


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор АСИ

д.т.н., проф.  В.А. Уваров

" 2 "  201 5 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины "Теоретическая механика"

Направление подготовки:

15.03.06 "Мехатроника и робототехника"

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения:

очная

Институт: Архитектурно-строительный


Кафедра: Теоретической механики и сопротивления материалов

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки России 12.03.15 № 206
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: к.т.н., доц.  (Н.Д. Воробьев)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой "Техническая кибернетика"

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
" 14 " мая 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

" 20 " мая 2015 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (А.Н. Дегтярь)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

" 28 " мая 2015 г., протокол № 10

Председатель к.т.н., доц.  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общекультурные			
1	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: о необходимости самообразования, методы организации своей работы,</p> <p>Уметь: планировать и организовывать свою деятельность</p> <p>Владеть: навыками планирования и организации своей деятельности, навыками самообразования</p>
Общепрофессиональные			
1	ОПК-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: основные положения, законы и методы теоретической механики</p> <p>Уметь: применять законы и методы теоретической механики к решению профессиональных задач</p> <p>Владеть: методологией постановки и решения задач механики</p>
2	ОПК-2	Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: основные уравнения, описывающие кинематику и динамику механических систем</p> <p>Уметь: ставить и решать задачи кинематики и динамики сложных механических систем</p> <p>Владеть: аппаратом, необходимым для описания кинематики и динамики мехатронных и робототехнических систем</p>
Профессиональные			
1	ПК-1	Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: методологию построения математических моделей механических систем</p> <p>Уметь: строить математические модели механических систем</p> <p>Владеть: навыками построения математических моделей механических систем</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математический анализ
2	Алгебра и аналитическая геометрия

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Техническая механика
2	Детали мехатронных модулей роботов и их конструирование
3	Технические средства автоматизации робототехнических систем
4	Основы мехатроники и робототехники

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	136	116
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	102	68	34
лекции	51	34	17
лабораторные			
практические	51	34	17
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	150	68	82
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задания	68	34	34
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	82	34	48
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)		зачет	экзамен

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Введение в теоретическую механику. Статика.					
	Введение в теоретическую механику. Разделы механики. Предмет теоретической механики. Основные понятия и аксиомы статики. Свободное и несвободное тело. Типы связей и их реакции. Системы сходящихся сил. Определение равнодействующей сходящейся системы сил. Условия равновесия.	4	2		4
2. Момент силы, теория пар сил					
	Момент силы относительно точки и оси. Теорема Вариньона (о моменте равнодействующей). Пара сил. Момент пары. Теорема об эквивалентности пар. Сложение пар.	2	2		4
3. Приведение систем сил к простейшему виду					
	Теорема о параллельном переносе силы (теорема Пуансо). Приведение пространственной системы сил к одному центру. Частные случаи приведения системы сил. Условия равновесия пространственной и плоской систем сил.	2	6		6
4. Введение в кинематику. Кинематика точки.					
	Предмет кинематики. Способы задания движения точки. Определение скоростей и ускорений точки. Касательное и нормальное ускорения.	2	2		6
5. Простейшие виды движения твердого тела.					
	Поступательное и вращательное движения твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек вращающегося тела.	2	2		8
6. Плоскопараллельное движение твердого тела					
	Определение скоростей точек плоского тела. Мгновенный центр скоростей (МЦС) и мгновенный центр ускорений (МЦУ). Определение скоростей точек плоского тела с помощью МЦС. Определение положения МЦС. План скоростей, план ускорений.	4	6		6
7. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки					
	Движение твердого тела, имеющего неподвижную точку. Кинематические уравнения Эйлера. Скорости и ускорения точек тела. Общий случай движения свободного твердого тела.	2	2		6

8. Сложное движение точки					
	Абсолютное и относительное движение точки. Сложение скоростей. Теорема Кориолиса. Сложное движение твердого тела.	4	6		10
9. Введение в динамику. Прямолинейные колебания точки.					
	Предмет динамики. Законы механики Галилея-Ньютона. Задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения точки. Свободные прямолинейные колебания материальной точки. Относительное движение материальной точки.	8	2		8
10. Общие теоремы динамики точки					
	Количество движения точки, импульс силы, теорема об изменении количества движения. Теорема об изменении момента количества движения. Кинетическая энергия, работа силы, теорема об изменении кинетической энергии.	4	4		10
	ВСЕГО	34	34		68

