

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**
Кафедра теоретической и прикладной механики

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Рабочая программа

Методические указания

Задания на контрольные работы

Факультеты все

Направление и специальность подготовки дипломированного специалиста:

650800 (**100500**-тепловые электрические станции);

650850 (**100700**-промышленная теплоэнергетика);

657800 (**120100**-технология машиностроения (по отраслям));

651400 (**120500**-оборудование и технология сварочного производства);

651700 (**120800**-материаловедение в машиностроении);

653300 (**150200**-автомобили и автомобильное хозяйство);

653200 (**170900**-подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование);

654500 (**180100**-электромеханика (по отраслям));

654500 (**180200**-электрические и электронные аппараты);

653800 (**190800**-метрология и метрологическое обеспечение);

651900 (**210100**-управление и автоматика в технических системах);

651900 (**210200**-автоматизация технологических процессов и производств);

653400 (**240100**-организация перевозок и управление на транспорте).

Направления подготовки бакалавра:

550900, 552900, 551800, 551600, 551400, 551300, 552200, 550200.

Санкт-Петербург
2004

Утверждено редакционно-издательским советом университета
УДК 531.07

Теоретическая механика: Рабочая программа, методические указания, задания на контрольные работы.- СПб: СЗТУ, 2004. – 52 с.

Рабочая программа разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по направлениям подготовки дипломированного специалиста: 650800, 650850, 657800, 651400, 651700, 653300, 653200, 654500, 653800, 651900, 657900, 653400 (специальности: 100500, 100700, 120100, 120500, 120800, 150200, 170900, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100) и направлениям подготовки бакалавра: 550900, 552900, 551800, 551600, 551400, 551300, 552200, 550200.

Методический сборник содержит рабочую программу, вопросы для самопроверки, тематический план лекций и практических занятий, перечень основной и дополнительной литературы, задания на контрольные работы и методические указания к их выполнению.

В число разделов теоретической механики, подлежащих изучению, включены статика твердого тела, кинематика точки и твердого тела, динамика точки и системы, элементы аналитической механики.

Рассмотрено на заседании кафедры теоретической и прикладной механики 12 мая 2004 г., одобрено методической комиссией факультета технологии и автоматизации управления в машиностроении 2004 г.

Рецензенты: кафедра теоретической и прикладной механики СЗТУ (зав. кафедрой В.В.Гурецкий, д-р. техн. наук, проф.); Ю.А. Семенов, канд. техн. наук, доцент кафедры теории машин и механизмов СПбГПУ.

Составители: А.П. Михеев, канд. техн. наук, доц.; П.А. Красножон, канд. техн. наук, доц.

© Северо-Западный государственный заочный технический университет,
2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель преподавания дисциплины. Формирование научного инженерного мышления, то есть умения видеть в каждой механической системе ее расчетную модель; подготовка к изучению общеинженерных и специальных дисциплин; раскрытие роли теоретической механики как базы инженерного образования.

Задачи изучения дисциплины. Усвоение основных понятий, общих законов, принципов, теорем теоретической механики; формирование навыков их практического применения к решению конкретных инженерных задач по статике, кинематике и динамике.

Место дисциплины в учебном процессе. Теоретическая механика использует аппарат высшей математики и является теоретической основой как общеинженерных дисциплин - прикладной механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и приборов, технической механики, так и специальных инженерных дисциплин, изучаемых студентами всех специальностей.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Специальности	СЕМЕСТРЫ		
	3 семестр, курс 2	4 семестр, курс 2	5 семестр, курс 3
100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100	Часть1. Статика и кинематика Контр. Работы №1, №2. Зачет.	Часть2. Динамика. Контр. Работы №3, №4. Экзамен.	
120100, 120500, 150200, 170900	Часть1. Статика и кинематика Контр. Работы №1, №2. Зачет.	Часть2. Динамика. Контр. Работы №3, №4. Экзамен.	Часть 3. Аналитиче- ская механика и тео- рия малых колеба- ний. Контр. Работа №5. Экзамен.

Студенты специальностей **100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100** при изучении курса могут опустить тему 2.6 части 1 и тему 4.7 части 2.

Студенты специальностей **120100, 120500, 150200, 170900** темы 5.1, 5.2, 5.4 части 2 изучают на 3-м курсе по специальной рабочей программе для части 3.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Содержание дисциплины по ГОС

Теоретическая механика изучается в зависимости от специальности на втором либо на втором и третьем курсах и согласно государственным образовательным стандартам охватывает следующие основные темы: статика твердого тела; кинематика материальной точки и твердого тела; динамика материальной точки; общие теоремы динамики; динамика твердого тела; кинетостатика; основы теории удара; элементы аналитической механики и теории малых колебаний. Приводимая далее рабочая программа охватывает разделы теоретической механики, изучаемые студентами на втором курсе.

1.2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА (объем курса - 240 часов)

Часть I. СТАТИКА И КИНЕМАТИКА

1. СТАТИКА

1.1. ВВЕДЕНИЕ В СТАТИКУ

[1], с.7...24 или [5], с.3...12

1.1.1. Механическое движение как одна из форм движения материи. Предмет механики. Теоретическая механика и ее место среди естественных наук. Механика как теоретическая база ряда областей современной техники. Основные этапы развития механики; роль отечественных ученых в развитии меха-

ники.

1.1.2. Предмет статики. Основные понятия статики: материальная точка, абсолютно твердое тело, механическая система, сила, система сил, эквивалентные системы сил, равнодействующая сила.

1.1.3. Аксиомы статики.

1.1.4. Несвободное твердое тело. Связи и реакции связей. Принцип освобожденности от связей.

1.1.5. Проекция вектора силы на координатные оси.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется материальной точкой, абсолютно твердым телом, механической системой?
- 2) Чем абсолютно твердое тело отличается от реальных физических тел?
- 3) Какими факторами определяется действие силы на твердое тело?
- 4) Что называется равнодействующей системой сил?
- 5) Сформулируйте все известные вам аксиомы статики.
- 6) Что называется связью и каковы реакции типовых связей?
- 7) Как определяется проекция силы на координатную ось?
- 8) В чем заключается принцип освобожденности от связей?
- 9) Решите самостоятельно задачи 2.7, 2.11, 2.16, 2.17, 6.3, 6.7, 6.8 из [3].

1.2. МОМЕНТЫ СИЛЫ. ПАРА СИЛ

[1], с.35...46 или [5], с.21...33

1.2.1. Момент силы относительно точки как алгебраическая величина и как вектор.

1.2.2. Момент силы относительно оси; его связь с вектором-моментом силы относительно точки, лежащей на этой оси.

1.2.3. Аналитические выражения моментов силы относительно координатных осей.

1.2.4. Пара сил. Момент пары как алгебраическая величина и как вектор; свойства пары сил.

1.2.5. Сложение пар; условия равновесия системы пар.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется алгебраическим моментом силы относительно центра?
- 2) В каком случае момент силы относительно центра равен нулю?
- 3) Что называется моментом силы относительно оси?
- 4) В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
- 5) Что представляет собой вектор-момент силы относительно центра?
- 6) Какова зависимость между моментами силы относительно оси и относительно центра, лежащего на этой оси?
- 7) Как выражаются моменты силы относительно трех координатных осей через проекции силы и координаты точки ее приложения?
- 8) Что называется парой сил? Чем характеризуется действие пары на твердое тело?
- 9) Как направлен, где приложен и чему равен по модулю вектор момента пары?
- 10) При каких условиях две пары сил будут эквивалентны?
- 11) Каково условие равновесия системы пар сил?
- 12) Могут ли уравновесить друг друга две пары сил, лежащие в пересекающихся плоскостях?
- 13) Как складываются пары, лежащие в одной и в разных плоскостях?

1.3. ПРОИЗВОЛЬНАЯ СИСТЕМА СИЛ

[1], с.47...54, 91...107 или [5], с.34...44, 54...58

1.3.1. Метод Пуансо.

1.3.2. Приведение произвольной системы сил к данному центру.

1.3.3. Главный вектор и главный момент системы сил; их свойства.

1.3.4. Условия и уравнения равновесия произвольной системы сил, случай параллельных сил, случай сходящихся сил.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется главным вектором произвольной системы сил, и в чем состоит его отличие от равнодействующей?
- 2) Что называется главным моментом произвольной системы сил относительно центра?
- 3) Изменяются ли главный вектор и главный момент при перемене центра приведения?
- 4) При каком условии величина главного момента системы сил не зависит от выбора центра приведения?
- 5) Сформулируйте условия равновесия произвольной системы сил.
- 6) Сколько независимых уравнений равновесия можно составить для произвольной системы сил в общем случае, а также в случае параллельных сил?
- 7) Решите самостоятельно задачи 8.5, 8.7, 8.15, 8.26 из [3].

1.4. ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СИЛ

[1], с.55...68 или [5], с.42...54

- 1.4.1. Три формы уравнений равновесия плоской системы сил; случай параллельных сил; случай сходящихся сил.
- 1.4.2. Статически определенные и статически неопределенные системы.
- 1.4.3. Равновесие системы тел. Метод расчленения.

Вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте условия равновесия плоской системы сил.
- 2) Какие уравнения равновесия можно составить для плоской системы сил?
- 3) В чем заключается метод расчленения?
- 4) Что называется статически неопределенной системой?
- 5) Решите самостоятельно задачи: 3.12; 3.14; 4.16; 4.29; 4.34; 4.56 из [3].

1.5. ТРЕНИЕ

[1], с. 82...90 или [5], с. 59...66

1.5.1. Закон Кулона о силе трения. Коэффициент трения скольжения.

1.5.2. Угол и конус трения. Равновесие при наличии трения. Области равновесия.

1.5.3. Трение качения. Пара трения качения и ее момент, коэффициент трения качения.

Вопросы для самопроверки

- 1) В чем отличие сил трения покоя от сил трения скольжения?
- 2) Что называется силой трения покоя? В каких пределах она изменяется?
- 3) Какова связь между углом трения и коэффициентом трения?
- 4) Что называется коэффициентом трения качения? Какова его размерность?
- 5) Что называется моментом трения качения? В каких пределах он изменяется?
- 6) Решите самостоятельно задачи 4.68; 4.74; 4.80 из [3].

2. КИНЕМАТИКА

2.1. ВВЕДЕНИЕ В КИНЕМАТИКУ

[1], с. 120...122 или [6], с.3

2.1.1. Предмет кинематики. Пространство и время в классической механике. Системы отсчета.

2.2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ

[1], с.122...148 или [6], с.4...22

2.2.1. Способы задания движения точки: векторный, координатный и естественный. Связь между различными способами задания движения точки. Тра-

ектория точки.

2.2.2. Определение скорости точки при различных способах задания ее движения.

2.2.3. Определение ускорения точки при векторном и координатном способах задания ее движения.

2.2.4. Естественные оси и их орты.

2.2.5. Разложение вектора ускорения точки на касательное и нормальное ускорения.

