

АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
подготовки магистра по направлению 010800 Механика и математическое
моделирование

Механика деформируемых тел и сред

М.2 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ

2.5. Нелинейная динамика, хаос и фракталы

Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины – дать представление студентам о динамике сложных систем, механизмах самоорганизации открытых систем, описать явления перехода от регулярной к стохастической динамике в сложных системах.

Задачи дисциплины: ознакомить студентов с -

- основными методами исследования динамических систем различной природы;
- эволюционными моделями динамических систем;
- методами исследования диссипативных структур;
- методами изучения природы структур и механизмов их образования;
- методами определения потери устойчивости различных физико-химических систем;
- методами управления системами с хаотическим поведением.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен -

Иметь представление:

- об основных сценариях развития неравновесных систем;
- об уравнениях для описания наиболее общих и важных динамических систем;
- об основных моделях, описывающих поведение эволюционирующих систем;
- об успехах современных моделей в описании процессов самоорганизации, о перспективах развития теории.

Знать:

- основные сведения о процессах самоорганизации, об их моделировании;
- уравнения для основных моделей динамических систем, методы их качественного анализа и детального решения;
- основные результаты и выводы теории самоорганизации, прогнозы развития теории, применение результатов теории в науке и приложениях.

Уметь:

- определить основные физические явления, происходящие в динамических системах;
- производить оценки, приближённые расчёты основных характеристик динамических процессов – их возможные стационарные состояния, качественный вид фазовых портретов, бифуркационные диаграммы;
- владеть качественными основными методами анализа и численными методами решения систем уравнений для нелинейных динамических систем;
- определять пути применения полученных знаний для постановки и решения новых задач.

Быть способным:

- к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности;
- к самостоятельному решению задач нелинейной динамики;
- к собственному видению прикладного аспекта в теоретических результатах исследования проблем нелинейной динамики;
- к самостоятельному освоению специальной научной литературы по нелинейной динамике;

- создавать и исследовать новые математические модели реальных физико-химических систем и процессов;
- ориентироваться в современных алгоритмах вычислительной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе.

Владеть компетенциями:

Код компетенции	Наименование результата обучения
ОК - 5	Способность порождать новые идеи
ПК - 1	Владение методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК - 3	Способность к интенсивной научно-исследовательской научно-изыскательской деятельности
ПК - 9	Умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе
ПК – 15	Способность различным образом представлять и адаптировать математические знания с учетом уровня аудитории
ПК - 20	Умение самостоятельно математически корректно ставить инженерно-физические задачи
ПК – 23	Владение классическими методами исследования проблем механики деформируемого твердого тела
ПК – 25	Умение самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела
ПК – 28	Способность к самостоятельному использованию математического аппарата на всех этапах научной и практической деятельности

Содержание учебного курса.

РАЗДЕЛ 1. НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА И ЕЕ СПЕЦИФИКА.

Тема 1.1. Введение. Динамическая система (ДС) и ее устойчивость.

Понятие ДС, фазовое пространство ДС, уравнение движения и отображения ДС. Траектория, неподвижная точка и цикл ДС, инвариантное множество, предельное множество и предельный цикл ДС, аттрактор, репеллер и седловое множество ДС.

Устойчивость неподвижных точек ДС, гиперболические и негиперболические неподвижные точки. Устойчивость траектории по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость траектории по Пуассону. Устойчивость траектории по Лагранжу.

РАЗДЕЛ 2. БИФУРКАЦИИ НЕПОДВИЖНЫХ ТОЧЕК ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Тема 2.1. Структурная неустойчивость и бифуркация ДС.

Структурная неустойчивость. Бифуркационная диаграмма. Коразмерность бифуркации. Центральное многообразие и анализ бифуркаций.

Простейшие бифуркации («седло-узел», «обмен устойчивости», «вилка») и их нормальные формы. Бифуркация Андронова-Хопфа. Цепочки бифуркаций, сценарии перехода к хаосу.

Тема 2.2. Классификация точек на бифуркационной диаграмме.

Регулярные и особые точки, двойные особые точки, точки возврата, сопряженные точки, особые точки высокого порядка на бифуркационной диаграмме. Устойчивость и неустойчивость бифуркационных решений, смена устойчивости.

Теория несовершенств и изолированные решения, разрушающие бифуркацию. Устойчивость изолированных решений, разрушающих бифуркацию.

РАЗДЕЛ 3. РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ.

Тема 3.1. Основные уравнения конвекции вязкой несжимаемой жидкости

Уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Равновесное распределение температуры и давления. Исследование устойчивости равновесного состояния.

Основные уравнения малых нестационарных возмущений состояния равновесия. Числа Рейлея, Прандтля и Грасхофа. Граничные условия.

Тема 3.2. Конвективная неустойчивость («ячейки Бенара»).

Нормальные моды возмущенного состояния. Задача на собственные значения. Условие потери устойчивости, критическое число Рейлея. Конвективные ячейки. Конвективные валы.

РАЗДЕЛ 4. ДИНАМИКА СИСТЕМЫ ЛОРЕНЦА.

Тема 4.1. Система Лоренца.

Уравнения конвекции. Конвективные валы. Решение уравнений конвекции вязкой несжимаемой жидкости методом Бубнова-Галеркина. Система Лоренца.

Примеры систем, описываемых уравнениями Лоренца (конвекция жидкости в замкнутой петле, водяное колесо, односторонний лазер).

Тема 4.2. Бифуркации и переход к хаосу в системе Лоренца.

Динамика системы Лоренца. Фазовый портрет, аттрактор Лоренца. Неподвижные точки, анализ неподвижных точек на устойчивость.

Бифуркации и переход к хаосу в системе Лоренца.