

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**

**«Утверждаю»  
Директор ЭнМИ  
Меркурьев И.В.**

---

**Направления подготовки:  
15.04.03 Прикладная механика  
15.04.06 Мехатроника и робототехника**

**Москва, 2022**

# 1. Содержание теоретических разделов

## 1.1. Прикладная механика

Модели в строительной механике машин и конструкций: модели материала, моделирование элементов конструкций, опорных закреплений, внешней нагрузки.

Деформирование стержней: физические и геометрические гипотезы. Характеристики деформированного состояния: относительные удлинения и деформации сдвига. Тензор деформаций. Классификация видов деформации стержней. Простые и сложные виды деформации. Напряжения при различных видах деформации: центральное растяжение-сжатие, чистый изгиб, внецентренное растяжение-сжатие, кручение, поперечный изгиб. Тензор напряжений.

Методика расчетов стержней на прочность и жесткость. Методы расчета на прочность и жесткость: основные типы задач на использование условий прочности и жесткости. Условия прочности и жесткости при простых видах деформации стержня.

Общие теоремы механики материалов и конструкций: Теорема Клайперона. Теорема взаимности работ Бетти. Принцип взаимности перемещений Максвелла. Формулы Кастильяно и Лагранжа. Формулы Максвелла-Мора для линейно-упругих систем, работающих на растяжение – сжатие, кручение, изгиб.

Расчет статически неопределимых стержневых систем. Метод сил. Канонические уравнения. Матричный алгоритм расчета простейших статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений. Метод конечных элементов в задачах статики для стержневых систем. МКЭ для стержневых систем при центральном растяжении-сжатии, при изгибе, при кручении.

Теория тонкостенных стержней: теория тонкостенных стержней открытого профиля. Свободное кручение. Стесненное кручение. Перемещения и деформации. Геометрические характеристики. Секториальная площадь и ее свойства. Напряжения и силовые факторы. Дифференциальное уравнение стесненного кручения, граничные условия. Решение краевых задач. Свободное и стесненное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля.

Теория пластин. Классическая теория изгиба пластин. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Напряжения и силовые факторы. Дифференциальное уравнение изгиба пластины и граничные условия. Пластины, прямоугольные в плане, и пластины с криволинейными границами. Точные и приближенные методы решения краевых задач классической теории изгиба пластин. Неклассические теории расчета пластин.

Классическая теория оболочек. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Описание геометрии оболочки. Тензоры деформации и изменения кривизны. Напряжения, силовые факторы и соотношения упругости. Уравнения и граничные условия классической теории оболочек. Уравнения совместности деформаций в оболочках. Расчет цилиндрических, пологих, осесимметричных,

составных оболочек. Безмоментная и полубезмоментная теория оболочек. Неклассические теории расчета оболочек.

## **1.2. Мехатроника и робототехника**

Матрица направляющих косинусов и её свойства. Элементарные вращения твёрдого тела.

Расчёт однородных координат точки. Однородные преобразования. Решение прямой задачи о положениях манипулятора методом однородных преобразований.

Описание кинематики манипулятора в параметрах Денавита-Хартенберга. Выражение матрицы однородного преобразования для смежных звеньев через параметры Денавита-Хартенберга.

Кинематическое уравнение для матрицы направляющих косинусов. Кососимметричная матрица и вектор угловой скорости твёрдого тела. Кинематическая формула Эйлера.

Выражение компонент скорости выходного звена манипулятора через обобщённые скорости. Матрица Якоби. Прямая и обратная задача о скоростях. Понятие о манипулятивности.

Обратная задача о положениях манипулятора. Численное решение обратной задачи о положениях методом Ньютона.

Кинетическая энергия механической системы. Теорема Кёнига. Способы вычисления кинетической энергии при простейших движениях твёрдого тела.

Обобщённые координаты. Обобщённые силы. Способы нахождения обобщённых сил, действующих на манипулятор.

Описание динамики механической системы с помощью уравнений Лагранжа второго рода. Уравнения Лагранжа для систем с потенциальными силами. Функция Лагранжа.

Уравнения малых колебаний консервативной механической системы в окрестности положения равновесия. Матрица инерционная. Матрица жесткостей. Их свойства.

Описание линейных систем автоматического управления с помощью передаточных функций и структурных схем. Правила преобразования структурных схем.

Преобразование Лапласа и его основные свойства. Нахождение передаточной функции линейной системы с помощью преобразования Лапласа.

Устойчивость линейной системы по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Формулировка критериев Стодолы и Гурвица.

Частотные характеристики линейной системы. Построение частотных характеристик апериодического и колебательного звеньев.

Применение ПИД-регулятора для управления вращением колеса мобильного робота. Анализ устойчивости и точности в установившемся режиме. Влияние интегральной обратной связи.

Наблюдаемость и управляемость линейной системы. Критерии Калмана.

Линейно-квадратичная задача оптимального управления линейной стационарной системой на полу бесконечном промежутке времени. Алгебраическое уравнение Риккати.

Наблюдатель вектора состояния линейной системы. Асимптотический наблюдатель. Управление по оценке состояния.

## **2. Содержание практических заданий**

### **2.1. Прикладная механика**

Метод сил в расчетах на прочность и жесткость ферм, многопролетных балок, плоских и пространственных рам.

Расчет тонкостенных стержней.

Решение краевых задач классической теории пластин.

Расчет оболочек по безмоментной теории.

Расчет цилиндрических оболочек.

Осесимметричные задачи оболочек вращения.

### **2.2. Мехатроника и робототехника**

Составление уравнений динамики однозвенного манипулятора.

Линеаризация уравнений динамики манипулятора и анализ устойчивости.

Выбор закона стабилизирующего управления для однозвенного манипулятора.

Расчёт наблюдателя для оценивания вектора состояния манипуляционного робота.

Заведующий кафедрой  
РМДиПМ, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

И.В. Меркурьев