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
11. Динамика механических систем и твердого тела					
	Механическая система. Масса системы. Центр масс. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Общие теоремы динамики системы материальных точек.	4	8		28
12. Принципы механики					
	Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы. Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты и обобщенные скорости. Обобщенные силы. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа второго рода).	6	6		28
13. Устойчивость равновесия и малые колебания					
	Понятие об устойчивости равновесия. Малые свободные колебания механической системы с двумя степенями свободы и их свойства, собственные частоты и коэффициенты формы.	7	3		26
	ВСЕГО	17	17		82

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Введение в теоретическую механику. Статика.	Проекции сил на оси координат в плоскости и в пространстве. Типы связей и реакции связей. Сходящаяся система сил. Условия равновесия сходящейся системы сил.	2	4
2	Момент силы, теория пар сил	Алгебраический момент силы. Момент силы относительно точки. Момент силы относительно оси.	2	4
3	Приведение систем сил к простейшему виду	Приведение систем сил к простейшему виду. Частные случаи приведения системы сил. Условия равновесия пространственной и плоской систем сил.	6	6
4	Кинематика точки.	Определение скорости и ускорения точки. Касательная и нормальная составляющие ускорения. Радиус кривизны траектории.	2	6
5	Простейшие виды движения твердого тела.	Поступательное и вращательное движения твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек вращающегося тела.	2	8
6	Плоскопараллельное движение твердого тела	Определение скоростей точек плоского тела. Мгновенный центр скоростей (МЦС) и мгновенный центр ускорений (МЦУ). Определение скоростей точек плоского тела с помощью МЦС. Определение положения МЦС. План скоростей, план ускорений.	6	6
7	Движение твердого тела вокруг неподвижной точки	Кинематические уравнения Эйлера. Скорости и ускорения точек тела.	2	6
8	Сложное движение точки	Вычисление относительных, переносных и абсолютных скоростей и ускорений. Теорема Кориолиса, правило Жуковского.	6	10
9	Прямолинейные колебания точки.	Дифференциальные уравнения движения точки. Свободные, затухающие, вынужденные прямолинейные колебания материальной точки. Резонанс. Относительное движение материальной точки.	2	8
10	Общие теоремы динамики точки	Теорема об изменении количества движения. Теорема об изменении момента количества движения. Теорема об изменении кинетической энергии.	4	10
ИТОГО:			34	68

семестр № 4				
1	Динамика механических систем и твердого тела	Дифференциальные уравнения движения механической системы. Общие теоремы динамики системы материальных точек.	8	28
2	Принципы механики	Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы. Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты и обобщенные скорости. Обобщенные силы. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа второго рода).	6	28
3	Устойчивость равновесия и малые колебания	Устойчивость равновесия. Малые свободные колебания механической системы с двумя степенями свободы и их свойства.	3	26
ИТОГО:			17	82
ВСЕГО:			51	150

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрены учебным планом

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Статика	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет и разделы теоретической механики. Основные понятия и определения статики. 2. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. 3. Проекция сил на ось и на плоскость. Сходящаяся система сил. 4. Момент силы относительно точки и оси 5. Пара сил. Теорема об эквивалентности пар сил. Система пар сил. 6. Теорема о параллельном переносе силы. Приведение систем сил к простейшему виду. 7. Частные случаи приведения систем сил к простейшему виду. 8. Условия равновесия систем сил.
2	Кинематика	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет кинематики. Основные определения. Способы задания движения точки. 2. Скорость и ускорение точки. Частные случаи движения точки. 3. Поступательное движение твердого тела. 4. Вращательное движение твердого тела. Скорость и ус-

