

Основы теории турбулентности

Автор: проф. Вараксин А.Ю.

Содержание дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч.	Семинары, ч.	Лабораторные работы, ч.	Литература
		38	-	-	
1.	Понятие о турбулентных течениях	2			[1-3]
2.	Основы математического моделирования турбулентных течений	2			[1-3]
3.	Модели турбулентных течений	2			[1-3]
4.	Основы физического моделирования турбулентных течений	2			[1-3]
5.	Понятие о многофазных турбулентных течениях	2			[4,5]
6.	Классификация гетерогенных турбулентных течений	2			[4,5]
7.	Основы математического моделирования двухфазных турбулентных течений	8			[4,5]
8.	Двухфазные течения в трубах (каналах)	4			[4,5]
9.	Обтекание тел потоками с частицами	4			[4,5]
10.	Основы физического моделирования двухфазных турбулентных течений	6			[4,5]
11.	Методы генерации нестационарных свободных вихрей и их динамика	2			[6]
12.	Управление поведением нестационарных свободных вихрей и защита промышленных объектов	2			[6]

Содержание:

1. Понятие о турбулентных течениях

Что такое турбулентность? Методы описания структуры турбулентных течений. Уравнение Навье – Стокса. Диссипация энергии в вязкой жидкости. Качественная схема развития турбулентности. Масштабная инвариантность. Спектр турбулентных пульсаций. Оценка масштабов турбулентности. Механизм растяжения вихревых структур.

2. Основы математического моделирования турбулентных течений

Методы моделирования турбулентных течений. Прямое численное моделирование. Метод с выделением крупных вихрей. Методы статистических моментов. Статистические моменты и кумулянты.

3. Модели турбулентных течений

Уравнение Рейнольдса. Уравнения для моментов. Обменный механизм. Тензор скорости диссипации. Турбулентная диффузия. Стратегия замыкания высших моментов. Алгебраические модели тройных корреляций. Модель турбулентности Рейнольдсовых напряжений. $K - \varepsilon$ модель турбулентности. $K - L$ модель турбулентности. Модель пути смешения Прандтля. Условия реализуемости. Модели турбулентности третьего порядка. Уравнения для кумулянтов четвертого порядка. Связь между переносом тепла и переносом импульса. Математическое описание процессов теплопереноса. Модель турбулентного переноса скаляра. Модели замыкания.

4. Основы физического моделирования турбулентных течений

Методы экспериментального исследования структуры турбулентных течений. Термоанемометрия. Лазерная доплеровская анемометрия. Статистическая обработка экспериментальных данных.

5. Понятие о многофазных турбулентных течениях

Что такое многофазные течения? Многофазные течения в природе и технике. Специфические особенности математического и физического моделирования гетерогенных потоков. Два основных класса задач изучения гетерогенных течений. Основные характеристики гетерогенных потоков.

6. Классификация гетерогенных турбулентных течений

Времена динамической и тепловой релаксации частиц. Массовая, объемная и счетная концентрации частиц. Столкновения частиц между собой. Столкновения частиц со стенками канала. Числа Стокса в осредненном, крупномасштабном и мелкомасштабном пульсационных движениях. Столкновительные числа Стокса. Классификация гетерогенных турбулентных потоков.

7. Основы математического моделирования двухфазных турбулентных течений

Математическое моделирование турбулентных течений газа с частицами. Лагранжев подход: преимущества и ограничения. Эйлеров подход: преимущества и ограничения. Стратегия построения обобщенной компьютерной модели двухфазных потоков.

8. Двухфазные течения в трубах (каналах)

Течения газа с частицами в каналах. Распределения осредненных и пульсационных скоростей газа и частиц. Диссипация энергии турбулентности мелкими частицами. Генерация энергии турбулентности крупными частицами. Моделирование влияния частиц на турбулентную энергию газа.

9. Обтекание тел потоками с частицами

Обтекание тел потоками с частицами. Течение с частицами в области критической точки тела. Течение с частицами в пограничном слое обтекаемого тела. Аэродинамическое сопротивление тел в потоках с частицами.

10. Основы физического моделирования двухфазных турбулентных течений

Физическое моделирование течений газа с частицами. Особенности и задачи экспериментального изучения гетерогенных потоков. Методы цифровой трассерной визуализации и лазерной анемометрии. Особенности изучения поведения частиц в турбулентном потоке. Особенности изучения обратного влияния частиц на характеристики течения несущего газа.

11. Методы генерации нестационарных свободных вихрей и их динамика

Понятие о нестационарных свободных вихрях. Методы генерации свободных концентрированных вихрей. Описание установки. Тепловые режимы. Интегральные параметры и динамика вихревых структур.

12. Управление поведением нестационарных свободных вихрей и защита промышленных объектов

Формулирование задачи управления поведением нестационарных свободных вихрей. Краткие сведения о методах борьбы. Пассивные и активные методы защиты от природных вихрей. Новый пассивно-активный метод борьбы со смерчами. Физические основы метода и его преимущества. Верификация метода в лабораторных условиях.

Основная литература.

1. Моделирование процессов переноса в турбулентных течениях. Учебное пособие / Б.Б.Илюшин; Новосиб. гос. ун-т. Часть I. 1999.
2. Турбулентность: модели и подходы. Курс лекций / П.Г.Фрик; Перм. гос. техн. ун-т. Часть I. 1998. 108 с.
3. Турбулентность: модели и подходы. Курс лекций / П.Г.Фрик; Перм. гос. техн. ун-т. Часть II. 1999. 136 с.
4. Вараксин А.Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами. – М.: Физматлит. 2003. 192 с.
5. Вараксин А.Ю. Столкновения в потоках газа с твердыми частицами. – М.: Физматлит. 2008. 312 с.
6. Вараксин А.Ю., Ромаш М.Э., Копейцев В.Н. Торнадо. – М.: Физматлит. 2011. 344 с.

Дополнительная литература.

7. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Физматлит, 2002.
8. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука, 1987. Ч.1. 464 с.; Ч.2. 360 с.

9. Шрайбер А.А., Гавин Л.Б., Наумов В.А., Яценко В.П. Турбулентные течения газозвеси. – Киев: Наукова думка. 1987. 239 с.
10. Волков Э.П., Зайчик Л.И., Першуков В.А. Моделирование горения твердого топлива. – М.: Наука. 1994. 320 с.