



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**«Институт автоматки и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук»**
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель направления
подготовки аспирантов
01.06.01 «Механика деформируемого
твердого тела»

 Л.В.Ковтанюк

«14» августа 2014 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научно-
образовательной и инновационной
деятельности, д.ф.-м.н.

 Н.Г. Галкин

«14» августа 2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Вычислительная механика

**Направление подготовки 01.06.01 - «Математика и механика»
профиль «Механика деформируемого твердого тела»**

Образовательная программа «Механика деформируемого твердого тела»

Форма подготовки (очная)

Институт автоматки и процессов управления ДВО РАН (ИАПУ ДВО РАН)
Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)

курс 2 семестр 3
лекции 18 час. / 0.5 з.е.
лабораторные работы 18 час. / 0.5 з.е.
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1 з.е.
самостоятельная работа 50 (час.) / 1.39 з.е.
зачет с оценкой 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 866

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК, протокол № 1 от «14» августа 2014 г.
Заведующий (ая) кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин
Составитель(ли): д-р физ.- мат. наук, зав. лаб. Л.В. Ковтанюк, к.ф.-м.н. А.А. Манцыбора, к.ф.-м.н. А.А. Лаптева

Владивосток
2014

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Вычислительная механика» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Механика деформируемого твердого тела» и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Механика деформируемого твердого тела»

Цель - изучение численных методов инженерных расчётов и сопутствующего математического аппарата, применяемых при решении задач механики, а также освоение способов построения и компьютерной реализации математических моделей механических систем.

Задачи:

1. Изучение вопросов, связанных с получением математических моделей механических систем и их исследованием при помощи прикладных алгоритмов численного анализа.
2. Овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области вычислительной механики.
3. Формирование устойчивых навыков по применению арсенала методов вычислительной механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий.
4. Ознакомление с историей и логикой развития вычислительной механики.

Интерактивные формы обучения составляют 6 часов лекционных занятий (лекция-визуализация).

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

Профессиональные компетенции:

ПК - 1 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования;

ПК - 2 Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач механики деформируемого твердого тела;

ПК - 3 Способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов деформирования; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях

- современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных

уметь:

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

- использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.

- использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях

- современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

МОДУЛЬ 1. Элементы вычислительной и линейной алгебры (6 час.)

Тема 1. Предмет вычислительной механики и ее разделы. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Сравнение и анализ методов и способов решений СЛАУ. (2 часа)

Матричная запись СЛАУ. Векторные и матричные нормы. Прямые методы решения СЛАУ. Итерационные методы решения СЛАУ. Решение нелинейных уравнений: метод половинного деления, метод простой итерации, метод Ньютона, метод секущих, метод парабол, метод Зейделя.

Тема 2. Постановка основной задачи интерполяции. (2 часа)

Уравнения интерполяции; вид этих уравнений в задаче о монотонной интерполяции по трём узлам. Линейные алгоритмы интерполяции; обобщённые многочлены. Системы Чебышёва.

Тема 3. Методы и способы решения задачи интерполяции. (2 часа)

Теорема о существовании и единственности решения задачи интерполяции обобщёнными многочленами. Построение интерполяционного многочлена в форме Лагранжа; его существование и единственность. Линейная интерполяция по двум узлам. Рекуррентное соотношение Эйткена; схема Эйткена. Различные варианты записи интерполяционного многочлена

Лагранжа. Алгоритмы вычисления значений интерполяционного многочлена Лагранжа. Кусочно-многочленная интерполяция. Сплайны.

МОДУЛЬ 2. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. (6 часов)

Тема 1. Метод конечных разностей. (2 часа)

Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.

Тема 2. Вариационные принципы. (2 часа)

Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.

Тема 3: Численные методы решения задач теории пластичности и волновой динамики. (2 часа)

Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов). Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности. Область определенности и область зависимости решения гиперболической краевой задачи. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

МОДУЛЬ 3. Средства компьютерного моделирования (6 час.)

Тема 1. Современные аспекты системы компьютерного моделирования. (2 часа) (лекция-визуализация)

Современные системы автоматизации инженерных расчётов. Применяемые методы решения расчетов, анализа и симуляции физических процессов. Создание систем мультидисциплинарных исследований.

Тема 2. Применение современных программных комплексов в исследованиях, разработках, проектах. (2 часа) (лекция-визуализация)

Критерии инженерного анализа и оптимизации. Оптимизация конструкции с учетом конструктивных, технологически и эксплуатационных требований.