		<p>корение точки вращающегося твердого тела.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Плоскопараллельное движение твердого тела. 6. Теорема о проекциях скоростей точек тела. МЦС. 7. Расчет скоростей точек тела, совершающего плоское движение. 8. Расчет ускорений точек тела, совершающего плоское движение. 9. Сложное движение точки. Теорема о сложении скоростей. 10. Сложное движение точки. Теорема о сложении ускорений. 11. Кинематические уравнения Эйлера. 12. Скорости и ускорения точек тела.
3	Динамика	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет динамики. Законы динамики. Задачи механики. 2. Дифференциальные уравнения движения точки. Свободные колебания точки. 3. Затухающие и вынужденные колебания. 4. Вынужденные колебания при наличии сопротивления 5. Теоремы об изменении количества движения точки и момента количества движения точки. 6. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 7. Механическая система. Внутренние и внешние силы. Геометрия масс. Теорема Гюйгенса. 8. Теорема о движении центра масс механической системы. Теорема об изменении количества движения механической системы. 9. Теорема об изменении момента количества движения механической системы. 10. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. 11. Принципы механики. Принцип Даламбера. 12. Принцип возможных перемещений 13. Принцип Даламбера-Лагранжа. Обобщенные координаты и скорости. 14. Уравнения Лагранжа. 15. Устойчивость равновесия. 16. Малые свободные колебания механической системы с двумя степенями свободы и их свойства.

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Не предусмотрены учебным планом

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Расчетно-графические задания:

1. С-5. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду
2. С-6. Равновесие твердого тела под действием пространственной системы сил

3. К-1. Кинематика точки
4. К-4. Кинематический анализ многосвязного механизма
5. К-5. Сложное движение точки
6. Д-1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки
7. Д-6. Применение основных теорем динамики точки к исследованию движения материальной точки
8. Д-20. Применение уравнения Лагранжа II рода к определению сил и моментов, обеспечивающих программное движение манипулятора

5.4. Перечень контрольных работ.

Не предусмотрены учебным планом

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. *Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов /С.М. Тарг. — изд. 20-е, стер. — М.: Высш. шк., 2010. — 416 с.
2. *Мещерский, И.В.* Задачи по теоретической механике: учеб. пособ. / И.В. Мещерский. — изд. 48-е, стер. — СПб.: изд-во "Лань", 2008. — 448 с.
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб. пособие для техн. вузов / А.А. Яблонский, С.С. Норейко, С.А. Вольфсон и др.; под ред. А.А. Яблонского. — 13-е изд., стер. — М.: Интеграл-Пресс, 2004. — 384 с.
4. *Воробьев, Н.Д.* Сборник расчетно-графических заданий по теоретической механике с примерами выполнения: учеб. пособие / Н.Д. Воробьев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. — 274 с.
- 5.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. *Воробьев, Н.Д.* Решение задач по теоретической механике: учебное пособие: в 3 ч. Ч.1. Статика / Н.Д. Воробьев. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. — 131 с.
2. *Воробьев, Н.Д.* Теоретическая механика: практикум: учеб. пособие / Н.Д. Воробьев, Е.Н. Новикова. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. — 142 с.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://www.termeh.ru>
2. <http://www.teoretmeh.ru/test.htm>
3. unn.ru
4. lib.madi.ru
5. http://exir.ru/termeh/ploskaya_sistema_shodyaschisa_sil.htm

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Специализированная аудитория кафедры теоретической механики

7.2. Модели, приборы лабораторные установки:

1. Прибор ТМД-01
2. Прибор "Резонатор Фрама" ТМД-04
3. Прибор "Динамическая реакция" ТМД-10
4. Прибор ТМД-12
5. Модель "Маятник с пружинами" ТМД-14
6. Модель "Момент количества движения твердого тела" ТМД-15
7. Прибор "Физический маятник" ТМД-16
8. Модель "Качение тела с разным моментом инерции" ТМД-20
9. Прибор для демонстрации закона сохранения ТМД 21
10. Прибор для демонстрации действия силы
11. Установка для изучения плоской системы сходящихся сил
12. Установка для изучения произвольной плоской системы сил
13. Установка определения положения центра тяжести

7.3 Стенды:

1. Приведение плоской системы сил к центру.
2. Трение качения.
3. Трение на наклонной плоскости.
4. Момент силы относительно точки и оси.
5. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.
6. Система сходящихся сил.
7. Шарнирная связь.
8. Влияние кривизны траектории на изменение вектора скорости точки.
9. Трение скольжения.
10. Пара сил.
11. Моменты инерции тел.
12. Основные кинематические понятия.
13. Сила инерции.
14. Свободное опирание.
15. Плоскопараллельное движение тела.
16. Центр тяжести.
17. Положение центра тяжести.
18. Масса и сила тяжести.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 20 /20 учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от «___» _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

(или)

Утверждение рабочей программы с изменениями, дополнениями
Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 20 /20
учебный год.

