

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва»

Кафедра Общая и техническая физика

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
РГАТУ имени П.А. Соловьёва

_____ Т.Д. Кожина

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Тепловая защита» для аспирантов, обучающихся по специальности

01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Форма обучения	Очная	
	часы	зачетные единицы
Лекции	12	0,33
Практические занятия	16	0,44
Самостоятельная работа	8	0,23
Всего	36	1,0
Форма контроля	экзамен	

Рабочую программу составил:

д-р техн.наук, профессор Ш.А. Пиралишвили

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ОиТФ «13» декабря 2011 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой ОиТФ

д-р техн. наук, профессор

Ш.А. Пиралишвили

Рыбинск, 2011 г.

Введение

Программа составлена с учетом паспорта специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника», а также с учебным планом аспирантов «01.04.14_78_123-0000 plax.

Основной специальности является тепломассообмен и гидрогазодинамика в том числе и процессы горения, с учетом изменения состояния, физических свойств при различных внешних воздействиях.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Интенсивное развитие авиации, космонавтики, энергетики начавшееся в прошлом веке и продолжающееся в настоящее время, разработка новой высокофорсированной техники различного назначения эксплуатация которой происходит при сравнительно высокой температуре и скоростях обтекания или движения выдвигают на первый план процессы тепло- массообменного характера. В этом случае ученого (специалиста) в первую очередь интересуют проблемы сопротивления движению тел или их обтеканию, потоки теплоты и вещества распределения скоростей, напряжений, температуры и концентрации. Если при этом протекают химические реакции, то все отмеченные процессы должны учитывать характер их кинетики.

Таким образом, подавляющее большинство наиболее трудно решаемых в современной ситуации при решении многих научно-технических проблем необходимо рассматривать комплексные задачи с сопряженными термогазодинамическими, тепломассообменными процессами и при наличии химических реакций и фазовых переходов.

Обобщая отмеченной целью курса можно охарактеризовать, как уточненное и углубленное изложение в доступной форме основных понятий протекающих процессов, которые приводят нас к необходимости обеспечения работоспособности высоконагруженных деталей и узлов техники при их обтекании высокотемпературными потоками с химическими реакциями и наличии закрутки потока и отрывных явлений. Разработанные расчетные модели носят полуэмпирический характер, являясь комбинацией аналитических, эмпирических и полученных компьютерными (численными) методами соотношений. При их использовании необходимо четко и достаточно достоверно понимать пределы допускаемых упрощения ограничения методов при их применению к конкретному физико-техническому процессу.

Задачи изучения дисциплины состоят в следующем:

Продолжить углубленное формирование систематических знаний и закрепление навыков и умения решения конкретных практических задач по весьма важному разделу теплофизики и теоретической теплотехнике – тепловой защите деталей, узлов и агрегатов различных технических конструкций (двигателей, машин, самолетов, ракет и т.д.), имеющей существенное прикладное значение.

2. Содержание изучаемой дисциплины.

Лекция 1.

- 1.1. Явления переноса импульса, теплоты, вещества. (2 часа).
- 1.2. Дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии.
- 1.3. Ламинарное, турбулентное движение.
- 1.4. Пограничный слой.
- 1.5. Дифференциальные уравнения пограничного слоя (Уравнения Прандтля).
- 1.6. Интегральные соотношения пограничного слоя.
- 1.7. Условия замыкания интегральных уравнений.

Лекция 2. Ламинарный погранслой.

- 2.1. Методы расчета ламинарного погранслоя.
- 2.2. Погранслой на плоской пластине. Решение Блазиуса.
- 2.3. Связь между трением, теплоотдачей и диффузией. Тройная аналогия. (1 час).

Лекция 3. Трение и теплообмен при ламинарном течении на плоской стенке.

- 3.1. Динамический погранслой.
- 3.2. Тепловой погранслой.

Лекция 4. Турбулентный погранслой (2 часа).

- 4.1. Переход ламинарного течения в турбулентное.
- 4.2. Осредненное и пульсационное движение Уравнение Рейнольдса.
- 4.3. Дополнительные вязкость и теплопроводность.
- 4.4. Полуэмпирические гипотезы расчета турбулентных течений.

Лекция 5. Асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя.

