



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО».

Руководитель ОП

Механика деформируемого твердого тела

(название образовательной программы)

 О.Н. Любимова

(подпись) (Ф.И.О.)

«14» января 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

Механики и математического моделирования

(название кафедры)

 А.А. Бочарова

(подпись) (Ф.И.О.)

«15» января 2015 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

Инженерная школа

Кафедра механики и математического моделирования

курс 2 семестр 3

лекции 18 час. / 0.5 з.е.

практические занятия 18 час. / 0.5 з.е.

лабораторные работы 0 час. / 0 з.е.

всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1 з.е.

самостоятельная работа 72 (час.) / 2 з.е.

контрольные работы (0)

курсовая работа / курсовой проект - семестр

зачет - семестр

экзамен 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 кафедры механики и математического моделирования, протокол № 5 от «12» января 2015г.

Заведующий кафедрой: А.А. Бочарова

Составитель: канд. физ.- мат наук., доцент, заведующая кафедрой механики и математического моделирования А.А. Бочарова

Оборотная сторона титульного листа программы

I. Рабочая программа дисциплины пересмотрена на заседании кафедры:

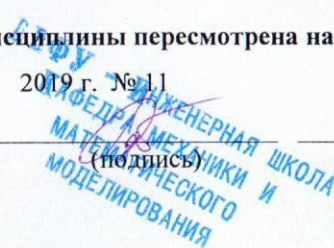
Протокол от «24» июня 2019 г. № 11

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

Богарев ДА

(И.О. Фамилия)



II. Рабочая программа дисциплины 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 12 часов и включают в себя 2 часа лекционных занятий (лекция-визуализация), 10 часов практических занятий (обсуждение доклада).

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 - 2 самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях, а также для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения;

ПК - 3 овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по исследованию процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях; планировать, проведение и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов; 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 (10 час.)

Раздел I. Предмет вычислительной механики и ее разделы (6 час.)

Тема 1. Задача решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) (4 час.)

Матричная запись СЛАУ. Векторные и матричные нормы. Важнейшие векторные нормы в конечномерном пространстве; важнейшие матричные нормы. Диагональные и треугольные матрицы. Решение СЛАУ с треугольными матрицами. Важнейшие матричные разложения. Разложение для метода Холецкого. Решение СЛАУ при помощи метода Холецкого. Алгоритм построения разложений для метода Холецкого. Метод LU -разложения без выбора ведущего элемента. Решение СЛАУ при помощи метода LU -разложения.

Тема 2. Сравнение и анализ методов и способов решений СЛАУ (2 час.)

Сопоставление методов Гаусса и LU -разложения без выбора ведущего элемента. Элементарные нижние треугольные матрицы, их свойства. Получение решения СЛАУ $Ax = b$ при наличии разложения $PA = LU$. Представление действительных чисел в компьютере. Машинное эpsilon и его свойства. Моделирование вычислительной погрешности в методе LU -разложения. Вычислительная устойчивость метода LU -разложения. Итерационные методы нахождения корней систем нелинейных уравнений;

скорость сходимости итерационного метода. Критерии останова в задаче нахождения корня нелинейного уравнения и их обоснование. Метод простых итераций. Использование интерполяции в задаче нахождения корней нелинейных уравнений: вывод расчётных формул метода секущих, идея метода парабол.

Раздел II. Введение в теорию интерполяции (4 час.)

Тема 1. Постановка основной задачи интерполяции. (2 час.)

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

Тема 2. Методы и способы решения задачи интерполяции. (2 час.)

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.

МОДУЛЬ 2. Средства компьютерного моделирования (8 час.)

Раздел I. (4 час.)

Тема 1. Современные аспекты системы компьютерного моделирования. (2 час.)

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

Тема 2. Примеры использования систем CAD-CAE в современных исследованиях, разработках, проектах. (2 час.) (лекция-визуализация)

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

требований. Анализ современных версий CAD-CAE систем. Возможности интеграции.

Раздел II. Использование конечно-элементных пакетов (4 час.)

Тема 1. Метод конечных элементов (2 час.)

Основы метода конечных элементов. Средства и инструменты используемых вычислительных пакетов. Построение геометрических моделей средствами Inventor.

Тема 2. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов (2 час.)

Пакеты ANSYS Workbench, ANSYS Mechanical, Fluent, Solid Works. Расчет напряженно- деформированного состояния деталей. Расчет напряженного деформированного состояния стержневых и балочных конструкций.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

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

Практические занятия (18 час.)

Занятие 1. Решение систем линейных алгебраических уравнений (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Формирование модели
2. Решение СЛАУ стандартными подходами приложения
3. Сравнение результатов, полученных на этапах

Занятие 2. Решение нелинейных уравнений. Использование ППП Maple. (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Формирование модели
2. Решение нелинейных уравнений стандартными подходами приложения
3. Сравнение результатов, полученных на этапах

Занятие 3. Нахождение собственных значений и векторов матрицы. Определение коэффициентов характеристического полинома методом Леверье- Фадеева. Использование встроенных функций ППП Maple. (2 час.)

