

Рабочая программы дисциплины

1. Название дисциплины: Метод конечных элементов в задачах акустики

2. Лекторы.

2.1. д.ф.-м.н., доцент Шанин Андрей Владимирович, кафедра акустики, andrey_shanin@mail.ru, тел. 939-30-81.

...

3. Аннотация дисциплины.

Курс представляет собой введение в методы конечных элементов для решения задач акустики. Описываются основы МКЭ и даются практические рекомендации по написанию программ.

4. Цели освоения дисциплины.

Цель освоения дисциплины заключается в умении выполнять численное моделирование акустических процессов методом конечных элементов.

5. Задачи дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен научиться выполнять численное моделирование акустических процессов методом конечных элементов.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ПК-1

Студент должен обладать знаниями в рамках стандартного университетского курса по математическому анализу, численным методам, дифференциальным уравнениям, теории волн, теоретических основ акустики.

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПК-2

Способность свободно владеть профессиональными знаниями о современных численных методах решения задач акустики и динамической теории упругости, основанных на методе конечных элементов и необходимых для решения научно исследовательских и

научно- инновационных задач фундаментальной и прикладной акустики и механики; способность к самостоятельной корректной постановке локальных исследовательских задач при решении прикладных и теоретических проблем, решать их с помощью современных численных методов и оформлять их результаты в виде отчетов, докладов и журнальных статей; организовывать и планировать численные исследования.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

- иметь представление о теоретических основах МКЭ,
- уметь создавать программы на основе МКЭ на языке МАТЛАБ
- иметь опыт самостоятельного написания программ.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	...		36	...	36
Аудиторная работа:
Лекции, акад. часов	...		18	...	18
Семинары, акад. часов	...		18	...	18
Лабораторные работы, акад. часов
Самостоятельная работа, акад. часов	...		36	...	36
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	...		экзамен

N раздела, название раздела	N темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч.	
1. Аппроксимация. Функции формы	1	Аппроксимация. Функции формы	Понятие функции формы. Аппроксимация непрерывных функций. Интерполяция. Изопараметрические отображения. Производные функций формы	2 часа	Понятие функции формы. Аппроксимация непрерывных функций. Интерполяция. Изопараметрические отображения. Производные функций формы. 2 часа	Функции формы и их производные в 1D, 2D и 3D случае, написание программ. 4 часа	ДЗ, КР
	2	Метод взвешенных невязок	Метод взвешенных невязок. Представление уравнений и граничных условий. Метод Галеркина и метод коллокаций.	2 часа	Метод взвешенных невязок. Представление уравнений и граничных условий. Метод Галеркина и метод коллокаций 2 часа	построение аппроксимации 1d уравнения Гельмгольца с различными граничными условиями 4 часа	ДЗ, КР
	3	Матрицы массы и жесткости	Роль матриц массы и жесткости при решении уравнения Гельмгольца. Структура матриц массы и жесткости. Выражения для потенциальной и кинетической энергии. Вычисление матриц массы и жесткости. Структура простейшей МКЭ-программы.	2 часа	Роль матриц массы и жесткости при решении уравнения Гельмгольца. Структура матриц массы и жесткости. Выражения для потенциальной и кинетической энергии. Вычисление матриц массы и жесткости. Структура простейшей МКЭ-программы. 2 часа	Построение матриц массы и жесткости для простого двумерного случая. 4 часа	ДЗ, КР

