая механика» для бакалавров направления 270800.62, профиль 270815.62 «Автомобильные дороги» / Р. Ф. Гордиенко, ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. теорет. и геотехн. механики. – Кемерово, 2014. – 13 с.

9. Расчет плоской фермы: методические указания по выполнению расчетно-графической работы №2 по дисциплине «Теоретическая механика» для бакалавров направления 270800.62, профиль 270815.62 «Автомобильные дороги» и студентов специальности 131201.65 «Физические процессы горного или нефтегазового производства» / Р. Ф. Гордиенко, В. А. Хямяляйнен; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. теорет. и геотехн. механики. – Кемерово, 2014. – 18 с

10. Применение методов аналитической механики к расчету строительных конструкций [Электронный ресурс] : методические указания к по выполнению РГР №3 по дисциплине «Теоретическая механика для бакалавров направления 270800.62, профиль 270815.62 «Автомобильные дороги» и студентов специальности 131201.62 «Физические процессы горного или нефтегазового производства» / Р. Ф. Гордиенко, В. А. Хямяляйнен, ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. теорет. и геотехн. механики. – Кемерово, 2014. – 12 с.