1. Формирование модели
2. Решение задачи стандартными подходами приложения
3. Определение коэффициентов характеристического полинома методом Леверье- Фадеева
4. Сравнение результатов, полученных на этапах

Занятие 4. Использование методов Рунге- Кутта различного порядка для решения задачи Коши. Использование встроенных функций ППП Maple. (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Формирование модели
2. Решение задачи стандартными подходами приложения
3. Применение метода Рунге - Кутта
4. Сравнение результатов, полученных на этапах

Занятие 5. Многошаговые методы решения задачи Коши. Метод прогноза и коррекции. (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Формирование модели
2. Решение задачи стандартными подходами приложения
3. Применение многошаговых методов решения задачи Коши.
4. Применение метода прогноза и коррекции.
5. Сравнение результатов, полученных на этапах

Занятие 6. Анализ задачи в ANSYS. (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Основы построения модели.
2. Предпроцессорная обработка данных.
3. Постпроцессорная обработка результатов

Занятие 7. Геометрическое моделирование в ANSYS. (обсуждение доклада) (2 час.)

1. Создание плоских моделей.

2. Создание объёмных моделей.
3. Задание нагрузки.

Занятие 8. Виды анализа конструкций. (2 час.)

1. Стационарный анализ.
2. Анализ задачи устойчивости в линейной постановке.
3. Модальный анализ.
4. Гармонический анализ.

Занятие 9. Специальный анализ конструкций. (2 час.)

1. Нестационарный анализ.
2. Анализ с применением метода подконструкций.
3. Спектральный анализ

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Основные понятия теории приближенных вычислений.
2. Методы приближенного решения вычислительных задач.
3. Метод Гаусса. Обращение матрицы по методу Гаусса.
4. Метод прогонки.
5. Итерационные методы решения нелинейных уравнений. Метод Ньютона.
6. Метод простой итерации и сжимающих отображений.
7. Интерполяция и аппроксимация полиномами. Достоинства и недостатки.
8. Постановки простейших задач интерполирования.
9. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
10. Интерполяционный полином Ньютона для неравных промежутков.
11. Конечные разности и интерполяционные полиномы Ньютона для равноотстоящих узлов.
12. Элементы численного интегрирования. Постановка задач.

13. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса и их частные случаи.
14. Квадратурная формула трапеции. Геометрический смысл трапеции.
15. Квадратурная формула Симпсона.
16. Элементы численного решения дифференциальных уравнений.

Постановка задачи.

17. Разностная аппроксимация дифференциальных операторов. Метод первого порядка точности.

18. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы второго порядка точности.

19. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы четвертого порядка точности. (метод Рунге-Кутты).

20. Краевые задачи. Вариационно-разностные схемы для краевых задач.

21. Сеточная аппроксимация.

22. Метод Эйлера для системы уравнений.

23. Погрешность и устойчивость метода Эйлера.

24. Элементы численного дифференцирования. Постановка задачи.

25. Формула численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов.

26. Полная погрешность при численном дифференцировании.

27. Метод наименьших квадратов.

28. Элементы теории исследования операций.

29. Математическое программирование.

30. Элементы линейного программирования. Разобрать на примере решения транспортной задачи.

31. Каноническая задача линейного программирования.

32. Геометрический смысл системы линейных неравенств.

33. Геометрический смысл двумерной задачи линейного программирования.

34. Идея Симплекс-метода.

35. Симплекс-таблицы.
36. Геометрические характеристики в задачах и методах линейного программирования.
37. Взаимно-двойственные задачи линейного программирования.
38. Элементы нелинейного программирования.
39. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
40. Правила обработки результатов измерений с помощью программы «Maple».
41. Анализ экспериментальных данных в программном пакете «Maple».
42. Решение задач вычислительной физики с помощью пакета «Maple».

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы. Учеб. пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 6-е изд. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. - 637 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277448&theme=FEFU>
2. Самарский А.А. Введение в численные методы. Учебное пособие для вузов. -М.: Лань, 2009. – 288 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:298687&theme=FEFU>
3. Косенко И.И. Моделирование и виртуальное прототипирование: Учебное пособие. / И.И. Косенко, Л.В. Кузнецова, А.В. Николаев. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012. - 176 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=254463>
4. Численные методы и программирование: Учебное пособие / В.Д. Колдаев; под ред. Л.Г. Гагариной. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 336 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=370603>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Басов К.А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование. /К.А. Басов. – СПб.:Лань, 2009. – 240 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1295
2. Ракитин В.И. Руководство по методам вычислений и приложения МATHCAD. / В.И. Ракитин. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 264 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248863&theme=FEFU>
3. Чикуров Н.Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=392652>
4. Леушин И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: Учебник / И.О. Леушин. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 208 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=401597>
5. Осипов В.В. Моделирование динамических процессов методом точечных представлений [Электронный ресурс] : Монография / В. В. Осипов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 304 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=441549>