

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) 01.02.06 Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Нелинейная динамика конструкций»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 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 министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 866, и паспорта специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение основных понятий нелинейной динамики и методов динамических расчетов конструкций с учетом физических и геометрических нелинейностей.

Задачами дисциплины являются

- изучение основных понятий нелинейной динамики;
- освоение методов исследования нелинейных механических систем при динамическом нагружении;
- изучение методов решения прикладных задач нелинейной динамики конструкций с применением современных конечно-элементных программных комплексов.

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

- Способность выявлять сущность научно-технических проблем динамики, прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций и привлекать, модернизировать и разрабатывать для их решения теоретические и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования (ПК-1);
- Способность самостоятельно осваивать и применять современные математические концепции и вычислительные методы, системы

компьютерной математики, компьютерного проектирования и инжиниринга для эффективного решения проблем динамики, прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций (ПК-3);

- Готовность самостоятельно планировать и осуществлять прикладную научно-техническую деятельность в области динамики, прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций в интересах удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства (ПК-4).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- основные понятия и особенности нелинейной динамики (ПК-4);
- математическую постановку задач динамики конструкций с учетом физических и геометрических нелинейностей (ПК-1);
- методы определения реакции нелинейных механических систем на динамические воздействия (ПК-4);

уметь

- проводить исследования устойчивости и динамического поведения деталей машин и элементов конструкций с учетом нелинейностей различного рода (ПК-4);

владеть:

- методами проведения практических расчетов динамической прочности и устойчивости нелинейных систем (ПК-4);
- навыками разработки математических моделей нелинейных систем и алгоритмизацией вычислений динамических реакций (ПК-3);
- навыками решения задач нелинейной динамики конструкций с использованием специализированных программных комплексов (ПК-1).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Общие сведения о нелинейных механических системах

Понятие динамической системы. Природа нелинейных сил и их характеристики. Классификация динамических систем. Типы нелинейных механических систем и особенности нелинейных колебаний. Автоколебательные системы. Понятие об устойчивости, грубости, чувствительности динамических систем. Устойчивость предельных циклов и вынужденных колебаний нелинейной системы. Автоколебательные системы.

Качественная теория нелинейных колебаний

Общая теория поведения траекторий на фазовой плоскости. Предельные траектории и их классификация. Элементы теории бифуркаций динамических систем на плоскости. Странные аттракторы. Примеры исследования нелинейных механических систем методами качественной теории. Кусочно-линейные системы и их исследование методом точечных преобразований. Отображения Пуанкаре, метод показателей Ляпунова.

Математические методы анализа нелинейных колебательных систем

Действие вибраций на нелинейные механические системы. Аналитические и численные методы расчета нелинейных динамических систем. Случай точной интегрируемости уравнений движения. Некоторые аналитические методы: метод Ван-дер-Поля, метод Пуанкаре, метод Крылова-Боголюбова. Примеры применения аналитических методов. Вариационный метод Бубнова-Галеркина. Численные методы расчета нелинейных динамических систем и их реализация в вычислительном пакете инженерных и научных расчетов MATLAB. Имитационное моделирование задач нелинейной динамики с использованием системы Simulink. Расчет нелинейных механических систем при случайных воздействиях.

Хаотические колебания в детерминистических нелинейных системах

Простейшие модели хаоса и теоретические критерии его возникновения. Количественные меры хаоса. Гомоклинические структуры. Численное исследование хаотических движений в нелинейных параметрических и неконсервативных системах с помощью сечений Пуанкаре.

Фрактальные представления в нелинейной динамике (8 час.)

Фрактальные размерности. Меры фрактальной размерности. Связь между фрактальной размерностью, информационной энтропией и показателями Ляпунова. Определение фрактальной размерности для динамических процессов.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Каковы способы задания динамической системы (дифференциальные уравнения, дискретные отображения)?
2. Дайте определение автономных и неавтономных систем.
3. Какова природа нелинейных сил и их характеристики?
4. В чем состоит метод локальной геометрической динамики?
5. Почему при исследовании движения нелинейных систем весьма важную роль играет анализ устойчивости?
6. Дайте классификацию особых точек системы с одной степенью свободы.
7. Что изучает глобальная геометрическая динамика.
8. Какими математическими моделями описывается поведение динамических систем? Что такое отображения и потоки?
9. Что такое аттракторы?
10. Дайте основные определения теории локальной устойчивости динамических систем.

11. В чем состоит анализ устойчивости систем по первому приближению?
12. Сформулируйте теоремы Четаева об устойчивости периодических движений.
13. Как можно численно исследовать устойчивость периодического движения?
14. Какие системы называются неконсервативными? Назовите главное (с точки зрения нелинейной динамики) свойство неконсервативных сил.
15. Суть статического и динамического методов исследования устойчивости. В каких случаях они применяются?
16. Приведите примеры важных с точки зрения практических приложений задач об устойчивости неконсервативных задач.
17. Почему распространенным методом исследования кусочно-линейных систем является метод точечных преобразований?
18. В чем заключается суть методов исследования устойчивости таких, как отображения Пуанкаре и метод показателей Ляпунова?
19. По каким признакам можно провести классификацию методов решения нелинейных задач динамики?
20. Назовите наиболее популярные аналитические методы отыскания решений нелинейных динамических систем.
21. Почему при исследовании системы в области параметрического резонанса или в закритической области после потери устойчивости колебательным образом необходимо использовать нелинейные модели?
22. Перечислите основные методы компьютерного анализа реализаций процессов. Как установить характер колебаний?
23. Приведите примеры простейших моделей зарождения хаоса в отображениях.
24. Перечислите известные теоретические критерии возникновения хаоса (удвоение периода, подкова и т.д.).
25. Что такое гомоклинические траектории?
26. Что такое фрактальные множества? Какова роль подсчета фрактальной размерности при анализе аттракторов?
27. Перечислите меры фрактальной размерности.
28. Какова связь между фрактальной размерностью, информационной энтропией и показателями Ляпунова?

29. Как определяются фрактальная размерность и показатели Ляпунова для динамических процессов?

30. Приведите технические примеры анализа нелинейных динамических систем.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний: учебное пособие для физико-технических вузов. Серия: Учебники для вузов. Специальная литература. Лань, 2013 . 320 с., ISBN 978-5-8114-1460-4. (доступно 28 экз.).
2. Анищенко В.С., Владивасова Т.Е. Лекции по нелинейной динамике. Учебное пособие для вузов. – М.=Ижевск. НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2011. – 516 с., ISBN 978-5-93972-920-8, (доступно 1 экз.).
3. Данилов Ю. А. Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение: Учебное пособие. – М.: Ком. Книга, 2006. - 208 с. ISBN 978-5-397-02166-1, (доступно 2 экз.).

Дополнительная литература:

4. Петровский А.В. Нелинейная динамика и устойчивость неконсервативных систем. – М.: МЭИ, 2003. – 112 с. ISBN 978-5-397-02166-1, (доступно 24 экз.).