Протокол № _____ заседания кафедры от «___» _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1.

Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины "Теоретическая механика" .

Целью изучения курса является формирование у студентов знаний в области теоретической механики – фундаментальной дисциплины физико-математического цикла, которая является базой для изучения как общепрофессиональных дисциплин, так и специальных дисциплин.

Изучение дисциплины предполагает решение следующих задач: получение студентами практических навыков в области теоретической механики, приобретение ими умения самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, квалифицированно применяя при этом основные алгоритмы высшей математики и используя возможности современных компьютеров и информационных технологий.

Занятия проводятся в виде лекций и практических занятий. Важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов, в ходе которой, в частности, они должны выполнить индивидуальные расчетно-графические задания, сдать на проверку преподавателю и затем защитить.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, выполнения домашних заданий, решений задач на уроках и защит индивидуальных расчетно-графических заданий. Формой итогового контроля являются зачет и экзамен.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих специалистов.

Исходным этапом изучения курса "Теоретическая механика" является ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей временные границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателем и приведенных в планах и заданиях к практическим занятиям, а также в методических указаниях.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в *списке рекомендуемой литературы* содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные *термины и понятия*, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса, при подготовке к занятиям, при выполнении расчетно-графических заданий, необходимо ознакомиться с соответствующим теоретическим материалом, примерами решения задач и выполнения расчетно-графических заданий. Для обеспечения систематического контро-

ля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к практическим занятиям и в методических указаниях. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

Раздел "Статика". Тема 1. Введение в механику. Основные понятия и аксиомы статики.

В этой теме рассматриваются роль и значение теоретической механики в инженерном образовании. Следует обратить внимание на то, что она является научной базой очень многих областей современной техники и естествознания в целом, указать на аксиоматическое построение курса. Еще одна немаловажная задача – развитие инженерного мышления. Разъяснить роль абстракций. Дать краткую историческую справку развития механики, указать на значительный вклад российских ученых в развитие различных областей механики.

Раздел "Статика". Тема 2. Свободное и несвободное тело. Типы связей и реакции связей. Система сходящихся сил. Условия равновесия тел и сочлененных тел. Центр тяжести, методы его определения. Трение скольжения и трение качения.

Одна из задач темы – объяснить суть понятия связи в механике, и, исходя из общего определения связи, разъяснить методологию введения реакций связей для различных типов и видов связей.

Другая задача связана с известной из векторной алгебры операцией сложения векторов. Особо обратить внимание, приведя ряд примеров, на различие понятий геометрической суммы сил (главным вектором системы) и равнодействующей системы сил.

При рассмотрении условий равновесия систем сил обратить внимание студентов на преимущественные области применения геометрической и аналитической форм условий равновесия. При решении задач на равновесие системы сочлененных тел, обратить внимание на возможность существенного упрощения уравнений за счет выбора направлений осей координат и точки, относительно которой составляются уравнения моментов.

При рассмотрении вопросов, связанных с определением положения центра тяжести, рекомендуется предварительно изложить общую теорию о системе параллельных сил и о центре параллельных сил.

При изучении темы "Трение" следует, после изложения установленных опытным путем законов трения, обратить внимание студентов на различие понятий трения покоя и трения скольжения.

Излагая методику решения задач статики – основная цель раздела – рекомендуется рассмотреть несколько примеров решения различных по типу задач.

Раздел "Статика". Тема 3. Момент силы относительно точки и оси. Пара сил. Момент пары. Теорема об эквивалентности пар. Сложение пар. Теорема о параллельном переносе силы. Приведение пространственной системы сил к одному центру. Частные случаи приведения системы сил. Условия равновесия пространственной и плоской системы сил.

Главным понятием в этой теме является понятие момента силы относительно точки (на плоскости) и момента силы относительно оси (в пространстве). После введения определения следует обратить особое внимание на случаи равенства нулю моментов сил относительно точки и оси. При введении понятия момента пары, необходимо особо выделить условие эквивалентности пар (теорема об эквивалентности пар) и то, что вектор момента пары сил является свободным вектором. Поскольку, несмотря на строгое доказательство этой теоремы, у студентов этот результат часто встречает недопонимание, здесь рекомендуется показать кинофильм "Пара сил".

