

**«Московский государственный технический университет
имени Н.Э.Баумана»
(МГТУ им. Н.Э.Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор-
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
_____ Е.Г.Юдин
«__» «_____» 2013 г.

Дисциплина для учебного плана специальности(ей): **14040265**
Факультета(ов)-Э (для каф.Э-6)

Основы теории однофазных и двухфазных турбулентных течений

Автор(ы): **Вараксин А.Ю.**
Кафедра Э-6, «Теплофизика»

Виды занятий	Объем занятий, час			
	Всего	10 семестр 17 недель		
Лекции	55	55		
Семинары	-	-		
Лабораторные работы	-	-		
Самостоятельные работы	34	34		
Итого:	89	89		
Проверка знаний:		зачет		

Виды самостоятельной работы и контрольных мероприятий	Объем ,час / выполнение, неделя выдачи-сдачи			
	Всего, час	10 семестр 17 недель		
Домашнее задание №1 №2	-	-		
Рубежный контроль №1 №2 №3	-	-		
Контрольная работа №1 №2	-	-		
Курсовой проект	-	-		
Курсовая работа	-	-		

Москва, 2013

Программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования в соответствии с требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки дипломированного специалиста 140400 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника» по специальности 14040265 «Теплофизика».

Раздел 1. Цели и задачи дисциплины.

Цель дисциплины:

- ознакомить студентов с современным состоянием теории однофазных и многофазных турбулентных потоков. Излагаются классические методы и модели турбулентных течений. Описаны результаты классических экспериментальных исследований. Представлены данные по характеристикам однофазных и двухфазных турбулентных течений на пластине, в трубах (каналах), в окрестности обтекаемых тел различной формы. Излагаются особенности и задачи математического и физического моделирования многофазных потоков. Представлены основы классификации двухфазных турбулентных потоков. Описана стратегия построения обобщенной компьютерной модели многофазных потоков.

Задачами дисциплины является изучение:

- дать представление об однофазных турбулентных потоках;
- ознакомить с основными представлениями современной теории турбулентности;
- научить использованию уравнений турбулентных течения для решения практических задач;
- получить представление о моделировании турбулентных течений;
- дать представление о многофазных турбулентных потоках;
- научить использованию первичных характеристик многофазных течений для их классификации;
- получить общие представления о методах расчета характеристик двухфазных турбулентных течений;
- освоить методологию физического моделирования однофазных и многофазных турбулентных течений;
- получить сведения о процессах переноса в однофазных и многофазных турбулентных течениях.

Примечание.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах (разделах курсов):

1. Физика.
2. Высшая математика.
3. Термодинамика.
4. Неравновесная термодинамика.
5. Теория теплообмена.
6. Механика жидкости и газа.

После освоения данной дисциплины студент подготовлен для изучения следующих курсов учебного плана:

1. Теория горения и взрыва.
2. Вычислительная теплопередача и гидродинамика.
3. Методы интенсификации теплообмена.

Раздел 2. Знания, умения и навыки, получаемые после освоения дисциплины.

2.1. Студент должен знать:

- основные методы математического моделирования однофазных и двухфазных турбулентных течений;
- основные методы физического моделирования однофазных и двухфазных турбулентных течений;
- основные характеристики однофазных турбулентных течений;
- основные характеристики двухфазных турбулентных течений;
- основы классификации двухфазных турбулентных течений.

2.2. Студент должен уметь:

- ставить задачи о турбулентных течениях газов и жидкостей;
- использовать различные приближения при анализе турбулентных течений;
- анализировать различные факторы, влияющие на течение газов и жидкостей;
- анализировать различные факторы, влияющие на энергию турбулентности однофазного и двухфазного потока;
- анализировать данные оригинальных работ по турбулентности газов и жидкостей.

Понятия: масштабы турбулентности, турбулентная вязкость, уравнения Рейнольдса, напряжения Рейнольдса, модель турбулентности, прямое численное моделирование, время релаксации частицы, концентрация частиц, числа Стокса, коэффициент аэродинамического сопротивления частицы, стандартная кривая сопротивления, классификация двухфазных течений, коэффициент осаждения частиц, лагранжево моделирование, эйлорово моделирование.

Методики расчета: турбулентные течения в трубах, пограничный слой на пластине, движение частиц в канале, движение частиц в окрестности критической точки тела.

Приборы и изделия: - нет.

2.3. Студент должен иметь навыки:

- оценки пространственных и временных масштабов турбулентных течений;
- классификации двухфазных течений;
- оценки диссипации и генерации энергии турбулентности в двухфазном потоке.

Раздел 3. Содержание дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч.	Семинары, ч.	Лабораторные работы, ч.	Литература
10 семестр		55	-	-	
3.1.	Понятие о турбулентных течениях	6			[1-3]
3.2.	Основы математического моделирования турбулентных течений	6			[1-3]
3.3.	Модели турбулентных течений	8			[1-3]
3.4.	Основы физического моделирования турбулентных	4			[1-3]

	течений				
3.5.	Понятие о многофазных турбулентных течениях	4			[4,5]
3.6.	Классификация гетерогенных турбулентных течений	4			[4,5]
3.7.	Основы математического моделирования двухфазных турбулентных течений	4			[4,5]
3.8.	Двухфазные течения в трубах (каналах)	4			[4,5]
3.9.	Обтекание тел потоками с частицами	4			[4,5]
3.10.	Основы физического моделирования двухфазных турбулентных течений	7			[4,5]
3.11.	Методы генерации нестационарных свободных вихрей и их динамика	2			[6]
3.12.	Управление поведением нестационарных свободных вихрей и защита промышленных объектов	2			[6]

Содержание:

3.1. 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.

3.2. Основы математического моделирования турбулентных течений

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

3.3. 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 тепломассопереноса. Модель турбулентного переноса скаляра. Модели замыкания.

3.4. Основы физического моделирования турбулентных течений

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

3.5. 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.

3.6. 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.

3.7. 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.

3.8. 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.

3.9. 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.

3.10. 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.

3.11. 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.

3.12. 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.

Раздел 4. Семинары - нет.

Раздел 5. Лабораторные работы - нет.

Раздел 6. Самостоятельная работа.

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Объем, ч.	Литература
	10 семестр	34	
6.1.	Самостоятельная проработка курса лекций	34	[1-10]

Содержание:

6.1. Самостоятельная проработка курса лекций

Самостоятельная проработка курса лекций и подготовка к зачету.

Раздел 7. Курсовой проект, курсовая работа - нет.

Раздел 8. Учебно-методические материалы.

8.1. 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.

8.2. 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.

8.3. Наглядные материалы и пособия - нет.