2.2.6. Частные случаи движения точки.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется системой отсчета?
- 2) Какими способами задается движение точки?
- 3) Что называется уравнением движения точки?
- 4) Что называется дуговой или криволинейной координатой точки?
- 5) Как по уравнениям движения точки в декартовых координатах определить траекторию точки, а также уравнение ее движения по траектории?
- 6) Что называется скоростью точки?
- 7) Как определяется скорость точки при различных способах задания ее движения?
- 8) Что называется ускорением точки?
- 9) Как определяется ускорение точки при различных способах задания ее движения?
- 10) Что называется естественными осями?
- 11) Что характеризуют касательное и нормальное ускорения точки?
- 12) Решите самостоятельно задачи 11.4; 11.5; 12.8; 12.12; 12.20; 12.22; 12.26 из [3].

2.3. ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

[1], с.154...164 или [6], с.22...34

2.3.1. Поступательное движение твердого тела. Определение траектории, скорости и ускорения точки твердого тела при его поступательном движении.

2.3.2. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси; угол поворота тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.

2.3.3. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси; векторы угловой скорости и углового ускорения тела.

2.3.4. Скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

2.3.5. Выражения для скорости, касательного и нормального ускорений точки вращающегося тела в виде векторных произведений.

Вопросы для самопроверки

- 1) Какое движение твердого тела называется поступательным?
- 2) Каковы свойства траекторий, скоростей и ускорений точек тела, движущегося поступательно?
- 3) Напишите уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.
- 4) Что называется угловой скоростью и угловым ускорением твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
- 5) Как определяются векторы угловой скорости и углового ускорения?
- 6) Каковы условия равномерного и равнопеременного вращения твердого тела?
- 7) Каковы зависимости между скоростью, касательным и нормальным ускорениями точки вращающегося тела и его угловыми скоростью и ускорением?
- 8) Как расположены точки вращающегося тела, скорости и ускорения кото-

рых геометрически равны либо равны по модулю?

9) Решите самостоятельно задачи 13.4; 13.15; 13.18; 14.4; 14.10 из [3].

2.4. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

[1], с.204...219 или [6], с.34...48

2.4.1. Относительное и абсолютное движения точки; переносное движение.

Относительные, переносные и абсолютные скорости и ускорения.

2.4.2. Теорема сложения скоростей точки.

2.4.3. Теорема сложения ускорений точки (теорема Кориолиса). Ускорение Кориолиса: его модуль, направление и физический смысл. Случай поступательного переносного движения.

Вопросы для самопроверки

- 1) Приведите примеры сложного движения точки.
- 2) Дайте определения относительного движения, относительной скорости и от-носительного ускорения точки.
- 3) Какое движение называется переносным? Что называется переносными скоростью и ускорением точки?
- 4) Дайте определения абсолютных движения, скорости и ускорения точки.
- 5) Сформулируйте теорему о сложении скоростей точки.
- 6) Сформулируйте теорему Кориолиса.
- 7) Как найти модуль и направление вектора ускорения Кориолиса?
- 8) В каких случаях ускорение Кориолиса равно нулю?
- 9) Решите самостоятельно задачи. 22.14; 22.15; 22.18; 23.5; 23.9; 23.17; 23.27; 23.28 из [3].

2.5. ПЛОСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

[1], с.165...189 или [6], с.48...62

2.5.1. Определение и общие свойства плоского движения твердого тела. Переход от плоского движения твердого тела к движению плоской фигуры в ее плоскости.

2.5.2. Уравнения движения плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на поступательное вместе с полюсом и вращательное вокруг полюса. Независимость угловой скорости и углового ускорения плоской фигуры от выбора полюса.

2.5.3. Скорость точки плоской фигуры как геометрическая сумма скорости полюса и скорости этой точки во вращении фигуры вокруг полюса. Теорема о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки.

2.5.4. Мгновенный центр скоростей плоской фигуры и способы определения его положения в частных случаях. Распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент времени.

2.5.5. Ускорение точки плоской фигуры как геометрическая сумма ускорения полюса и ускорения этой точки во вращательном движении вокруг полюса.

Вопросы для самопроверки

- 1) Какое движение тела называется плоскопараллельным?
- 2) Какими уравнениями определяется движение плоской фигуры и на какие простейшие движения его можно разложить?
- 3) Сформулируйте теорему о скоростях точек плоской фигуры.
- 4) В чем заключается теорема о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры?
- 5) Что называется мгновенным центром скоростей плоской фигуры?
- 6) Как определяется положение мгновенного центра скоростей?
- 7) Как распределяются скорости точек плоской фигуры в данный момент

времени?

8) Из каких составляющих складывается ускорение точки плоской фигуры?

9) Как определяются модуль и направление ускорения точки плоской фигуры во вращательном движении вокруг полюса?

10) Решите самостоятельно задачи 16.13; 16.15; 16.23; 16.30; 18.1; 18.3; 18.12; 18.27 из [3].

2.6.* СФЕРИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА. ОБЩИЙ СЛУЧАЙ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

[1], с. 190...203 или [6], с. 62...71

2.6.1. Определение положения тела с неподвижной точкой. Углы Эйлера. Уравнения сферического движения твердого тела.

2.6.2. Мгновенная ось вращения тела при сферическом движении. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела при сферическом движении.

2.6.3. Скорости точек тела при сферическом движении.

2.6.4. Общий случай движения свободного твердого тела. Уравнения движения свободного твердого тела. Разложение движения свободного твердого тела на поступательное движение вместе с полюсом и сферическое движение вокруг

Примечание: разделы, помеченные звездочкой, могут изучаться студентами самостоятельно.

полюса. Скорости точек свободного твердого тела.

Вопросы для самопроверки

1) Почему движение твердого тела с одной неподвижной точкой называется сферическим?

2) Какими уравнениями определяется движение тела с одной закрепленной точкой?

3) Что называется мгновенной осью вращения тела, совершающего сферическое движение?

- 4) Чем отличается взаимное расположение векторов угловой скорости и углового ускорения при вращении тела вокруг неподвижной оси и при сферическом движении?
- 5) Как определяются скорости точек тела при сферическом движении?
- 6) Какими уравнениями задается движение свободного твердого тела?

Часть 2. ДИНАМИКА

3. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

3.1. ВВЕДЕНИЕ В ДИНАМИКУ

[1], с.9...14 или [7], с.3...6, 44...51

3.1.1. Предмет динамики. Основные понятия и определения.

3.1.2. Законы механики. Инерциальная система отсчета. Основное уравнение динамики точки.

3.1.3. Уравнения динамики относительного движения точки. Переносная и кориолисова силы инерции. Частные случаи относительного движения и относительного равновесия точки. Принцип относительности классической механики.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется материальной точкой, абсолютно твердым телом, механической системой, массой тела?
- 2) Сформулируйте основные законы механики Галилея-Ньютона.
- 3) Дайте определение инерциальной системы отсчета. Какие системы отсчета могут практически считаться инерциальными?
- 4) Чем отличается по форме записи основное уравнение динамики относительного движения от основного уравнения динамики абсолютного движения?
- 5) Как определяются величины и направления переносной и кориолисовой сил инерции?

- 6) Чем отличаются кориолисова и переносная силы инерции от реальных сил, приложенных к точке?
- 7) Сформулируйте условия относительного равновесия точки.
- 8) В чем состоит принцип относительности классической механики?
- 9) Решите самостоятельно задачи: 33.1; 33.15; 33.17 из [3].

3.2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

[1], с.17...31 или [7], с.7...43

3.2.1. Уравнения динамики материальной точки в проекциях на декартовы и на естественные оси.

3.2.2. Две основные задачи динамики точки. Примеры решения прямой и обратной задач динамики точки. Определение постоянных интегрирования по начальным условиям.

3.2.3. Прямолинейное колебательное движение материальной точки при линейной восстанавливающей силе. Свободные колебания точки: частота, период, амплитуда, фаза.

3.2.4. Свободные затухающие колебания точки при силе сопротивления, пропорциональной первой степени скорости: частота, период, декремент колебаний.

3.2.5. Вынужденные колебания точки под действием гармонической возмущающей силы. Случай резонанса. Амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики. Случай вынужденных колебаний точки при отсутствии сопротивления.

Вопросы для самопроверки

1) Запишите дифференциальные уравнения движения материальной точки в векторной, координатной и естественной формах.

- 2) В чем состоят две основные задачи динамики точки?
- 3) Как определяются постоянные интегрирования при решении второй задачи динамики точки?
- 4) Что представляют собой свободные колебания точки под действием линейной восстанавливающей силы?
- 5) Что называется периодом и частотой свободных гармонических колебаний?
- 6) Зависит ли период свободных гармонических колебаний от начальных условий?
- 7) Что называется периодом свободных затухающих колебаний?
- 8) Что такое декремент колебаний?
- 9) Какие колебания называются вынужденными?
- 10) В каких случаях амплитуду вынужденных колебаний можно рассчитывать без учета затухания?
- 11) В чем заключается явление резонанса?
- 12) Какова приближенная формула для вычисления резонансной амплитуды?
- 13) Чему равен сдвиг фаз резонансных колебаний?
- 14) Что называется коэффициентом динамичности?
- 15) Решите самостоятельно задачи 26.7; 26.10; 27.4; 27.9; 27.16; 27.31; 32.1; 32.3; 32.35; 32.51; 32.78; 32.82; 32.96 из [3].

4. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

4.1. ВВЕДЕНИЕ В ДИНАМИКУ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ТЕОРЕМА О ДВИЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС СИСТЕМЫ

[1], с.143...147, 161...163 или [7], с.59...71

4.1.1. Механическая система. Классификация сил, действующих на точки системы:

внешние и внутренние силы, активные силы и реакции связей. Равен-

ство нулю главного вектора и главного момента внутренних сил системы.

4.1.2. Уравнения динамики механической системы. Меры движения.

4.1.3. Центр масс механической системы. Формулы, определяющие положение центра масс системы. Понятие о центре тяжести.

4.1.4. Теорема о движении центра масс системы и следствия из нее. Дифференциальные уравнения движения центра масс системы.

Вопросы для самопроверки

- 1) На какие две группы можно разделить силы, действующие на точки системы?
- 2) Сформулируйте основное свойство внутренних сил.
- 3) Сформулируйте теорему о движении центра масс системы.
- 4) Сформулируйте закон сохранения движения центра масс системы.
- 5) Как движется центр масс твердого тела, на которое действует только пара сил?
- 6) Решите самостоятельно задачи: 35.6; 35.10; 35.17; 35.22 из [3].

4.2.. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ

[1] с.153...156, 164...168 или [7], с.72...83

4.2.1. Количество движения материальной точки и системы. Выражение количества движения системы через ее массу и скорость центра масс. Импульс силы.

4.2.2. Теорема об изменении количества движения материальной точки.

4.2.3. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и конечной формах и следствия из нее.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется количеством движения точки (системы)?
- 2) Что называется элементарным импульсом силы, конечным импульсом силы?

- 3) Как выражается количество движения системы через массу системы и скорость ее центра масс?
- 4) Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс. Чему равно количество движения тела?
- 5) Сформулируйте теорему об изменении количества движения системы в дифференциальной и интегральной формах.
- 6) В чем заключается закон сохранения количества движения точки и системы?
- 7) Решите самостоятельно задачи. 36.5; 36.8; 36.10; 36.13; 36.17 из [3].