Задача о приведении системы сил к данному центру (к простейшему виду), является центральной не только для раздела "Статика", но и для раздела "Динамика". При изложении этой задачи следует более подробно остановиться на частных случаях приведения и условиях приведения к тому или иному частному случаю приведения.

При изложении условий равновесия произвольной системы сил предварительно следует ввести еще один тип связи – жесткая заделка.

Раздел "Кинематика". Тема 1. Предмет кинематики. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Определение скоростей и ускорений точки. Вычисление скоростей и ускорений точки при естественном способе задания движения точки. Частные случаи движения точки. Сложное движение точки, теорема о сложении скоростей и теорема Кориолиса.

При изучении раздела "Кинематика" следует постоянно обращать внимание студентов на начальный этап решения задач – выбор системы отсчета. При изложении способов задания движения точки следует разъяснить рекомендуемые области наиболее целесообразного применения того или иного способа задания движения точки.

При определении кинематических характеристик движения точки следует особо подчеркнуть следующие моменты:

- вектор скорости **всегда** направлен по касательной к траектории;
- вектор ускорения **всегда** направлен в сторону вогнутости траектории;
- касательное (тангенциальное) ускорение **всегда** направлено по касательной к траектории;
- нормальное ускорение **всегда** направлено перпендикулярно касательному (тангенциальному) и всегда в сторону вогнутости траектории.

При введении радиуса кривизны следует провести аналогию между касательной прямой и касательной окружностью (и что прямая – это окружность бесконечно большого радиуса), что позволит избежать часто возникающей проблемы "деления на ноль" при вычислении радиуса кривизны, когда траекторией движения точки является прямая.

При изучении сложного (составного) движения следует особо остановиться на вопросе об изменении относительной скорости за счет переносного движения и об изменении переносной скорости за счет относительного движения. В заключение темы необходимо указать на частные случаи, когда обращается в ноль ускорение Кориолиса.

Раздел "Кинематика". Тема 2. Кинематика твердого тела. Поступательное и вращательное движения твердого тела. Общий случай движения свободного твердого тела.

При изучении кинематики твердого тела следует сразу обратить внимание студентов на наличие фактически двух задач:

- 1) задание движения и определение кинематических характеристик движения тела в целом;
- 2) определение кинематических характеристик движения отдельных точек тела.

При изучении поступательного движения твердого тела, после доказательства теоремы об однородности полей скоростей и ускорений точек тела, следует обратить внимание студентов на связь поступательного движения твердого тела с кинематикой точки.

Важно также подчеркнуть, что понятия о скорости и ускорении тела имеют смысл только при поступательном движении.

Рассматривая вращательное движение твердого тела, обратить внимание студентов, на то, что, по сути, угловая скорость и угловое ускорение являются величинами скалярными. Объяснить целесообразность представления их в векторном виде, проиллюстрировать на примере ускоренного и замедленного вращений.

При вычислении скоростей и ускорений точек вращающегося твердого тела целесообразно вывод соответствующих формул в скалярном виде продублировать выводом и в векторной форме, поскольку именно в таком виде они широко используются при дальнейшем изучении кинематики и особенно в динамике.

При решении задач на плоско-параллельное движение твердого тела рекомендуется производить расчет скоростей точек тела двумя способами: с помощью мгновенного центра скоростей и с помощью плана скоростей, уделив особое внимание частным случаям определения положения мгновенного центра скоростей, обычно вызывающего у студентов затруднения. Особое внимание студентов следует обратить на то, что тело не вращается вокруг мгновенного центра скоростей, а скорости точек таковы, "как если бы оно вращалось".

Также рекомендуется расчет ускорений точек твердого тела, совершающего плоско-параллельное движение, производить двумя способами: с помощью основного уравнения (ускорение полюса плюс ускорение точки при вращательном движении вокруг полюса) и плана ускорений. С расчетом ускорений с помощью мгновенного центра ускорений рекомендуется студентов только ознакомить и проиллюстрировать примером расчета. Чтобы еще раз подчеркнуть, что плоско-параллельное не сводится к вращательному движению вокруг мгновенного центра скоростей, следует указать на несовпадение мгновенного центра скоростей с мгновенным центром ускорений.

