

Программа спецкурса

«Численные модели свободных турбулентных течений»

1.1. Спецкурс «Численные модели свободных турбулентных течений» реализуется в рамках специальностей 0647 и 2013 и относится к общим физико-математическим дисциплинам федерального списка.

1.2. Цели и задачи курса.

Спецкурс «Численные модели свободных турбулентных течений» предназначен студентам 3-4 курсов и магистрантам механико-математического факультета НГУ

Основная цель освоения дисциплины – научиться решать задачи свободной турбулентности.

Поставленная цель достигается чтением лекций, посвященных конструированию современных полуэмпирических моделей турбулентности и их численных реализаций, иллюстрацией применения численных моделей к решению целого ряда оригинальных задач.

1.3. Требования к уровню освоения содержания спецкурса.

По окончании изучения спецкурса студент обязан

- знать основные подходы к построению современных полуэмпирических моделей свободных турбулентных течений;
- знать основные подходы к построению конечно-разностных аналогов моделей, их компьютерных реализаций и тестирования
- знать примеры численного анализа ряда свободных турбулентных течений, обсуждаемых при чтении спецкурса.

1.4. Формы контроля.

По окончании спецкурса (0,5 года) предусмотрен экзамен.

2. Содержание спецкурса

2.1. Новизна спецкурса заключается в подборе оригинальных примеров рассмотренных задач (изучаемых лектором и его коллегами).

2.2. Тематический план спецкурса

Наименование разделов	Количество часов
1. Основные уравнения гидродинамики несжимаемых жидкостей. Осреднение полей гидродинамических величин.	2
2. Иерархия полуэмпирических моделей турбулентности	14
3. Основы вычислительной гидродинамики.	8
4. Плоские и осесимметричные свободные струйные течения в однородной жидкости	8
5. Турбулентные следы в стратифицированных жидкостях	4

2.3. Содержание разделов.

Основные уравнения гидродинамики несжимаемых жидкостей. Осреднение полей. Приведены в удобной для дальнейшего изложения уравнения гидродинамики, сформулированы свойства осреднения.

Иерархия полуэмпирических моделей турбулентности. Осреднение уравнений Обербека-Буссинеска. Уравнения переноса одноточечных корреляционных моментов второго порядка. Модели турбулентной вязкости и диффузии. Модель с одним уравнением баланса энергии турбулентности. Двухпараметрические модели турбулентности. Модели с дифференциальными уравнениями переноса компонент тензора Рейнольдсовых напряжений, вектора потоков и дисперсии флуктуаций температуры. Локально равновесные и неравновесные алгебраические модели.

Основы вычислительной гидродинамики. Основные конечноразностные подходы к решению краевых задач для уравнений пограничного слоя и Навье-Стокса. Методы расщепления по пространственным координатам и физическим процессам.

- a) Модели турбулентной вязкости и диффузии
- b) Двухпараметрическая $e \sim \varepsilon$ модель турбулентности

- c) Модели с дифференциальными уравнениями переноса компонент тензора рейнольдсовых напряжений вектора потоков и дисперсии флуктуаций температуры.
- d) Локально-равновесное приближение.
- e) Неравновесное приближение для вторых моментов.
- f) Решение краевых задач для многомерного уравнения теплопроводности с помощью метода дробных шагов.
- g) Итерационные схемы расщепления решения краевых задач для уравнения Пуассона.
- h) Конечно-разностные методы решения уравнений пограничного слоя
- i) Основные подходы к решению двумерных задач гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости.

Плоские и осесимметричные свободные струйные течения в однородной жидкости. Основные уравнения. Иерархия математических моделей. Конечно-разностные алгоритмы. Численные модели плоских и осесимметричных свободных турбулентных течений.

Турбулентные следы в стратифицированной жидкости. Параболизированные уравнения Навье-Стокса в приближении Обербека-Буссинеска. Метод расщепления по физическим процессам. Иерархия полуэмпирических моделей турбулентности. Анизотропное вырождение турбулентности в дальнем безымпурсном турбулентном следе в линейно стратифицированной среде. Упрощенные модели.

3. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

3.1. Образцы вопросов для подготовки к экзамену.

1. Осреднение уравнений Обербека-Буссинеска.
2. Уравнения переноса одноточечных корреляционных моментов второго порядка.
3. Конечно-разностные методы решения трехмерных задач гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости.
4. Особенности численного моделирования течений неоднородной несжимаемой жидкости.
5. Основные уравнения плоских и осесимметричных свободных струйных течений.
6. Иерархия полуэмпирических моделей.
7. Модельная задача о температурных волнах. Адаптивные сетки.
8. Плоские и осесимметричные турбулентные следы с варьируемыми значениями суммарного избыточного импульса и их численные модели. Анализ асимптотического поведения на больших временах вырождения.

9. Иерархия численных моделей безымпурсного пространственного турбулентного следа в линейно стратифицированной среде. Турбулентные следы за буксируемыми телами.

3.2. Список рекомендуемой литературы

1. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Т.1. Спб. Гидрометеоздат, 1992, 694 с.
2. Роди В. Модели турбулентности окружающей среды // Методы расчета турбулентных течений. М.: Мир, 1984, с.227 – 322.
3. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1988, 414с.
4. Харша П. Модели переноса кинетической энергии // Турбулентность: принципы и применение. М.:Мир, 1980, с.207 – 261.
5. Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967, 195с.
6. Белоцерковский О.М. Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1984, 519с.
7. Черных Г.Г. Введение в численное моделирование свободных турбулентных течений: Учеб. пособие // Новосиб. ун-т. Новосибирск, 1996, 84с.

Лектор
доктор физико-математических наук,
профессор

Г.Г. Черных