4.3. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОГО МОМЕНТА СИСТЕМЫ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕПОДВИЖНОГО ЦЕНТРА И ОСИ

[1], с.169...180 или [7], с.90...119

- 4.3.1. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси.
- 4.3.2. Кинетический момент системы относительно центра и оси.
- 4.3.3. Кинетический момент твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Момент инерции твердого тела относительно оси; радиус инерции.
- 4.3.4. Зависимость между моментами инерции твердого тела относительно параллельных осей. Центральные оси.
- 4.3.5. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки относительно неподвижных центра и оси.
- 4.3.6. Теорема об изменении кинетического момента механической системы относительно неподвижных центра и оси, а также следствия из нее.
- 4.3.7. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции тела как мера его инертности при вращательном движении.

Вопросы для самопроверки

- 1) Что называется моментом количества движения точки относительно не-

подвижных центра и оси?

- 2) В каких случаях момент количества движения точки относительно центра или оси равен нулю?
- 3) Что называется кинетическим моментом системы относительно неподвижных центра и оси?
- 4) В чем заключается теорема об изменении кинетического момента системы?
- 5) Когда кинетический момент системы относительно центра и оси остается постоянным или равным нулю?
- 6) Чему равен кинетический момент вращающегося твердого тела относительно оси вращения?
- 7) Что называется моментом инерции твердого тела относительно оси?
- 8) Напишите дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
- 9) При каких условиях тело вращается вокруг неподвижной оси равномерно, равноускоренно, равнозамедленно?
- 10) Каково физическое содержание понятия момента инерции тела относительно оси?
- 11) В чем заключается теорема о зависимости моментов инерции тела относительно параллельных осей?
- 12) Что называется радиусом инерции тела?
- 13) Чему равен момент инерции кругового однородного диска относительно оси, проходящей через центр масс и перпендикулярной его плоскости?
- 14) Решите самостоятельно задачи 37.7; 37.17; 37.42; 37.50; 37.52 из [3].

4.4. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СИСТЕМЫ

[1], с.191...210 или [7], с. 120... 142

4.4.1. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы.
Теорема Кенига.

4.4.2. Вычисление кинетической энергии твердого тела при его поступательном, вращательном вокруг неподвижной оси и плоском движениях.

4.4.3. Элементарная работа силы. Работа переменной силы на конечном перемещении. Работа равнодействующей. Мощность.

4.4.4. Работа силы тяжести, силы упругости. Элементарная работа и мощность сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси. Работа и мощность внутренних сил.

4.4.5. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.

4.4.6. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.

Вопросы для самопроверки

- 1) Как определяется кинетическая энергия материальной точки и системы?
- 2) Сформулируйте теорему Кенига.
- 3) Как определяется кинетическая энергия твердого тела, совершающего поступательное, вращательное, плоскопараллельное движения?
- 4) Что такое элементарная работа силы? Какие формулы используются для вычисления элементарной работы силы?
- 5) Как определяется работа силы на конечном перемещении?
- 6) Чему равна работа силы тяжести точки, тела, системы?
- 7) Чему равна сумма работ внутренних сил, приложенных к твердому телу?
- 8) Чему равны работа и мощность сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси?
- 9) Чему равна работа силы упругости?
- 10) Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии материальной точки в дифференциальной и интегральной формах.
- 11) Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы?
- 12) Решите самостоятельно задачи 30.18; 38.4; 38.14; 38.20; 38.27; 38.37 из [3].

4.5. ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СИЛОВОЕ ПОЛЕ

[1], с.71...81, 211...213 или [7], с.143...150

4.5.1. Понятие о силовом поле. Потенциальное силовое поле. Потенциальная энергия.

4.5.2. Поверхности уровня. Работа силы на конечном перемещении в потенциальном силовом поле.

4.5.3. Потенциальная энергия механической системы.

4.5.4. Консервативная механическая система. Полная механическая энергия. Закон сохранения полной механической энергии.

Вопросы для самопроверки

- 1) Дайте определение силового поля.
- 2) Какое силовое поле называется потенциальным?
- 3) Какова связь между силой потенциального поля и потенциальной энергией?
- 4) Что называется эквипотенциальной поверхностью?
- 5) Как вычислить работу силы потенциального поля при перемещении материальной точки с одной эквипотенциальной поверхности на другую?
- 6) Сформулируйте закон сохранения механической энергии. При каких условиях он выполняется?
- 7) Что называется консервативной механической системой?

4.6. ДИНАМИКА ПЛОСКОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

[1], с.277...283 или [7], с. 115... 119, [8], с.17...24

4.6.1. Теорема о кинетическом моменте механической системы, участвующей в сложном движении.

4.6.2. Теорема об изменении кинетического момента системы в ее относительном движении по отношению к центру масс.

4.6.3. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.

Вопросы для самопроверки

- 1) Напишите дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.
- 2) Как изменятся эти уравнения в случае движения несвободного твердого тела?
- 3) Решите задачу 39.4 из [3]. Каково динамическое условие качения колеса без скольжения?

4.7*. ОСНОВЫ ТЕОРИИ УДАРА

[1], с.325...346

4.7.1. Явление удара. Ударная сила и ударный импульс. Действие ударной силы на материальную точку.

4.7.2. Классификация ударов двух тел: прямой и косой, центральный и нецентральный, упругий и неупругий.

4.7.3. Коэффициент восстановления при ударе и его опытное определение.

4.7.4. Теорема об изменении количества движения механической системы при ударе.

4.7.5. Прямой центральный удар двух тел. Определение послеударных скоростей соударяющихся тел; определение ударных импульсов.

4.7.6. Теорема об изменении кинетического момента при ударе. Удар по вращающемуся твердому телу.

4.7.7. Действие ударных сил на тело, вращающееся вокруг неподвижной оси. Условия безударности опор. Центр удара.

4.7.8. Потеря кинетической энергии при ударе (теорема Карно).

Вопросы для самопроверки

- 1) Дайте определение явления удара, ударной силы, ударного импульса.
- 2) Почему при ударе не учитывается действие неударных сил?

- 3) Чему равны перемещение материальной точки за время удара, изменение скорости точки?
- 4) Сформулируйте теоремы об изменении количества движения и кинетического момента система при ударе.
- 5) Что называется коэффициентом восстановления при ударе? Как он определяется экспериментом?
- 6) Как определяются послеударные скорости двух соударяющихся тел при прямом центральном ударе?
- 7) Сформулируйте теорему Карно для абсолютно неупругого удара и для не вполне упругого удара.
- 8) Как определяется изменение угловой скорости тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, при действии на него ударного импульса?
- 9) Что называется центром удара?
- 10) Каковы условия безударности опор в случае твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
- 11) Решите самостоятельно задачи 44.2; 44.5; 44.12; 44.16; 44.22 из [3].

5. ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

5.1. ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИТИЧЕСКУЮ МЕХАНИКУ

[1], с.348...365 или [9], с.3...20

5.1.1. Связи и их аналитические выражения. Классификация связей; удерживающие и недерживающие, стационарные и нестационарные, геометрические (позиционные) и кинематические, голономные и неголономные.

5.1.2. Число степеней свободы материальной точки, твердого тела и механической системы. Обобщенные координаты.

5.1.3. Возможные перемещения материальной точки и механической системы.

5.1.4. Возможная работа, обобщенные силы. Способы вычисления обобщенных сил в общем случае и в случае потенциальных сил.

5.1.5. Идеальные связи.

Вопросы для самопроверки

- 1) Назовите типы связей, их основные признаки. Приведите примеры их записи.
- 2) Что представляют собой обобщенные координаты? Могут ли они быть, например, декартовыми?
- 3) Какие перемещения несвободной точки (несвободной системы) называются возможными? Чем они отличаются от действительных перемещений?
- 4) Каково аналитическое условие идеальности связей?
- 5) В чем отличие обобщенной силы от обычной силы, действующей на механическую систему? Могут ли они совпадать?
- 6) Изложите практический способ вычисления обобщенных сил.
- 7) Как вычисляется обобщенная консервативная сила?

5.2. ПРИНЦИП ВОЗМОЖНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

[1], с.357...361, 368...370 или [9], с.20...28

5.2.1. Принцип возможных перемещений. Формулировка принципа в обобщенных координатах.

5.2.2. Применение принципа к задачам определения реакций идеальных связей и связей с трением.

5.2.3. Принцип возможных перемещений в случае консервативных сил.

Вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте и запишите принцип возможных перемещений в векторной форме и в обобщенных координатах.
- 2) В чем состоят преимущества принципа возможных перемещений перед методами геометрической статики?
- 3) Сколько независимых уравнений равновесия можно записать для системы с " k " степенями свободы?

4) Как формулируется условие равновесия консервативной системы?

5.3. ОСНОВЫ КИНЕТОСТАТИКИ

[1], с.314...321 или [8], с.32...60

5.3.1. Силы инерции материальной точки. Принцип Даламбера.

5.3.2. Уравнения кинетостатики для материальной точки и механической системы.

5.3.3. Приведение сил инерции точек твердого тела в случае поступательного движения, вращения вокруг неподвижной оси, совпадающей с осью материальной симметрии тела, и плоского движения. Главный вектор и главный момент сил инерции твердого тела относительно неподвижного центра.

5.3.4. Определение динамических реакций опор твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Понятие о центробежных моментах инерции твердого тела.

5.3.5. Момент инерции твердого тела относительно произвольной оси, проходящей через данную точку. Эллипсоид инерции. Главные оси инерции тела; главные центральные оси инерции тела и их свойства.

5.3.6. Понятие о статическом и динамическом уравновешивании твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте принцип Даламбера для несвободной материальной точки.
- 2) В чем состоит метод кинетостатики?
- 3) Каков результат приведения сил инерции тела при его поступательном, вращательном вокруг неподвижной оси и плоском движениях?
- 4) Каковы причины возникновения динамических составляющих реакций опор?
- 5) Каковы условия статической (динамической) неуравновешенности тела, и какие реакции при этом возникают?

б) Каковы способы устранения статической (динамической) неуравновешенности тела?

5.4. ОБЩЕЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ И УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА ВТОРОГО РОДА

[1], с.371...385 или [9], с.28...35

5.4.1. Общее уравнение динамики в декартовых и обобщенных координатах как результат совместного применения принципа Даламбера и принципа возможных перемещений.

5.4.2. Универсальная операторная форма записи дифференциальных уравнений движения механической системы в обобщенных координатах - уравнения Лагранжа второго рода.

5.4.3. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа второго рода консервативных систем. Последовательность решения задач динамики с использованием уравнений Лагранжа второго рода.

Вопросы для самопроверки

- 1) Запишите общее уравнение динамики в скалярной и векторной формах.
- 2) Составьте уравнения Лагранжа второго рода для следующих систем:
 - а) твердое тело, вращающееся вокруг неподвижной оси;
 - б) твердое тело, совершающее плоское движение.
- 3) Что называется функцией Лагранжа?
- 4) Запишите уравнения Лагранжа второго рода для системы, движущейся в потенциальном силовом поле.
- 5) Решите самостоятельно задачи: 48.1; 48.5; 48.20; 38.27; 38.37; 38.40 из [3].