Тема 1. Метод конечных элементов. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов (Ansys, Fidesys) и расчетных математических пакетов (Mathcad, Mathematica). (2 часа) (лекция-визуализация)

Основы метода конечных элементов. Реализация метода конечных элементов в современных прикладных программных пакетах и расчетных комплексах, средства и инструменты.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Структура и содержание практической части курса включает в себя тематику и содержание практических занятий, семинаров, лабораторных работ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3

Лабораторные работы (18 час.)

Лабораторные работы основаны на использовании ЭВМ при решении задач по основным разделам дисциплины с самостоятельным составлением, отладкой и тестированием программ, реализованных на одном из алгоритмических языков высокого уровня.

Лабораторная работа № 1. Интерполяция. Сплайны. (4 часа)

1. Построить интерполяционный многочлен по всей совокупности заданных узлов интерполяции и соответствующих значений сеточной функции в них.

2. Найти кубический сплайн, используя ранее построенный интерполяционный многочлен.

3. Вычислить приближенные значения функции в точках, принадлежащих отрезку интерполяции, с применением найденного кубического сплайна.

Лабораторная работа № 2. Метод Рунге-Кутты решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. (4 часа)

1. Разработать алгоритм решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения одним из методов Рунге-Кутты и написать программу, реализующую его.

2. Отладить программу и провести расчеты до достижения заданной точности.

При разработке алгоритма необходимо предусмотреть возможность:

1. изменения области интегрирования;

2. задания других начальных условий;

3. проведения расчетов на последовательно удваиваемых сетках.

Лабораторная работа № 3. Решение смешанной задачи для уравнения переноса методом конечных разностей. (4 часа)

1. Найти аналитическое решение дифференциальной задачи и построить след в выбранном конечномерном пространстве.

2. Получить дополнительные разностные уравнения, где это необходимо.

3. Исследовать разностную схему на аппроксимацию и спектральную устойчивость.

4. Разработать алгоритм решения разностной задачи и написать программу, реализующую его.
5. Отладить программу с учетом вычисленных значений следа аналитического решения.
6. Провести исследования вычислительных свойств используемой разностной схемы на последовательно удваиваемых сетках.

Лабораторная работа № 4. Расчет МКЭ упругого изгиба элемента конструкции (консольная балка, стойка автомобиля, продольное сечение капота и т.п.) с первоначальной прямой формой, один из концов которого жестко закреплен, а другой конец отогнут вниз под действием некоторой силы. (6 часов)

1. Разбить заданную область на n заданных конечных элементов.
2. Составить глобальную матрицу жесткости конечно-элементного аналога.
3. Построить и решить систему уравнений с заданными граничными условиями.
4. Построить график – форму деформированной конструкции.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Фонд оценочных средств прилагается.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература (печатные и электронные издания)

1. Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семёнов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс]/ Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семёнов А.Ю.— Электрон. текстовые данные. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.

<http://www.iprbookshop.ru/>

2. Фомин В.М. Численные методы решения задач теории упругости и пластичности. Новосибирск: Параллель, 2009. - 267 с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

3. Фаддев М.А., Марков К.А. Численные методы: Учебное пособие. -Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 158 с.

<http://window.edu.ru/>

3. Корнюшин П.Н. Численные методы: Учебное пособие, Владивосток 2002, 104с.

<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/958/40958/18263>

4. Тухфатуллин, Б.А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов (теория и практика) [Текст] : учебное пособие / Б.А. Тухфатуллин. - Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. - 100 с.

<http://window.edu.ru/>

5. Мартыанова А.Е. Компьютерные вычисления в пакете MathCAD: Учебно-методическое пособие, Астрахань 2005

<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/084/24084/6594>

6. Бахвалов Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]/ Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.— 635 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

7. Седов Е.С. Основы работы в системе компьютерной алгебры Mathematica [Электронный ресурс]/ Седов Е.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2012.— 207 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Богульский И.О., Кургузов В.Д., Иванов Г.В., Анисимов С.А., Волчков Ю.М. Численное решение динамических задач упругопластического деформирования твердых тел, Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 352 с.

<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/>

2. Конюхов А.В. Основы анализа конструкций в ANSYS: Учебное пособие, Казань 2001

<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/054/53054/25960>

3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 1980.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

4. Лисейкин В.Д. Разностные сетки. Теория и приложения. Новосибирск. СО РАН. 2014, 253 с.

<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/>

5. Черный А.А. Исследования тепловых процессов с применением моделирования: Учебное пособие, Пенза 2008, 48с.

<http://window.edu.ru/resource/763/59763>

6. Вервейко Н.Д., Семькина Т.Д., Гребенников Д.Ю., Яковлев А.Ю. Применение метода конечных элементов в механике сплошных сред: Учебно-методическое пособие, Воронеж 2003, 51с.

<http://window.edu.ru/resource/152/27152>

7. Котович А.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Котович А.В., Станкевич И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012.— 112 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

8. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю. — Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 71 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>