

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 01.06.01 Математика и механика

Направленность (специальность) 01.02.01 Теоретическая механика

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

специальной дисциплины

«Теоретическая механика»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,
66 часов – самостоятельная работа,
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 866, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников паспорта научной специальности 01.02.01 Теоретическая механика, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является разработка и исследование теоретико-механических моделей материальных систем, описание качественных и количественных характеристик этих моделей для приложений в механике, мехатронике и робототехнике.

Задачами дисциплины являются

- ознакомление с основными этапами исследований, включая постановку задачи, выбор корректной теоретико-механической модели, разработку и применение методов общей механики для исследования поставленной задачи;
- изучение движения свободных и управляемых движений механических систем, устойчивости при различных условиях функционирования;
- применение методов управления движением механических систем;
- оптимизация конструктивных, силовых и измерительных характеристик робототехнических и мехатронных систем за счет применения методов механики, теории оптимизации и управления.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- способность организации научно-исследовательской, проектной, учебно-профессиональной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и ДПО под руководством специалиста более высокой квалификации (ПК-2);
- способность проводить научные исследования и реализовывать проекты (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- основы механики, устойчивости, теории колебаний (УК-1);
- принципы построения математических моделей механических систем (УК-2);
- методы исследования движения механических систем (УК-3);

уметь:

- применять математические методы в ходе решения практических задач (УК-5);
- пользоваться современным математическим обеспечением для инженерных расчётов (ОПК-1);

владеть:

- понятиями и основными алгоритмами математического анализа и математической логики (УК-2);
- современными информационными технологиями и навыками использования компьютера как средства работы с информацией (ПК-2);
- практическими навыками программирования на языке высокого уровня (ПК-3);
- навыками построения и исследования математических и механических моделей технических систем (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Кинематика. Кинематика точки. Естественный трехгранник Дарбу. Криволинейные координаты и параметры Ламе. Кинематика системы отсчета (кинематика абсолютно твердого тела). Свойства матрицы направляющих косинусов и кватернионов. Спиновые матрицы Паули и параметры Келли-Клейна. Угловая скорость. Кинематические уравнения для углов Эйлера, для матрицы направляющих косинусов (уравнения Пуассона) и уравнения для кватернионов. Теорема о телесном угле в кинематике вращательного движения. Кинематика относительного движения. (25 часов, 5 семестр)

Динамика. Геометрия масс и основные теоремы динамики. Теоремы об изменении количества движения и момента количеств движения. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Теорема об изменении кинетической энергии. Основные теоремы динамики для относительного движения. Специальные

задачи динамики точки. Задача двух тел и ее решение. Классификация траекторий. Законы Кеплера для эллиптических траекторий. Основная задача внешней баллистики. Классические задачи динамики твердого тела. Случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. Стационарные движения: перманентные вращения и регулярная прецессия. Гироскоп. Лагранжева механика. Принцип Даламбера-Лагранжа. Конфигурационное многообразие системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Виртуальные перемещения. Голономные и неголономные системы. Уравнения Лагранжа. Уравнения Лагранжа с множителями. Уравнения Аппеля. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Первые интегралы уравнений Лагранжа. (25 часов, 5 семестр)

Устойчивость движения. Основные понятия теории устойчивости движения. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Функции Ляпунова. Общие теоремы второго метода Ляпунова. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии (критерии Михайлова, Найквиста). Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях. Критический случай пары чисто мнимых корней. Устойчивость стационарных движений механической системы. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия и ее обобщения. Обращение теоремы Лагранжа. Коэффициенты устойчивости Пуанкаре. Влияние структуры сил на характер устойчивости положения равновесия. (25 часов, 5 семестр)

Колебания линейных стационарных систем. Спектральные свойства линейных систем. Нормальные координаты. Классификация линейных сил. Теоремы Релея. Вынужденные колебания. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс. Параметрический резонанс в линейных системах с периодическими коэффициентами. Колебания нелинейных систем. Амплитудно-частотные характеристики. Бифуркации стационарных состояний. Автоколебания, как устойчивые предельные циклы на фазовой плоскости. Понятие нормальной формы Пуанкаре. Понятие о разделении движений и методах осреднения. Метод точечных отображений. (25 часов, 5 семестр)