1.3. Тематический план лекций и практических занятий по первой и второй частям курса (в часах)

1.3.1. Для специальностей: **100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100.**

№ п.п.	Темы	Лекции	Практич. занятия
Часть 1. Статика и кинематика			
1.	Введение в статику.	2	-
2.	Момент силы относительно точки и оси. Пара сил. Момент пары.	2	-
3.	Произвольная система сил. Метод Пуансо. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия.	2	2
4.	Плоская система сил. Три формы уравнений равновесия. Трение.	2	4
5.	Кинематика точки. Способы задания движения. Скорость и ускорение.	2	2
6.	Простейшие виды движения твердого тела. Законы движения, скорость, ускорение.	2	2
7.	Сложное движение точки. Теоремы о сложении скоростей и ускорений.	2	2
8.	Плоское движение твердого тела. Скорости и ускорения точек твердого тела.	2	4
ИТОГО:		16	16
Часть 2. Динамика			
1.	Введение в динамику. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Две основные задачи динамики.	2	2
2.	Прямолинейное колебательное движение материальной точки.	2	2
3.	Механическая система. Теорема об изменении количества движения системы и теорема о движении центра масс.	2	2
4.	Теорема об изменении кинетического момента механической системы.	2	2
5.	Теорема об изменении кинетической энергии системы. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.	2	2

6.	Динамика плоского движения твердого тела. Кинестатика.	2	2
7.	Введение в аналитическую механику. Принцип возможных перемещений.	2	2
8.	Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода.	2	2
ИТОГО:		16	16

1.3.2. Для специальностей: **120100,120500,150200,170900.**

№ п.п.	Темы	Лекции	Практич. занятия
Часть 1. Статика и кинематика			
1.	Введение в статику.	2	-
2.	Момент силы относительно точки и оси. Пара сил. Момент пары.	2	-
3.	Произвольная система сил. Метод Пуансо. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия.	2	2
4.	Плоская система сил. Три формы уравнений равновесия. Трение.	2	4
5.	Кинематика точки. Способы задания движения. Скорость и ускорение.	2	2
6.	Простейшие виды движения твердого тела. Законы движения, скорость, ускорение.	2	2
7.	Сложное движение точки. Теоремы о сложении скоростей и ускорений.	2	2
8.	Плоское движение твердого тела. Скорости и ускорения точек твердого тела.	2	4
ИТОГО:		16	16
Часть 2. Динамика			
1.	Введение в динамику. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Две основные задачи динамики.	2	2
2.	Прямолинейное колебательное движение материальной точки.	2	2

3.	Механическая система. Теорема об изменении количества движения системы и теорема о движении центра масс.	2	2
4.	Теорема об изменении кинетического момента механической системы.	2	2
5.	Теорема об изменении кинетической энергии системы. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.	2	4
6.	Динамика плоского движения твердого тела. Кинестатика.	4	2
7.	Основы теории удара.	2	2
ИТОГО:		16	16

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной:

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. -М.: Наука, 1970, т.1; 1971, т.2 и последующие издания.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. -М.: Наука, 1970 и последующие издания.
3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. -М.: Наука, 1970 и последующие издания до 1980.
4. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. -М.: Наука, 1981 и последующие издания.

Дополнительный:

1. Иванов Я.А., Кащеев В.М. Статика твердого тела: Учеб. пособие. -Л.: СЗПИ, 1979.-76 с.
2. Иванов Я.Д., Кащеев В.М. Кинематика точки и твердого тела: Учеб. пособие. -Л.: СЗПИ, 1979.-80 с.
3. Михеева К.Н., Кащеев В.М., Михеев А.П. Динамика. Вып. I: Учеб. пособие: -Л.: СЗПИ, 1975.-104 с.
4. Гавриленко В.А. и др. Некоторые вопросы динамики твердого тела: Учеб. пособие: -Л.: СЗПИ, 1979.-81 с.
5. Коловский М.З. Элементы аналитической механики и теории малых колебаний: Учеб. пособие: -Л.: СЗПИ, 1979.-62 с.
6. Михеев А.П. Теоретическая механика. Основы аналитической механики. Учеб. пособие: -СПб.: СЗЗТУ, 2000.-45 с.
7. Кащеев В.М. Теоретическая механика: Методическое пособие по выполнению контрольных работ. -СПб.: СЗЗТУ, 2002.-133 с.
8. Статика. Вып.1 и 2: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1978.-34 с. и 27 с..
9. Кинематика. Вып.1 и 2: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1977.-39 с. и 44 с.
10. Динамика точки и системы: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1983.-45 с.
11. Динамика. Теоремы об изменении кинетического момента и кинетической энергии системы: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1983.-39 с.
12. Теоретическая механика. Аналитическая механика: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1979.-35 с.
13. Теоретическая механика. Аналитическая механика. Уравнения Лагранжа второго рода: Методические указания к практическим занятиям. -Л.: СЗПИ, 1984.-36 с.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении контрольной работы может быть использован любой из указанных в п.п. 3 и 4 задачник.

3. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Общие указания

Все студенты, как очно-заочной, так и заочной форм обучения, выполняют в каждом из двух семестров второго курса по две контрольные работы, каждая из которых состоит из четырех задач сборника [3] или [4]. Для студентов специальностей **100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100** номера задач, входящих в контрольные работы №№ 1,2,3,4, выбираются из приводимых ниже табл. 1,2,3,4. Студенты специальностей **120100, 120500, 150200, 170900** номера задач контрольных работ №№ 1,2 выбирают из табл. 1 и 2, а контрольных работ №№ 3,4 – из табл. 5 и 6.

Выбор задач для каждой контрольной работы производится по двум последним цифрам шифра студента. Искомый вариант контрольной работы находится в таблице на пересечении строки, номер которой соответствует предпоследней цифре шифра, и столбца с номером, соответствующим последней цифре шифра. Так, например, студент, шифр которого 23-0521, должен решить в контрольной работе 1 задачи 4.64, 4.33, 8.23, 12.5 (на пересечении третьей строки и второго столбца таблицы 1).

Следует обратить внимание на то, что задачи сборника И. В. Мещерского имеют, как правило, два номера: первый является ее порядковым номером в данном издании, а второй (помещенный в скобках) соответствует ее порядковому номеру в предыдущих изданиях. Во всех приводимых далее таблицах порядковые номера задач приводятся по изданиям задачника, вышедшего с 1970 по 1980 гг., в изданиях начиная с 1981 г., номера этих задач заключены в скобки.

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывается факультет, специальность, фамилия и инициалы студента, а также его шифр, номер контрольной работы и название кафедры.

При оформлении контрольной работы необходимо выполнять следующие

щие правила:

- 1) в тетради оставляются поля шириной 4-5 см для замечаний преподавателя;
- 2) текст условия задачи полностью переписывается из задачника;
- 3) все чертежи выполняются с помощью карандаша, линейки и циркуля; не допускается выполнение чертежей “от руки”;
- 4) чертежи должны сопровождать решение задачи, даже если они в задачнике не приводятся;
- 5) на чертежах указываются все необходимые размеры и все векторы, упоминаемые в решении задачи; векторы могут изображаться цветными карандашами или фломастерами;
- 6) решение задачи аргументируется ссылками на определения, аксиомы или теоремы (подробнее указания о характере пояснений даны ниже);
- 7) решение вначале производится в буквенной форме, затем в окончательные результаты подставляются числовые значения; следует обратить внимание на четкость изображения всех буквенных символов как на чертежах, так и при вычислениях.

Невыполнение этих правил затрудняет проверку контрольной работы и создает трудности при ее защите.

Если после проверки преподавателем какие-либо задачи контрольной работы окажутся незачтенными, то все исправления следует производить в той же тетради на чистых или вклеенных листах, озаглавленных “Работа над ошибками”. Если все задачи решены правильно, работа возвращается студенту с пометкой “допущено к защите”. Каждая из допущенных к защите контрольных работ должна быть защищена студентом очно; в процессе защиты ему предлагаются вопросы, относящиеся к представленному им решению задач; студенту может быть предложено самостоятельно решить фрагмент задачи по одной из тем защищаемой контрольной работы.

Факт успешной защиты работы удостоверяется преподавателем надписью на обложке работы “работа № ... защищена”, с указанием даты защиты. После защиты всех контрольных работ, предусмотренных учебным пла-

ном в данном семестре, студент допускается к зачету или экзамену по соответствующей части курса.

3.2. Указания к выполнению контрольной работы 1 (Таблица 1)

Контрольная работа содержит три задачи по статике и одну по кинематике. Все задачи по статике решаются путем составления уравнений равновесия. При решении задач целесообразна следующая последовательность действий:

- 1) установить объект равновесия, то есть определить, равновесие какого тела или системы тел исследуется в данной задаче;
- 2) выявить все связи, изобразить на расчетной схеме их реакции, а также все активные силы;
- 3) определить, какого рода система сил действует на данный объект равновесия;
- 4) выбрать оси координат, наиболее удобные для составления уравнений равновесия;
- 5) составить систему уравнений равновесия для данной системы сил;
- 6) решить эту систему уравнений относительно неизвестных величин и проанализировать решение.

Приведенную выше последовательность действий необходимо отразить в пояснениях, которые должны сопровождать решение каждой задачи.

Задачи первой строки рассматривают **равновесие тел под действием плоской системы сил**.

При решении этих задач следует составить и решить три уравнения равновесия плоской системы сил.

В задачах 4.63 и 4.66 необходимо учесть действие сил трения, направленных противоположно скорости точек их приложения при отсутствии трения.

В задачах 4.78 и 4.79 необходимо учесть трение качения; при построении пары трения качения требуется сместить линию действия нормаль-

ной реакции в направлении движения тела на величину, численно равную коэффициенту трения качения.

Задачи второй строки посвящены **равновесию систем тел** и решаются методом расчленения. При этом необходимо кроме чертежа из сборника задач изобразить каждый рассматриваемый объект равновесия отдельно и показать

все силы, действующие на них.

Задачи третьей строки рассматривают **равновесие тел под действием пространственной системы сил** и решаются путем составления шести уравнений равновесия. При составлении этих уравнений следует иметь в виду, что часть из них может обращаться в тождество вида $0 \equiv 0$. Для облегчения нахождения проекций сил на координатные оси и моментов сил относительно координатных осей полезно изобразить объект равновесия вместе с приложенными к нему силами в трех ортогональных проекциях.

Задачи четвертой строки относятся к теме **“Кинематика точки”**. В задачах 12.2, 12.5, 12.6, 12.7, 12.13 речь идет о прямолинейном движении точки, а в задачах 12.8, 12.9, 12.12, 12.14, 12.16 – о движении по окружности. Здесь следует обратить внимание на условие равнопеременности движения (задачи 12.2, 12.5, 12.8, 12.9), представленное уравнением $W_{\phi} = \text{const}$ (или $\dot{s} = \text{const}$), в результате интегрирования которого с учетом начальных условий можно найти все требуемые в этих задачах кинематические характеристики движения для любого момента времени. Решение задач этой строки необходимо пояснить схемой, изображающей точку в текущем (или заданном) положении, с указанием векторов ее скорости и ускорения (касательного, нормального, полного).