	4	Решение задачи во времени	Построение системы дифференциальных уравнений в рамках МКЭ. Split-FEM и Non-split FEM. Численная схема "крест". Схема Эйлера. Устойчивость. Приближенное обращение матрицы массы.	2 часа	Построение системы дифференциальных уравнений в рамках МКЭ. Split-FEM и Non-split FEM. Численная схема "крест". Схема Эйлера. Устойчивость. Приближенное обращение матрицы массы. 2 часа	Реализация Split-FEM, схема "крест", 4 часа	ДЗ, КР
3. Реализация МКЭ	5	Гауссовы квадратуры	Необходимость гауссовых квадратур для вычисления матриц массы и жесткости. Структура квадратурных формул.	2 часа	Необходимость гауссовых квадратур для вычисления матриц массы и жесткости. Структура квадратурных формул. 2 часа	Вычисление матриц массы и жесткости для 2D элементов неправильной формы. 2 часа	ДЗ, КР
	6	Методы Рунге-Кутты	Общая схема методов Рунге-Кутты. Таблицы Бутчера. Явные и неявные методы РК. Реализация РК-4.	2 часа	Общая схема методов Рунге-Кутты. Таблицы Бутчера. Явные и неявные методы РК. Реализация РК-4. 2 часа	Реализация метода РК-4 4 часа	ДЗ, КР
4. Важные частные вопросы	7	Жесткие задачи. Явно-неявные методы	Понятие жесткой задачи. Анализ собственных значений матрицы жесткости. Необходимость построения неявной схемы. Пример IMEX DIRK схемы	2 часа	Понятие жесткой задачи. Анализ собственных значений матрицы жесткости. Необходимость построения неявной схемы. Пример IMEX DIRK схемы. 2 часа	Реализация IMEX DIRK схемы, 4 часа	ДЗ, КР
	8	Идеально согласованный слой	Задача эвакуации волн на бесконечность и возможные пути ее решение. Структура 1D идеально согласованного слоя. Структура 2D идеаль-	2 часа	Задача эвакуации волн на бесконечность и возможные пути ее решение. Структура 1D	Реализация FEM с PML? 4 часа	ДЗ, КР

			но согласованного слоя.		идеально согласованного слоя. Структура 2D идеально согласованного слоя.. 2 часа.		
5. Метод граничных элементов	9	Метод граничных элементов	Основные уравнения метода граничных элементов (постановка Гельмгольца, представления с помощью потенциалов). Сравнение МКЭ и МГЭ. Проблемы, связанные с реализацией МГЭ	2 часа	Основные уравнения метода граничных элементов (постановка Гельмгольца, представления с помощью потенциалов). Сравнение МКЭ и МГЭ. Проблемы, связанные с реализацией МГЭ. 2 часа	реализация граничного интегрального уравнения для дифракции на полосе, 4 часа	ДЗ, КР

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

- 3. Домашнее задание (ДЗ);
- 10. Контрольная работа (КР);

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина "по выбору".
2. Вариативная часть, профессиональный блок, научно-исследовательский семинар.
3. Курс содержит дополнения к курсу "Численные методы".

3.1. Перечислить дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины.

Математический анализ, численные методы, дифференциальные уравнения, методы математической физики, теор. основы акустики.

3.2. Указать дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее. Перечень
Научно-исследовательская практика.

10. Образовательные технологии

Указать образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины.

Для преподавания курса необходимо иметь доску, компьютер и проектор. Компьютер и проектор нужны для демонстрации текста программ и их работы.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Пример домашнего задания:

1. Написать программу, моделирующую распространение волны в двумерной квадратной 2D области с жесткими границами.
2. Реализовать решение одномерной задачи распространения волн с идеально согласованным слоем. Задать коэффициент отражения 0.1.

Пример заданий для контрольной работы

1. Вывести формулу для элементной подматрицы матрицы массы в двумерном случае.
2. Написать MATLAB реализацию RK метода, описываемого схемой Бутчера

$$\begin{array}{r|l} 0 & \\ \hline 1/3 & | 1/3 \\ 2/3 & | 0 \quad 2/3 \\ \hline & | 1/4 \quad 0 \quad 3/4 \end{array}$$

Задачи к экзамену:

Теоретические вопросы к экзамену:

1. Функции формы. Изопараметрическое представление конечных элементов.

2. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина.
3. Матрицы массы и упругости для уравнения Гельмгольца.
4. Метод конечных элементов для линеаризованных уравнений Эйлера.
5. Гауссовы квадратуры.
6. Таблицы Бутчера для схем Рунге-Кутты. Явные и неявные схемы.
7. Понятие жесткой задачи. Явно-неявные схемы. DIRK схемы. Пример DIRK схемы.
8. Идеально согласованный слой для линеаризованных уравнений Эйлера.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. О. Зенкевич, К. Морган. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. 318 с.
2. О. Зенкевич. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.

Дополнительная литература

1. К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел. Методы граничных элементов. М.: Мир. 1987. 524 с.
2. F.Q. Hu. On absorbing boundary conditions for linearized Euler equations by a perfectly matched layer. Journal of Computational Physics, V. 129. 201-219 (1996).
3. U.Asher, S.Ruuth, R.J.Spiteri, Implicit-explicit Runge-Kutta methods for time dependent partial differential equations, Appl. Numer. Math. 25, (1997), pp. 151-167

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».