Вариационные принципы механики. Принцип наименьшего принуждения Гаусса. Принцип Гамильтона-Остроградского. Принцип наименьшего действия в формах Лагранжа и Якоби. Элементы теории групп Ли. Группы преобразований. Операторы группы. Теорема единственности однопараметрической группы. Ряды Ли и Хаусдорфа. Группы симметрий. Канонические координаты. Продолжение группы. Дифференциальные и интегральные инварианты. (38 часов, 5 семестр)

Гамильтонова механика. Обобщенные импульсы. Преобразования Лежандра. Уравнения Рауса и Гамильтона. Первые интегралы. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля о фазовом объеме. Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре-Картана. Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Производящие

функции. Метод Биркгофа нормализации гамильтониана. Уравнение Гамильтона-Якоби. Переменные действие-угол. Теорема Лиувилля об инвариантных торах. (22 часа, 6 семестр).

Элементы небесной механики. Дифференциальные уравнения возмущенного движения в оскулирующих элементах в задаче двух тел. Задача трех тел и ее первые интегралы. Ограниченная круговая задача трех тел. Понятие о точках либрации и их устойчивости. Задача о движении небесного тела вокруг его центра масс под действием момента гравитационных сил. (22 часа, 6 семестр).

Механика управляемых движений. Структурный анализ и линейный синтез управляемых систем. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость линейных систем. Критерии управляемости и наблюдаемости. Управление по принципу обратной связи. Стабилизация по первому приближению. Оценивание состояния линейных систем. Фильтр Калмана. Совместная задача оценивания и управления. Инерциальная навигация. Методы определения местоположения и ориентации объекта, движущегося в поле сил притягивающего центра. Уравнения ошибок инерциальной навигации и их свойства. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана. Связь принципа максимума с методом Беллмана. (22 часа, 6 семестр)

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет.

6 семестр – экзамен кандидатского минимума.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета и экзамена

Экзаменационные вопросы.

1. Кинематика точки. Естественный трехгранник Дарбу.
2. Криволинейные координаты и параметры Ламе.
3. Кинематика системы отсчета (кинематика абсолютно твердого тела).
4. Свойства матрицы направляющих косинусов и кватернионов.
5. Спиновые матрицы Паули и параметры Келли-Клейна.
6. Угловая скорость. Кинематические уравнения для углов Эйлера, для матрицы направляющих косинусов (уравнения Пуассона) и уравнения для кватернионов.
7. Теорема о телесном угле в кинематике вращательного движения. Кинематика относительного движения.
8. Геометрия масс и основные теоремы динамики.
9. Теоремы об изменении количества движения и момента количеств движения.
Теорема о движении центра масс.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Веретенников В.Г., Сеницын В.А. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам). М.: Физматлит. 2006.
2. Волков И.А., Коротких Ю.Г. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями М.: Физматлит. 2008.
3. Горшков А.Г., Трошин В.Н., Шалашилин В.И. Сопротивление материалов. Уч. пос. М.: Физматлит. 2008.
4. Димитриенко Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды М.: Физматлит. 2009.
5. Елизаров А.М., Касимов А.Р., Маклаков Д.В. Задачи оптимизации формы в аэрогидродинамике. М.: Физматлит. 2008.
6. Кирсанов М.Н. Задачи по теоретической механике с решениями в MAPLE 11. М.: Физматлит. 2010.
7. Орленко Л.П. Физика взрыва и удара. Уч.пос. М.: Физматлит. 2008.
8. Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика. М.: Физматлит. 2010.
9. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций М.: Физматлит. 2006.

Дополнительная литература:

10. Четаев Н.Г. Теоретическая механика. М.: Наука. 1987.
11. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. М.: Наука. 2001.
12. Маркеев А.П. Теоретическая механика. М.: Наука, 1999.
13. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 2000.
14. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука. 1971.
15. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Физматлит. 1969.