3.3. Указания к выполнению контрольной работы 2 (Таблица 2)

Задачи первой строки этой контрольной работы относятся к теме

“Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси и преобразование движений”. При этом в задачах 13.5, ... 13.17 речь идет о нахождении кинематических характеристик или самого вращающегося тела, или точек, ему принадлежащих. В задачах 13.18, 13.19, 14.2, ... 14.12 рассматриваются некоторые простейшие механизмы, для которых необходимо установить соотношения между кинематическими характеристиками движения тел.

Задачи *второй строки* решаются при помощи **теорем о сложении скоростей и ускорений в сложном движении точки**. При решении этих задач необходимо вначале пояснить, что принимается за подвижную (переносимую) среду (или тело), каково ее движение и каково движение материальной точки относительно подвижной среды. На схеме необходимо показать положение точки в заданный момент времени или в заданном положении в подвижной среде. Далее следует указать теорему, используемую при решении задачи. На чертеже изображаются все составляющие абсолютной скорости или абсолютного ускорения точки. Решение рекомендуется выполнять аналитически, проектируя соответствующие векторные равенства на оси выбранной декартовой системы координат.

Задачи *третьей строки* относятся к теме **“Скорости точек плоской фигуры”**. Решение целесообразно начинать с изображения тела или механизма, о котором идет речь в задаче, в заданном положении. После описания видов движения всех звеньев тела или механизма следует перейти к определению скоростей их узловых точек. При этом можно использовать либо метод полюса, либо теорему о проекциях скоростей двух точек плоской фигуры, либо определять скорости с помощью метода мгновенного центра скоростей.

В задачах *четвертой строки* определяются **ускорения точек плоской фигуры**. В качестве основного способа решения рекомендуется метод полюса, когда ускорение любой точки плоской фигуры представляется в виде геометрической суммы ускорения полюса, касательного (вращательного) и нормаль-

ного (центростремительного) ускорений во вращательном движении фигуры вокруг полюса. При этом за полюс выбирается та точка плоской фигуры, ускорение которой либо уже известно, либо может быть легко определено по условию задачи. Решение рекомендуется производить аналитически, проектируя соответствующие векторные равенства на оси выбранной декартовой системы координат.

В задачах 18.24, 18.25, 18.33 определять положение мгновенного центра ускорений не требуется.

3.4. Указания к выполнению контрольной работы 3 (Таблица 3)

Задачи первой строки, относящиеся к теме “**Обратная задача динамики**

материальной точки”, сводятся к составлению и интегрированию дифференциальных уравнений движения точки при заданных начальных условиях ее движения. При этом рекомендуется соблюдать следующие правила составления уравнений движения:

- 1) оси инерциальной системы отсчета выбираются так, чтобы в текущем положении координаты точки и проекции ее скорости были положительными;
- 2) изображаются силы, приложенные к точке;
- 3) записывается в векторной форме основное уравнение динамики точки;
- 4) при проектировании этого уравнения на оси координат, получаются дифференциальные уравнения движения точки в выбранной системе отсчета.

В задачах второй строки рассматривается важный класс динамических задач, посвященных **прямолинейному колебательному движению материальной точки**. Дифференциальное уравнение движения в этом случае составляется в проекции на ось, совмещающую с прямолинейной траекторией движения материальной точки. Начало отсчета координат движущейся точки следует совместить с положением ее равновесия. Точка изображается в текущем положении, характеризующимся положительной координатой и положительной скоростью точки. Далее составляется основное уравнение динамики точки в векторной форме, в результате проектирования которого на

ось получается дифференциальное уравнение соответствующего колебательного движения точки.

В задачах 32.3, ... 32.48 рассматривается случай свободных незатухающих (гармонических) колебаний точки. В задачах 32.62, ... 32.65 рассматриваются свободные затухающие колебания, когда кроме линейной восстанавливающей силы на точку действует еще и сила сопротивления, пропорциональная первой степени скорости. В задачах же 32.78, ... 32.100 рассматриваются вынужденные колебания точки.

Задачи третьей строки решаются с помощью двух общих теорем динамики механической системы: **теоремы о движении центра масс** (35.9, ... 35.21) **или теоремы об изменении кинетического момента системы** (37.4, ... 37.53).

Решение этих задач следует начинать с составления расчетных схем, при этом целесообразно придерживаться следующей последовательности действий:

- 1) выяснить, из каких тел состоит рассматриваемая механическая система;
- 2) определить вид движения, совершаемого каждым из тел системы;
- 3) определить, какие внешние силы (активные и реакции связей) приложены к телам системы в ее текущем положении;
- 4) записать уравнение, выражающее теорему, применяемую для решения задачи, сначала в векторной форме, а затем в виде проекций на оси координат.

При решении задач 35.17, ... 35.21 следует доказать, анализируя дифференциальные уравнения движения центра масс системы, постоянство абсциссы центра масс, учитывая начальные условия движения системы. Затем, учитывая это обстоятельство, следует приравнять абсциссы центра масс системы в начальном и конечном положениях. На чертеже при этом рекомендуется изобразить как начальное, так и конечное положения системы.

Задачи 37.4, ... 37.27 решаются при помощи дифференциального уравнения вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. При этом в задачах 37.15, ... 37.27 эти уравнения приводятся к дифференциальным урав-

нениям свободных крутильных колебаний, интегрирование которых осуществляется точно так же, как и в случае прямолинейных колебаний материальной точки. Задачи 37.42 ... 37.57 решаются непосредственно при помощи теоремы об изменении кинетического момента системы. В задачах 37.49 ... 37.57 сначала следует доказать, что имеет место случай сохранения кинетического момента относительно данной оси, а затем, используя это обстоятельство, приравнять кинетические моменты системы в начальном и конечном ее положениях.

Задачи четвертой строки решаются с помощью **теоремы об изменении кинетической энергии системы**. Большая часть этих задач решается с помощью этой теоремы в интегральной (конечной) форме, задача же 38.53 решается с использованием дифференциальной формы записи этой теоремы.

В процессе решения этих задач необходимо вычислять кинетическую энергию системы в двух положениях – начальном и конечном; при этом кинетические энергии отдельных тел системы вычисляются по формулам соответствующим движению каждого из этих тел. Работы всех сил, приложенных к телам системы, определяются на перемещениях точек приложения этих сил, соответствующих переходу тел из их начального положения в конечное.

При решении задач, в которых требуется определить работу сил, создающих вращающие моменты, используется следующая формула для опре-

деления работы: $A = \int_0^{\varphi} M(\varphi) d\varphi$, где $M(\varphi)$ - момент сил, заданный, как

функция угла поворота φ .

3.5. Указания к выполнению контрольной работы 4 (Таблица 4)

Задачи первой строки относятся к теме “**Динамика плоского движения твердого тела**”. При решении задач 39.2, 39.3, 43.1, 43.2 необходимо составить дифференциальные уравнения плоского движения данных тел и интегрировать эти уравнения, учитывая заданные условиями задач начальные

условия движения.

В задачах 39.4, ... 39.7, 39.11, 39.12, 39.15, 39.16, 39.20, 39.21 рассматривается случай качения тел без скольжения. Точка соприкосновения тел и неподвижной плоскости является мгновенным центром скоростей и, следовательно, величины ускорения центра масс \ddot{x}_c и угловое ускорение тела $\ddot{\phi}$ связаны зависимостью $\ddot{x}_c = r\ddot{\phi}$, где r - радиус катящегося тела, выражающей кинематическое условие качения без скольжения. Эта зависимость, а также динамическое условие качения без скольжения $F_{\text{тр}} \leq fN$ (где $F_{\text{тр}}$ - сила трения скольжения при качении тела; f - коэффициент трения скольжения; N - нормальная реакция опорной плоскости на тело) позволяют решить систему дифференциальных уравнений плоского движения относительно неизвестных величин.

В задачах 39.9, 39.10, 39.14 рассматривается случай качения тел со скольжением. При этом сила трения скольжения достигает предельного значения, то есть $F_{\text{тр}} = fN$. Подставив это значение в дифференциальные уравнения плоского движения, необходимо решить их относительно \ddot{x}_c и $\ddot{\phi}$, а затем произвести интегрирование, учитывая заданные начальные условия движения.

Задачи второй строки посвящены **методу кинетостатики**. При решении этих задач необходимо составить уравнения кинетостатики рассматриваемой системы, записанные в проекциях на оси декартовых координат. К системе (телу), движение которой рассматривается, прикладываются активные силы, реакции связей, а также главный вектор и главный момент сил инерции.

В задачах на определение давления вращающегося твердого тела на подшипники опор (или определение реакций опор) необходимо выбрать оси координат, связанные с вращающимся телом, и приложить к нему активные силы, реакции опор, а также силы инерции. После этого вычисляются коор-

динаты центра тяжести тела x_c и y_c , а затем записываются и решаются уравнения кинестатики твердого тела относительно неизвестных составляющих давлений или реакций.

Задачи третьей строки решаются с помощью **принципа возможных перемещений**. При этом рекомендуется следующая последовательность действий:

- 1) определить состав механической системы;
- 2) определить число степеней свободы системы и выбрать обобщенные координаты;
- 3) приложить к точкам системы активные силы;
- 4) задать этим точкам возможные перемещения, изобразив их графически на чертеже;
- 5) вычислить возможную работу (сумму элементарных работ активных сил на возможных перемещениях) и приравнять ее к нулю;
- 6) полученное алгебраическое уравнение решить относительно неизвестных величин.

Соотношения между возможными перемещениями различных точек системы можно получить либо из геометрических соображений, либо используя пропорциональность возможных перемещений точек системы их возможным скоростям, либо варьированием предварительно составленных уравнений связей.

При решении задач 4.26, ... 4.29, 4.32, 4.33, 46.19, 46.20 необходимо предварительно воспользоваться принципом освобожденности от связей. Для определения каждой опорной реакции надо мысленно освободиться от соответствующей связи и ввести ее реакцию; эта, являющаяся искомой, опорная реакция переходит, таким образом, в категорию активных сил, а число степеней свободы системы увеличивается. Далее системе сообщаются возможные перемещения и искомая реакция вычисляется из условия обращения в нуль возможной работы на рассматриваемых возможных перемещениях.