Раздел "Динамика". Тема 1. Предмет динамики. Законы механики Галилея-Ньютона. Задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения точки. Общие теоремы динамики точки.

Главной задачей темы является объяснение сути основных законов динамики и того, как из них выводятся дифференциальные уравнения движения точки. Необходимо обязательно указать на возможные зависимости приложенных к точкам сил от времени, положения точки в пространстве, направления и величины скорости движения точки, привести примеры. Указать на связь первого закона динамики (закон инерции) с выбором инерциальной системы отсчета.

При формулировке двух задач динамики обратить внимание студентов на наличие двух видов масс – гравитационной и инертной.

Далее рекомендуется привести пример решения основной задачи динамики при прямолинейном движении точки, обратив особое внимание на получение на первом этапе общего решения дифференциального уравнения и не получение решения конкретной задачи с помощью начальных условий. После рассмотрения примера изложить общую методику решения задач динамики материальной точки.

При формулировке и выводе общих теорем динамики точки обращать внимание студентов на более высокую эффективность использования этих теорем по сравнению с непосредственным интегрированием дифференциальных уравнений движения точки. Обязательно следует указать на необходимость определения применимости той или иной теоремы к решению конкретной задачи перед их применением.

Формулируя вытекающие из общих теорем законы сохранения следует сопровождать наглядными примерами их применения.

Раздел "Динамика". Тема 2. Механическая система. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Общие теоремы динамики системы материальных точек. Малые свободные колебания системы с одной степенью свободы.

Главной задачей темы является выработка у студентов навыков решения задач, связанных с движением механических систем. После определения понятия "Механическая система", при введении понятий внутренних и внешних сил, необходимо указать на условность такого разделения сил и на его связь с определением, в каждом конкретном случае, рассматриваемой механической системы.

При рассмотрении вопроса геометрии масс, следует обратить внимание студентов на аналогию между массой системы при ее поступательном движении и моментом инерции при вращательном движении системы.

При изучении теоремы о движении центра масс механической системы необходимо подчеркнуть ее связь с динамикой материальной точки, а при поступательном движении механической системы – рассматривать систему как материальную точку.

При изложении доказательств общих теорем динамики механических систем, следует обратить внимание студентов на существенное отличие теоремы об изменении кинетической энергии системы от других общих теорем – необходи-

мостью учета работы внутренних сил, а также на существование механических систем, для которых сумма работ всех внутренних сил равна нулю (неизменяемые системы), и систем с идеальными связями, когда сумма работ всех реакций связей при любом элементарном перемещении системы равна нулю (системы с идеальными связями).

Рассматривая малые свободные колебания систем с одной степенью свободы, предварительно следует ввести понятие устойчивого равновесия и критерий устойчивости (теорема Лагранжа-Дирихле). Завершая изучение темы, рекомендуется сформулировать основные свойства малых колебаний системы.

Раздел "Динамика". Тема 3. Принципы механики. Общее уравнение динамики. Обобщенные координаты, скорости и силы. Уравнения Лагранжа.

Главной задачей темы является ознакомление студентов с принципами механики и методами решения задач с использованием этих принципов.

При изложении принципа Даламбера следует обязательно:

- доказать его эквивалентность второму закону Ньютона;
- рассмотреть частные случаи приведения системы сил инерции твердого тела (поступательное, вращательное движения, вращательное движение вокруг оси, проходящей через центр масс тела, плоско-параллельное движение);
- изложить методику решения задач с помощью принципа Даламбера;
- рассмотреть решение задачи об определении динамических реакций, действующих на ось вращающегося твердого тела;
- обратить внимание студентов на важность решения технической задачи о динамическом уравновешивании вращающихся тел.

При изложении принципа возможных перемещений следует обратить внимание на усвоение студентами понятий "возможное перемещение" и число "степеней свободы". Отметить, что, несмотря на более сложный вид уравнений по сравнению с уравнениями статики, существенный выигрыш получается за счет значительного сокращения числа уравнений.

Излагая принцип Даламбера-Лагранжа, следует привести примеры обобщенных координат и обобщенных сил. Закончить рассмотрение принципа Даламбера-Лагранжа рекомендуется изложением методики решения задач и приведением примеров решения задач (на равновесие и движение механической системы).