- 5.1. Предельные законы трения и тепломассообмена.
- 5.2. Обтекание непроницаемой стенки. Влияние неизотермичности на теплообмен.
- 5.3. Влияние сжимаемости на теплообмен.
- 5.4. Теплообмен в области газовой завесы
- 5.5. Турбулентный пограничный слой на проницаемой поверхности.

Лекция 6. Газовые завесы (2 часа).

- 6.1. Газовая завеса при обтекании адиабатной поверхности.
- 6.2. Теплообмен в области газовой завесы.
- 6.3. Теплообмен в пристенной струе.

Лекция 7. Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями (2 часа).

- 7.1. Тепломассообмен на реагирующей поверхности.
- 7.2. Пограничный слой с фронтом горения.
- 7.3. Газовая завеса на выгорающей поверхности.
- 7.4. Пограничный слой с фронтом горения.

Лекция 8. Дифференциальные модели турбулентности (1 час).

3. Практические занятия.

- 3.1 Вывод интегральных уравнений балансовым методом (1 час)
- 3.2 Метод Кармана-Помгаузена (1 час).
- 3.3 Теплообмен на пластине с начальным адиабатным участком $\delta > \delta_T$ (2 часа).
- 3.4 Тепловой ламинарный пограничный слой при $U_o = cx^m$ и $\Delta T = ax^y$
- 3.5 Теплообмен при заданной тепловой нагрузке $q_{cm} = q_{cm}(x)$ (граничные условия II рода). (2 часа).
- 3.6 Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности. Пограничный слой с вдувом (2 часа).
- 3.7 Пленочная теория. Некоторые аппроксимации точных решений. Порядок расчета тепломассообмена на пористой поверхности (2 часа).
- 3.8 Степенные профили скорости турбулентного погранслоя. Решения интегральных соотношений турбулентного погранслоя (2 часа).
- 3.9 Расчет турбулентного погранслоя на проницаемой поверхности (2 часа).
- 3.10 Газовая завеса с переменными физическими свойствами. Эффективность завесы при течениях в соплах (2 часа).

4. Список литературы

Основная:

1. Никитин, П.В. Тепловая защита /П.В. Никитин. – М.: изд-во МАИ, 2006.– 512 с.
2. Теория тепломассообмена: Учебник для вузов. Под ред. А. И. Леонтьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997.- 683 с.
3. Лабунцов, Д. А. Механика двух разных систем: Учеб.пос./ Д. А. Лабунцов, В.В. Ягов. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 373 с.
4. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике/ Под общ.ред. В. С. Авдеевского, В. К. Кошкина. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.

Дополнительная:

1. Газовая динамика. Механика жидкости и газа / Под общ.редакцией А.И. Леонтьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 671 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974.- 711 с.
3. Хинце И.О. Турбулентность. - М.: Наука, 1963.- 680 с.
4. Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов тепломассопереноса: Учебник/ Под ред. В.С. Швыдкого/Н. А. Спирин, Н. А. Спирин, М. Г. Ладыгичев и др. – М.: «ИнтерметИнженеринг», 1999. – 520 с.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дифференциальные уравнения движения энергии и диффузии.
2. Ламинарный и турбулентный пограничные слои.
3. Дифференциальные уравнения пограничного слоя. (Уравнения Прандтля)
4. Интегральные соотношения пограничного слоя. Условия замыкания интегральных уравнений.
5. Ламинарный погранслой. Методы его расчета. Погранслой на пластине. Решение Блазиуса.
6. Связь между трением, теплоотдачей и диффузией. Тройная аналогия.
7. Трение и теплообмен при ламинарном течении на плоской стенке. Динамический и тепловой погранслой.
8. Турбулентный пограничный слой. Переход ламинарного течения в турбулентное. Определенное и пульсационное движения. Уравнение Рейнольдса.
9. Дополнительные вязкость и турбулентность при турбулентных движениях.
10. Полуэмпирические гипотезы расчета турбулентных течений. Предельные законы трения и тепломассобмена.
11. Обтекание непроницаемой стенки. Влияние низкотермичности и сжимаемости на теплообмен.
12. Турбулентный пограничный слой на проницаемой поверхности.
13. Газовые завесы. Теплообмен в области газовой завесы.
14. Теплообмен в пристенной струе.
15. Тепломассобмен на реагирующей поверхности.
16. Пограничный слой с фронтом горений.
17. Газовая завеса на выгорающей поверхности.
18. Пограничный слой с фронтом горения.
19. Численные методы анализа тепловой защиты.
20. Дифференциальные модели турбулентности.