Задачи четвертой строки необходимо решать с помощью **уравнений Лагранжа второго рода**. В задачах 47.8 ... 47.11, 47.13, 47.15, 48.1, 48.4, 48.5 необходимо составить одно, а в остальных задачах этой строки – два

уравнения Лагранжа. Решение этих задач рекомендуется производить в следующем порядке:

- 1) определить состав механической системы;
- 2) изобразить на чертеже приложенные к точкам системы активные силы, а также моменты активных сил, если последние имеются в условиях задачи;
- 3) определить число степеней свободы системы, а также выбрать обобщенные координаты; при этом текущее положение системы должно характеризоваться положительными значениями обобщенных координат и обобщенных скоростей;
- 4) задать точкам системы и изобразить на чертеже возможные перемещения, соответствующие положительным приращениям обобщенных координат;
- 5) определить кинетическую энергию системы, как функцию обобщенных координат и скоростей;
- 6) определить обобщенные силы; в общем случае они могут быть определены как частные от деления возможных работ на соответствующие вариации обобщенных координат;
- 7) подставить полученные выражения в уравнения Лагранжа второго рода и получить дифференциальные уравнения движения системы в обобщенных координатах;
- 8) решая эти уравнения, получить искомые величины.

За обобщенные координаты системы в задачах 47.20, 47.21, 47.24, 47.25 можно принять перемещения s_1 и s_2 боковых грузов. Ускорения боковых грузов определяются из системы двух дифференциальных уравнений движения, получаемых с помощью уравнений Лагранжа. Ускорение груза, подвешенного к подвижному блоку, равно по модулю полусумме (или полуразности) ускорений боковых грузов.

В задачах 47.22, 47.23 за обобщенные координаты системы можно принять абсолютную координату призмы B по горизонтальной плоскости и относительную координату призмы A (либо центра масс катка), перемещающейся по призме B . За обобщенные координаты системы в задаче 47.28 удобно выбрать декартову координату тележки (ползуна) и угол отклонения

стержня от вертикали.

3.6. Указания к выполнению контрольной работы 3 (Таблица 5)

(для студентов специальностей 120100, 120500, 150200, 170900)

Задачи первой строки, относящиеся к теме “**Обратная задача динамики материальной точки**”, сводятся к составлению и интегрированию дифференциальных уравнений движения точки при заданных начальных условиях ее движения. При этом рекомендуется соблюдать следующие правила составления уравнений движения:

- 1) оси инерциальной системы отсчета выбираются так, чтобы в текущем положении координаты точки и проекции ее скорости были положительными;
- 2) изображаются силы, приложенные к точке;
- 3) записывается в векторной форме основное уравнение динамики точки;
- 4) при проектировании этого уравнения на оси координат, получаются дифференциальные уравнения движения точки в выбранной системе отсчета.

В задачах второй строки рассматривается важный класс динамических задач, посвященных **прямолинейному колебательному движению материальной точки**. Дифференциальное уравнение движения в этом случае составляется в проекции на ось, совмещаемую с прямолинейной траекторией движения материальной точки. Начало отсчета координат движущейся точки следует совместить с положением ее равновесия. Точка изображается в текущем положении, характеризующемся положительной координатой и положительной скоростью точки. Далее составляется основное уравнение динамики точки в векторной форме, в результате проектирования которого на ось получается дифференциальное уравнение соответствующего колебательного движения точки.

В задачах 32.3, ... 32.48 рассматривается случай свободных незатухающих (гармонических) колебаний точки. В задачах 32.62, ... 32.65 рассматриваются свободные затухающие колебания, когда кроме линейной восстанавливающей силы на точку действует еще и сила

сопротивления, пропорциональная первой степени скорости. В задачах же 32.78, ... 32.100 рассматриваются вынужденные колебания точки.

Задачи третьей строки решаются с помощью двух первых общих теорем динамики механической системы: **теоремы о движении центра масс** (35.9, ... 35.21) **или теоремы об изменении количества движения системы** (36.9, ... 36.17).

Решение этих задач следует начинать с составления расчетных схем, при этом целесообразно придерживаться следующей последовательности действий:

- 1) выяснить, из каких тел состоит рассматриваемая механическая система;
- 2) определить вид движения, совершаемого каждым из тел системы;
- 3) определить, какие внешние силы (активные и реакции связей) приложены к телам системы в ее текущем положении;
- 4) записать уравнение, выражающее теорему, применяемую для решения задачи, сначала в векторной форме, а затем в виде проекций на оси координат.

При решении задач 35.17, ... 35.21 следует доказать, анализируя дифференциальные уравнения движения центра масс системы, постоянство абсциссы центра масс, учитывая начальные условия движения системы. Затем, учитывая это обстоятельство, следует приравнять абсциссы центра масс системы в ее начальном и конечном положениях. На чертеже при этом рекомендуется изобразить как начальное, так и конечное положения системы.

Задачи 36.13 ... 36.17 целесообразно решать с помощью теоремы об изменении количества движения системы в дифференциальной форме. Здесь речь идет о вычислении реакций связей, ограничивающих движение некоторого объема сплошной среды, который и принимается за движущуюся систему. На схеме следует рассмотреть две конфигурации, которые принимает этот объем в произвольный момент времени t и в момент $(t + \Delta t)$, где Δt - малое приращение t . Решение сводится к вычислению количеств движения элементарных объемов среды, находящихся вне пересечения упомянутых конфигураций.

Допускается решение задач 36.13 ... 36.17 и непосредственно с

помощью теоремы Эйлера о движении сплошных сред.

Задачи четвертой строки относятся к теме “**Теорема об изменении кинетического момента механической системы**” и решаются либо непосредственно с помощью этой теоремы, либо с помощью дифференциального уравнения вращения твердого тела вокруг неподвижной оси

Задачи 37.4, ... 37.27 решаются с помощью этого уравнения, при этом в задачах 37.15, ... 37.27 получаются дифференциальные уравнения свободных крутильных колебаний, интегрирование которых осуществляется точно так же, как и в случае прямолинейных колебаний материальной точки. Задачи 37.42 ... 37.57 решаются при помощи теоремы об изменении кинетического момента системы. В задачах 37.49 ... 37.57 сначала следует доказать, что имеет место случай сохранения кинетического момента относительно данной оси, а затем, используя это обстоятельство, приравнять кинетические моменты системы в ее начальном и конечном положениях.

3.7. Указания к выполнению контрольной работы 4 (Таблица 6)

(для студентов специальностей 120100, 120500, 150200, 170900)

Задачи первой строки решаются с помощью **теоремы об изменении кинетической энергии системы**. Большая часть этих задач решается с помощью этой теоремы в интегральной (конечной) форме, задача же 38.53 решается с использованием дифференциальной формы записи этой теоремы.

В процессе решения этих задач необходимо вычислять кинетическую энергию системы в двух положениях – начальном и конечном, при этом кинетические энергии отдельных тел системы определяются в зависимости от вида движений этих тел. Работы всех сил, приложенных к телам системы, определяются на перемещениях тел из начального положения в конечное.

При решении задач, в которых требуется определить работу сил, создающих вращающие моменты, используется следующая формула для определения работы:

$A = \int_0^{\varphi} M(\varphi) d\varphi$, где $M(\varphi)$ - момент сил, заданный как функ-

ция угла поворота φ .

Задачи второй строки относятся к теме “**Динамика плоского движения твердого тела**”. При решении задач 39.2, 39.3, 43.1, 43.2 необходимо составить дифференциальные уравнения плоского движения данных тел и интегрировать эти уравнения, учитывая заданные условиями задач начальные условия движения.

В задачах 39.4, ... 39.7, 39.11, 39.12, 39.15, 39.16, 39.20, 39.21 рассматривается случай качения тел без скольжения. Точка соприкосновения тел и неподвижной плоскости является мгновенным центром скоростей и, следовательно, величина ускорения центра масс \ddot{x}_c и угловое ускорение тела $\ddot{\varphi}$ связаны зависимостью $\ddot{x}_c = r\ddot{\varphi}$, где r - радиус катящегося тела, выражающей кинематическое условие качения без скольжения. Эта зависимость, а также динамическое условие качения без скольжения $F_{\text{тр}} \leq fN$ (где $F_{\text{тр}}$ - сила трения скольжения при качении тела; f - коэффициент трения скольжения; N - нормальная реакция опорной плоскости на тело) позволяют решить систему дифференциальных уравнений плоского движения относительно неизвестных величин.

В задачах 39.9, 39.10, 39.14 рассматривается случай качения тел со скольжением. При этом сила трения скольжения достигает предельного значения, то есть $F_{\text{тр}} = fN$. Подставив это значение в дифференциальные уравнения плоского движения, необходимо решить их относительно \ddot{x}_c и $\ddot{\varphi}$, а затем произвести интегрирование, учитывая заданные начальные условия движения.

Задачи третьей строки посвящены **методу кинетостатики**. При решении этих задач необходимо составить уравнения кинетостатики рассматриваемой системы, записанные в проекциях на оси декартовых координат. К системе (телу), движение которой рассматривается, прикладываются активные силы, реакции связей, а также главный вектор и главный момент сил инерции.

В задачах на определение давления вращающегося твердого тела на подшипники опор (или определение реакций опор) необходимо выбрать оси координат, связанные с вращающимся телом, и приложить к нему активные силы, реакции опор, а также силы инерции. После этого вычисляются координаты центра тяжести тела x_c и y_c , а затем записываются и решаются уравнения кинестатики твердого тела относительно неизвестных составляющих давлений или реакций.

Задачи четвертой строки относятся к теме “Теория удара”. Часть задач, где рассматривается прямой центральный удар двух тел, требует для своего решения лишь знание теоремы импульсов и определения коэффициента восстановления (44.1, 44.7, 44.8). Для решения других задач, где, кроме того, рассматривается послеударное (доударное) движение тел, дополнительно применяется теорема об изменении кинетической энергии (44.2, 44.16, 44.17). В задачах 44.18, 44.19, 44.22 ... 44.26, где рассматривается удар по телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси, необходимо использовать теорему об изменении кинетического момента системы при ударе. При решении задач 44.18, 44.19, 44.22 необходимо знать определение центра удара.

При оформлении задач этой темы следует на расчетной схеме изобразить, в частности, положение соударяющихся тел в момент удара, показать доударные и послеударные скорости точек (угловые скорости тел).

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА I (СТАТИКА И КИНЕМАТИКА)
 для студентов специальностей: **100500, 100700, 120100, 120500, 120800,**
150200, 170900, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
0	4.79	4.17	4.28	4.15	4.78	4.7	4.9	4.11	4.18	4.19
	4.54	4.35	4.52	4.40	4.57	3.35	3.36	3.37	4.39	4.54
	8.29	8.19	8.20	8.17	8.7	8.13	8.14	8.26	8.21	8.24
	12.13	12.16	12.5	12.8	12.6	12.9	12.22	12.14	12.15	12.28
1	4.15	4.22	4.78	4.30	4.9	4.17	4.16	4.79	4.28	4.11
	4.52	4.40	4.57	3.35	3.36	3.37	4.39	4.54	4.38	4.34
	8.30	8.38	8.25	8.12	8.37	8.36	8.20	8.34	8.28	8.16
	12.25	12.26	12.12	12.23	12.24	12.28	12.29	12.7	12.2	12.5
2	4.30	4.64	4.63	4.27	4.65	4.29	4.22	4.16	4.20	4.66
	4.41	4.33	2.40	2.41	4.37	4.32	4.42	4.43	4.54	4.35
	8.22	8.23	8.8	8.30	8.38	8.12	8.25	8.37	8.20	8.36
	12.13	12.5	12.16	12.8	12.6	12.9	12.22	12.14	12.15	12.28
3	4.17	4.28	4.15	4.78	4.7	4.9	4.11	4.18	4.19	4.79
	4.57	3.35	3.36	3.37	4.39	4.54	4.38	4.34	4.41	4.48
	8.34	8.28	8.16	8.29	8.19	8.20	8.17	8.7	8.13	8.14
	12.15	12.28	12.25	12.26	12.12	12.23	12.24	12.28	12.29	12.7
4	4.28	4.79	4.15	4.7	4.18	4.19	4.64	4.65	4.63	4.20
	4.38	4.34	4.41	4.33	2.41	2.40	4.35	4.32	4.42	4.43
	8.26	8.21	8.24	8.22	8.23	8.15	8.30	8.28	8.25	8.12
	12.2	12.7	12.5	12.13	12.16	12.8	12.6	12.9	12.22	12.14
5	4.79	4.64	4.63	4.30	4.65	4.29	4.22	4.16	4.20	4.66
	2.40	2.41	4.37	4.32	4.42	4.43	4.54	4.35	4.52	4.40
	8.23	8.15	8.30	8.38	8.12	8.37	8.25	8.36	8.34	8.20
	12.25	12.26	12.12	12.23	12.24	12.28	12.29	12.7	12.13	12.5
6	4.20	4.17	4.28	4.15	4.78	4.7	4.9	4.11	4.18	4.19
	3.36	3.35	3.37	4.39	4.54	4.29	4.34	4.41	4.33	2.40
	8.7	8.13	8.14	8.26	8.21	8.24	8.22	8.23	8.15	8.30
	12.12	12.23	12.24	12.28	12.29	12.7	12.2	12.5	12.13	12.22
7	4.11	4.28	4.79	4.15	4.7	4.18	4.19	4.64	4.65	4.63
	2.41	4.35	4.32	4.42	4.43	4.54	4.35	4.52	4.40	3.35
	8.38	8.25	8.12	8.37	8.36	8.20	8.34	8.28	8.16	8.29
	12.5	12.8	12.6	12.9	12.22	12.14	12.15	12.28	12.2	12.26
8	4.66	4.15	4.22	4.78	4.27	4.9	4.17	4.16	4.79	4.28
	3.36	3.37	4.39	4.54	4.38	4.34	4.41	2.40	4.33	4.35
	8.23	8.15	8.30	8.38	8.12	8.25	8.36	8.37	8.20	8.16
	12.6	12.8	12.5	12.14	12.15	12.22	12.9	12.28	12.26	12.25
9	4.64	4.63	4.30	4.65	4.29	4.22	4.16	4.20	4.66	4.19
	2.41	4.42	4.32	4.35	4.54	4.43	4.40	4.52	3.35	3.37
	8.19	8.20	8.17	8.7	8.13	8.14	8.26	8.21	8.24	8.22

	12.12	12.22	12.13	12.5	12.2	12.7	12.29	12.28	12.24	12.23
--	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2 (КИНЕМАТИКА)

для студентов специальностей: **100500, 100700, 120100, 120500, 120800, 150200, 170900, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100**

Таблица 2

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>0</i>	14.4 23.36 16.24 18.7	14.5 23.48 16.25 18.24	14.6 23.47 16.14 18.25	13.5 23.28 16.12 18.33	13.6 23.27 16.5 18.3	13.7 23.31 16.37 18.4	13.8 23.35 16.15 18.10	13.10 23.36 16.4 18.22	13.19 23.37 16.19 18.14	13.17 23.29 16.18 18.23
<i>1</i>	14.9 23.59 16.21 18.34	13.9 23.58 16.16 18.27	13.5 23.50 16.37 18.17	13.7 23.13 16.36 18.18	13.10 23.15 16.20 18.12	13.8 23.17 16.35 18.29	14.6 23.30 16.31 18.30	14.5 23.19 16.29 18.32	14.4 23.18 16.34 18.36	13.6 23.21 16.25 18.35
<i>2</i>	13.18 23.50 16.14 18.25	14.6 23.43 16.12 18.24	13.15 23.45 16.5 18.7	13.11 23.46 16.4 18.3	14.9 23.47 16.15 18.10	14.2 23.58 16.25 18.4	13.16 23.59 16.29 18.33	14.12 23.50 16.18 18.14	14.10 23.13 16.22 18.22	14.11 23.15 16.17 18.34
<i>3</i>	13.19 23.31 16.37 18.33	13.17 23.35 16.36 18.27	13.18 23.38 16.20 18.12	14.6 23.37 16.25 18.29	13.15 23.29 16.31 18.30	13.11 23.50 16.29 18.32	14.9 23.43 16.34 18.36	14.2 23.47 16.25 18.35	13.16 23.45 16.24 18.17	14.12 23.46 16.37 18.18
<i>4</i>	14.10 23.17 16.5 18.24	14.11 23.30 16.37 18.7	14.9 23.19 16.15 18.25	13.9 23.18 16.4 18.33	13.5 23.21 16.19 18.3	13.7 23.36 16.18 18.4	13.6 23.48 16.22 18.10	14.4 23.47 16.17 18.22	14.5 23.28 16.21 18.23	14.6 23.27 16.16 18.14
<i>5</i>	13.8 23.36 16.20 18.27	13.10 23.48 16.35 18.34	13.19 23.17 16.31 18.18	13.17 23.28 16.29 18.12	13.18 23.27 16.34 18.29	14.6 23.31 16.25 18.30	13.15 23.35 16.24 18.36	14.9 23.38 16.37 18.32	13.11 23.37 16.14 18.35	14.2 23.29 16.12 18.17
<i>6</i>	13.6 23.58 16.15 18.25	14.4 23.59 16.37 18.24	14.5 23.50 16.19 18.7	14.6 23.13 16.18 18.3	13.10 23.15 16.22 18.4	13.8 23.17 16.17 18.10	13.10 23.30 16.21 18.14	13.18 23.18 16.16 18.22	13.17 23.19 16.37 18.33	14.6 23.21 16.36 18.34
<i>7</i>	13.11 23.50 16.31 18.7	14.2 23.43 16.29 18.24	13.16 23.47 16.34 18.25	14.10 23.46 16.25 18.33	14.12 23.45 16.24 18.3	14.9 23.58 16.37 18.4	13.9 23.50 16.14 18.10	14.11 23.59 16.12 18.22	13.5 23.17 16.5 18.14	13.7 23.13 16.4 18.23
<i>8</i>	14.5 23.27 16.19 18.34	14.6 23.31 16.18 18.27	13.8 23.35 16.22 18.17	13.10 23.38 16.17 18.18	13.19 23.37 16.21 18.12	13.17 23.29 16.16 18.29	13.18 23.50 16.37 18.30	14.6 23.47 16.36 18.32	13.15 23.46 16.20 18.36	14.9 23.58 16.35 18.35
<i>9</i>	13.16	14.12	14.10	14.9	14.11	13.9	13.7	13.5	13.6	14.4

	23.15	23.30	23.18	23.17	23.19	23.21	23.36	23.48	23.47	23.28
	16.34	16.25	16.24	16.37	16.14	16.22	16.5	16.4	16.15	16.20
	18.25	18.24	18.7	18.3	18.10	18.4	18.33	18.14	18.22	18.34

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3 (ДИНАМИКА)

для студентов специальностей: **100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100**

Таблица 3

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>0</i>	27.22	27.23	23.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9
	32.2	32.3	32.8	32.48	32.13	32.14	32.16	32.19	32.4	32.35
	35.9	37.4	35.10	35.11	37.7	37.5	35.18	37.9	37.10	37.12
	38.12	38.14	38.13	38.16	38.20	38.23	38.24	38.25	38.26	38.27
<i>1</i>	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32	27.30	27.31	27.68	27.63
	32.65	32.92	32.84	32.90	32.2	32.62	32.48	32.8	32.14	32.13
	35.17	35.19	37.15	37.16	37.17	35.20	35.21	37.6	37.26	37.27
	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	38.39	38.41	38.43	38.44	38.45
<i>2</i>	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7
	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.3	32.2
	37.8	37.13	37.42	37.45	37.49	37.50	37.51	37.52	37.53	35.9
	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.14	38.13	38.16	38.20	38.23
<i>3</i>	27.15	27.9	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32	27.30	27.31
	32.8	32.48	32.13	32.14	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92
	37.4	35.10	35.11	37.5	37.7	35.18	37.9	37.10	37.12	35.17
	38.24	38.25	38.26	38.27	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	38.39
<i>4</i>	27.18	27.63	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36	27.61	27.18
	32.84	32.90	32.62	32.53	32.48	32.8	32.14	32.13	32.16	32.19
	35.19	37.15	37.16	37.17	35.20	35.21	37.6	37.26	37.27	37.8
	38.41	38.43	38.44	38.45	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.13
<i>5</i>	27.16	27.7	27.9	27.15	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32
	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.2	32.3	32.8	32.48
	37.13	37.42	37.45	37.49	37.50	37.51	37.52	37.53	35.9	35.10
	38.14	38.20	38.16	38.23	38.24	38.27	38.25	38.26	38.29	38.31
<i>6</i>	27.30	27.31	27.63	27.68	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36
	32.13	32.14	32.16	32.19	32.62	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90
	37.4	35.11	37.7	35.18	37.5	37.9	37.10	37.12	35.17	35.19
	38.32	38.36	38.37	38.39	38.41	38.43	38.45	38.46	38.44	38.49
<i>7</i>	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9	27.19	27.8	27.21	27.42
	32.62	32.53	32.8	32.48	32.14	32.13	32.16	32.19	32.4	32.35
	37.15	37.16	37.17	35.20	35.21	37.6	37.26	37.27	37.8	37.13
	38.50	38.53	38.14	38.13	38.12	38.20	38.16	38.23	38.24	38.25

8	27.56	27.32	27.30	27.31	27.68	27.63	27.41	27.17	27.22	27.23
	32.65	32.92	32.84	32.90	32.8	32.2	32.3	32.48	32.13	32.14
	37.42	37.45	37.49	37.50	37.51	37.52	37.53	35.9	37.4	35.11
	38.26	38.27	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	38.39	38.41	38.43
9	27.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9	27.19	27.8
	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.14	32.13
	35.10	37.5	37.7	35.18	37.9	37.12	35.17	35.19	37.16	37.15
	38.45	38.44	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.13	38.14	38.20

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 4 (ДИНАМИКА)

для студентов специальностей: **100500, 100700, 120800, 180100, 180200, 190800, 210100, 210200, 240100**

Таблица 4

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	39.4	39.16	39.6	39.20	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.15
	42.6	41.24	42.3	42.6	41.19	41.12	41.25	42.7	42.4	41.25
	4.26	46.8	46.20	4.28	46.11	46.14	46.1	46.13	4.32	46.3
	48.5	48.4	47.8	47.20	47.22	47.30	47.9	47.10	47.11	47.21
1	39.3	39.15	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.16
	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.6	41.19	42.3
	4.28	46.7	46.19	4.27	46.10	46.21	4.29	46.12	46.26	46.2
	47.23	47.24	47.13	47.15	48.26	48.27	48.45	48.37	48.1	47.9
2	39.2	39.14	39.4	39.16	39.6	39.20	39.9	43.1	39.11	39.19
	42.7	41.25	42.4	42.6	41.26	41.15	42.4	41.26	42.2	42.5
	4.47	46.6	46.19	4.26	46.8	46.20	4.28	46.11	46.25	46.1
	47.8	47.10	47.11	47.13	47.15	47.28	47.27	47.26	47.25	48.5
3	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	39.20
	42.6	41.19	42.3	41.12	41.25	42.7	41.25	42.4	41.13	41.26
	4.33	46.5	46.17	4.28	46.7	46.19	4.27	46.13	46.21	4.29
	47.22	47.30	47.9	47.11	47.10	47.21	47.23	47.24	48.1	47.13
4	43.1	39.11	39.2	39.14	39.16	39.6	39.20	39.9	39.21	39.4
	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.3	41.19	41.12	41.25	42.7
	4.32	46.3	46.16	4.47	46.6	46.19	4.26	46.10	46.20	4.28
	48.4	47.8	47.20	47.22	47.30	47.9	47.10	47.11	47.21	47.23
5	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.14
	42.4	41.13	41.26	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24
	4.27	46.10	46.21	4.29	46.12	46.26	46.2	46.15	4.33	46.5
	47.24	47.15	47.13	48.26	48.27	48.45	48.1	48.37	47.9	47.8
6	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	39.11
	42.3	41.12	41.25	42.7	41.18	41.25	42.4	41.13	41.26	41.24
	4.28	46.11	46.14	46.1	46.16	46.10	4.32	46.3	46.6	4.47
	47.10	47.11	47.13	47.15	47.28	47.27	47.26	47.25	48.5	48.4

7	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.4	39.16	39.6	39.20	39.10
	42.2	42.6	41.24	42.2	41.18	42.3	41.12	41.25	42.7	41.25
	4.29	46.13	46.26	46.2	46.16	4.33	46.5	46.17	4.47	46.7
	47.8	47.20	47.22	47.21	47.30	47.9	47.10	47.11	47.23	47.24
8	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	39.7	39.21	39.9
	41.26	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.6	41.19
	46.1	46.14	4.32	46.3	46.16	4.47	46.6	46.19	4.26	46.8
	47.13	47.15	47.9	48.26	48.27	48.45	48.37	48.1	47.8	47.10
9	39.6	39.20	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.4	39.16	39.8
	41.25	42.7	41.15	42.4	41.13	41.26	42.4	41.18	42.5	42.6
	46.2	46.15	4.33	46.5	46.14	4.47	46.7	46.19	4.27	46.10
	47.11	47.13	47.15	47.23	47.27	47.26	47.25	48.5	48.4	47.8

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3 (ДИНАМИКА)

для студентов специальностей: **120100, 120500, 150200, 170900**

Таблица 5

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	27.22	27.23	23.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9
	32.2	32.3	32.8	32.48	32.13	32.14	32.16	32.19	32.4	32.35
	35.9	35.10	35.11	35.18	36.13	36.11	35.17	35.18	35.19	36.14
	37.49	37.30	37.20	37.31	37.10	37.7	37.32	37.4	37.26	37.5
1	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32	27.30	27.31	27.68	27.63
	32.65	32.92	32.84	32.90	32.2	32.62	32.48	32.8	32.14	32.13
	35.20	35.21	36.15	36.17	35.7	35.9	35.13	35.11	36.13	35.10
	37.45	37.17	37.15	37.9	37.42	37.50	37.52	37.51	37.53	37.56
2	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7
	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.3	32.2
	35.18	36.11	35.17	35.19	35.20	36.14	35.21	36.15	36.17	35.9
	37.57	37.16	37.12	37.27	37.26	37.5	37.49	37.50	37.30	37.31
3	27.15	27.9	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32	27.30	27.31
	32.8	32.48	32.13	32.14	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92
	36.14	35.19	35.17	36.11	35.13	36.13	35.18	35.11	35.10	35.9
	37.10	37.7	37.32	37.4	37.45	37.17	37.15	37.9	37.42	37.50
4	27.18	27.63	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36	27.61	27.18
	32.84	32.90	32.62	32.53	32.48	32.8	32.14	32.13	32.16	32.19
	35.20	36.15	35.21	36.17	35.7	35.18	35.11	35.10	35.9	36.13
	37.51	37.53	37.52	37.57	37.56	37.16	37.12	37.27	37.26	37.5
5	27.16	27.7	27.9	27.15	27.19	27.8	27.21	27.42	27.56	27.32
	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.2	32.3	32.8	32.48
	36.11	35.17	35.19	36.14	35.20	36.15	35.21	35.9	36.17	35.11
	37.10	37.7	37.32	37.4	37.17	37.9	37.15	37.45	37.42	37.50

6	27.30	27.31	27.63	27.68	27.41	27.17	27.22	27.23	27.11	27.36
	32.13	32.14	32.16	32.19	32.62	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90
	35.9	35.13	36.13	35.10	35.18	35.17	35.20	36.11	35.7	36.14
	37.49	37.30	37.20	37.31	37.10	37.7	37.32	37.4	37.45	37.17
7	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9	27.19	27.8	27.21	27.42
	32.62	32.53	32.8	32.48	32.14	32.13	32.16	32.19	32.4	32.35
	35.21	36.15	36.17	35.9	35.10	35.11	35.18	36.13	36.11	35.17
	37.15	37.9	37.42	37.50	37.51	37.52	37.53	37.56	37.57	37.16
8	27.56	27.32	27.30	27.31	27.68	27.63	27.41	27.17	27.22	27.23
	32.65	32.92	32.84	32.90	32.8	32.2	32.3	32.48	32.13	32.14
	35.19	36.14	35.20	35.21	36.15	36.9	35.7	36.11	35.17	35.19
	37.27	37.12	37.26	37.5	37.49	37.30	37.20	37.31	37.10	37.7
9	27.11	27.36	27.61	27.18	27.16	27.7	27.15	27.9	27.19	27.8
	32.16	32.19	32.4	32.35	32.65	32.92	32.84	32.90	32.14	32.13
	36.14	35.18	35.13	35.10	35.11	35.9	35.20	35.21	36.15	36.17
	37.32	37.4	37.45	37.17	37.15	37.9	37.42	37.50	37.52	37.57

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 4 (ДИНАМИКА)

для студентов специальностей **120100, 120500, 150200, 170900**

Таблица 6

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра и номера задач по [4]									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	38.12	38.14	38.13	38.16	38.20	38.23	38.24	38.25	38.26	38.27
	39.4	39.16	39.6	39.20	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.15
	42.6	41.24	42.3	42.6	41.19	41.12	41.25	42.7	42.4	41.25
	44.19	44.8	44.16	44.17	44.18	44.22	44.23	44.24	44.25	44.3
1	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	38.39	38.41	38.43	38.44	38.45
	39.3	39.15	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.16
	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.6	41.19	42.3
	44.1	44.2	44.26	44.18	44.24	44.7	44.8	44.16	44.17	44.22
2	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.14	38.13	38.16	39.11	38.23
	39.2	39.14	39.4	39.16	39.6	39.20	39.9	43.1	38.20	39.19
	42.7	41.25	42.4	42.6	41.26	41.15	42.4	41.26	42.2	42.5
	44.23	44.24	44.25	44.1	44.3	44.2	44.26	44.19	44.8	44.16
3	38.24	38.25	38.26	38.27	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	38.39
	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	39.20
	42.6	41.19	42.3	41.12	41.25	42.7	41.25	42.4	41.13	41.26
	44.17	44.18	44.22	44.23	44.1	44.24	44.26	44.25	44.3	44.2
4	38.41	38.43	38.44	38.45	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.13
	43.1	39.11	39.2	39.14	39.16	39.6	39.20	39.9	39.21	39.4
	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.3	41.19	41.12	41.25	42.7
	44.16	44.7	44.8	44.3	44.17	44.18	44.2	44.1	44.22	44.23
5	38.14	38.20	38.16	38.23	38.24	38.27	38.25	38.26	38.29	38.31
	39.5	39.19	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.14
	42.4	41.13	41.26	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24
	44.24	44.25	44.26	44.2	44.19	44.1	44.3	44.16	44.17	44.8
6	38.32	38.36	38.37	38.39	38.41	38.43	38.45	38.46	38.44	38.49
	39.7	39.21	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	39.11
	42.3	41.12	41.25	42.7	41.18	41.25	42.4	41.13	41.26	41.24
	44.18	44.22	44.23	44.24	44.25	44.26	44.1	44.2	44.7	44.17
7	38.50	38.53	38.14	38.13	38.12	38.20	38.16	38.23	38.24	38.25
	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.4	39.16	39.6	39.20	39.10
	42.2	42.6	41.24	42.2	41.18	42.3	41.12	41.25	42.7	41.25
	44.3	44.23	44.8	44.16	44.22	44.25	44.18	44.19	44.24	44.26
8	38.26	38.27	38.29	38.31	38.32	38.36	38.37	39.7	38.41	38.43
	39.10	43.2	39.8	39.3	39.15	39.5	39.19	38.39	39.21	39.9
	41.26	42.4	41.26	42.5	41.15	42.2	42.6	41.24	42.6	41.19
	44.8	44.1	44.19	44.22	44.2	44.17	44.16	44.18	44.23	44.24
9	38.45	38.44	38.46	38.49	38.50	38.53	38.12	38.13	38.14	38.20
	39.6	39.20	39.9	43.1	39.11	39.2	39.14	39.4	39.16	39.8
	41.25	42.7	41.15	42.4	41.13	41.26	42.4	41.18	42.5	42.6

	44.25	44.26	44.1	44.2	44.16	44.23	44.4	44.22	44.8	44.17
--	-------	-------	------	------	-------	-------	------	-------	------	-------

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1. Содержание дисциплины.....	4
1.1. Содержание дисциплины по ГОС	4
1.2. Рабочая программа.....	4
1.3. Тематический план лекций и практических занятий	26
2. Литература	29
3. Задания на контрольные работы.....	30
3.1. Общие указания.....	30
3.2. Указания к выполнению контрольной работы 1 (Таблица 1).....	32
3.3. Указания к выполнению контрольной работы 2 (Таблица 2).....	33
3.4. Указания к выполнению контрольной работы 3 (Таблица 3).....	35
3.5. Указания к выполнению контрольной работы 4 (Таблица 4).....	37
3.6. Указания к выполнению контрольной работы 3 (Таблица 5).....	40
3.7. Указания к выполнению контрольной работы 4 (Таблица 6).....	43

Редактор И.Н.Садчикова

Сводный темплан 2004 г.

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 78.01.07.953.П.005641.11.03 от 21.11.2003 г.

Подписано в печать 2004. Формат 60x84 1/16

Б. кн.-журн. П.л. Бл. РТП РИО СЗТУ

Тираж Заказ

Северо-Западный государственный заочный технический университет

РИО СЗТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации вузов

Санкт-Петербурга

191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 5